НАУКА ONLINE

Электронный научный журнал
№ 3 (12) | 2020

Общие и комплексные проблемы
естественных и точных наук
http://nauka-online.ru/

НАУКА ONLINE : электронный научный журнал, № 3 (12), 2020.

Свидетельство о регистрации средства массовой информации ЭЛ № ФС 77 – 75253 от 01.04.2019 г. выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор).

Выходит 4 раза в год.

Учредитель: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ульяновский государственный педагогический университет имени И. Н. Ульянова».

Главный редактор: К. К. Алтунин.

Адрес редакции: Россия, 432071, г. Ульяновск, площадь Ленина, д. 4/5.

Официальный сайт: `http://nauka-online.ru/`

E-mail: nauka_online@ulspu.ru

SCIENCE ONLINE: electronic scientific journal, issue 3 (12), 2020.

The certificate of registration of the mass media EL No. FS 77 – 75253 dated 01.04.2019 was issued by the Federal Service for Supervision in the Sphere of Communications, Information Technology and Mass Media (Roskomnadzor).

Published 4 times a year.

Founder: Ulyanovsk State Ulyanov Pedagogical University.

Editor-in-chief: K. K. Altunin.

Editorial office address: Russia, 432071, Ulyanovsk, Lenin Square, 4/5.

Official site: `http://nauka-online.ru/`

E-mail: nauka_online@ulspu.ru

Редакционная коллегия

Главный редактор — Алтунин Константин Константинович, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры физики и технических дисциплин ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный педагогический университет имени И. Н. Ульянова».

Артемьева Елена Александровна, доктор биологических наук, профессор кафедры географии и экологии ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный педагогический университет имени И. Н. Ульянова».

Демин Максим Викторович, кандидат физико-математических наук, директор департамента по научной работе Балтийского федерального университета имени И. Канта, г. Калининград.

Идрисов Ринат Галимович, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры математического моделирования Стерлитамакского филиала ФГБОУ ВО «Башкирский государственный университет».

Капитанчук Василий Вячеславович, кандидат технических наук, доцент кафедры информатики Ульяновского института гражданской авиации имени Главного маршала авиации Б. П. Бугаева.

Медетов Нурлан Амирович, доктор физико-математических наук, декан факультета информационных технологий Костанайского государственного университета имени А. Байтурсынова, г. Костанай, республика Казахстан.

Пестова Наталия Юрьевна, кандидат химических наук, доцент кафедры биологии и химии ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный педагогический университет имени И. Н. Ульянова».

Пырова Светлана Александровна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры биологии и химии ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный педагогический университет имени И. Н. Ульянова».

Федоров Владимир Николаевич, кандидат географических наук, профессор, доцент кафедры географии и экологии ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный педагогический университет имени И. Н. Ульянова».

Фёдорова Екатерина Александровна, кандидат педагогических наук, доцент кафедры информатики ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный педагогический университет имени И. Н. Ульянова».

Цыганов Андрей Владимирович, кандидат физико-математических наук, профессор, заведующий научно-исследовательской лабораторией математического моделирования, доцент кафедры высшей математики ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный педагогический университет имени И. Н. Ульянова».

Червон Сергей Викторович, доктор физико-математических наук, профессор, профессор кафедры физики и технических дисциплин ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный педагогический университет имени И. Н. Ульянова».

Шишкарев Виктор Вячеславович, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой кафедры физики и технических дисциплин ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный педагогический университет имени И. Н. Ульянова».

Шубович Валерий Геннадьевич, доктор педагогических наук, кандидат технических наук, заведующий кафедрой информатики, профессор кафедры информатики ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный педагогический университет имени И. Н. Ульянова».

Editorial team

Editor-in-Chief — Konstantin Konstantinovich Altunin, PhD, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor of the Department of Physics and Technical Disciplines of Ulyanovsk State Pedagogical University.

Elena Aleksandrovna Artemyeva, Doctor of Biological Sciences, Professor of the Department of Geography and Ecology of Ulyanovsk State Pedagogical University.

Maksim Viktorovich Demin, PhD, Candidate of Sciences in Physics and Mathematics, Director of the Research Department, Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad.

Rinat Galimovich Idrisov, PhD, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor of the Department of Mathematical Modeling of the Sterlitamak branch of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Bashkir State University".

Vasily Vyacheslavovich Kapitanchuk, PhD, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Informatics of the Ulyanovsk Institute of Civil Aviation named after the Chief Marshal of Aviation B. P. Bugaev.

Nurlan Amirovich Medetov, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Dean of the Faculty of Information Technologies, Kostanay State University named after A. Baitursynov, Kostanay, Republic of Kazakhstan.

Nataliya Yurievna Pestova, PhD, Candidate of Chemistry Science, Associate Professor of the Department of Biology and Chemistry of the Ulyanovsk State Pedagogical University.

Svetlana Aleksandrovna Pyrova, PhD, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Biology and Chemistry of Ulyanovsk State Pedagogical University.

Vladimir Nikolaevich Fedorov, PhD, Candidate of Geographical Sciences, Professor, Associate Professor of the Department of Geography and Ecology of Ulyanovsk State Pedagogical University.

Ekaterina Aleksandrovna Fedorova, PhD, Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor of the Department of Informatics of Ulyanovsk State Pedagogical University.

Andrey Vladimirovich Tsyganov, PhD, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Head of the Research Laboratory of Mathematical Modeling, Associate Professor of the Department of Higher Mathematics of Ulyanovsk State Pedagogical University.

Sergey Viktorovich Chervon, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Professor of the Department of Physics and Technical Disciplines of Ulyanovsk State Pedagogical University.

Viktor Vyacheslavovich Shishkarev, PhD, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Physics and Technical Disciplines of Ulyanovsk State Pedagogical University.

Valeriy Gennadievich Shubovich, Doctor of Pedagogical Sciences, Candidate of Technical Sciences, Head of the Department of Informatics, Professor of the Department of Informatics of Ulyanovsk State Pedagogical University.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Биологические науки 1

Современные проблемы биологии **1**

1 Эколого-фаунистический и зоогеографический анализ минирующих чешуекрылых семейств Gracillariidae и Nepticulidae (Lepidoptera) Среднего Поволжья
А. В. Мищенко

10 Итоги флористических исследований в рамках проекта Русского географического общества «Эколого-флористические аспекты бассейнов средних рек центральной части приволжской возвышенности»
Д. А. Фролов, Р. А. Сараева

19 Оценка загрязнения почв промышленных территорий города Ульяновска на предмет содержания тяжелых металлов
Н. А. Казакова, Л. Р. Садретдинова, А. А. Мухаметшин

Физико-математические науки 24

Современные проблемы физики **24**

24 Внедрение системы олимпиадных задач по физике в школе
Т. В. Галоватюк

45 Исследование распространения поверхностного плазмон-поляритона на границе раздела нанокомпозитов
К. К. Алтунин, Е. Е. Волкова, О. В. Тырлышкина

57 Исследование особенностей преподавания физики при дистанционном обучении
Е. С. Кузьмина

66 Разработка онлайн-курса по углеродным материалам
И. С. Шмыгова, К. К. Алтунин

91 Разработка дистанционного курса по оптике антибликовых покрытий
Я. С. Замлелова

107 Разработка дистанционного курса по оптике в системе управления обучением MOODLE
К. К. Алтунин, Е. А. Купреянова, Е. С. Штром

Современные проблемы математики **134**

134 Парадоксы теории вероятностей как элемент элективного курса по математике в старшей школе
Е. А. Купреянова, О. В. Макеева

Авторский указатель 143

Секция 1

Биологические науки

УДК 595
ББК 28.6
ГРНТИ 34.33.15
ВАК 03.02.04

Эколого-фаунистический и зоогеографический анализ минирующих чешуекрылых семейств Gracillariidae и Nepticulidae (Lepidoptera) Среднего Поволжья

А. В. Мищенко [1]

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ульяновский государственный педагогический университет имени И. Н. Ульянова», 432071, Ульяновск, Россия

Поступила в редакцию 3 сентября 2020 года
После переработки 5 сентября 2020 года
Опубликована 10 октября 2020 года

Аннотация. В ходе проведённых исследований на территории Среднего Поволжья было обнаружено 28 видов рода Phyllonorycter (Lepidoptera: Gracillariidae). Все представители являются облигатными минёрами, развивающимися на личиночной стадии в мезофилле листьев покрытосеменных растений. Большая часть представителей (25 видов, 89.3 %) развивается на древесных растениях различных семейств, и только 3 вида (10.7 %) заселяют травянистые бобовые. Гусеницы питаются между нижней и верхней эпидермой листа, образуя характерные для данного рода пятновидные мины, нередко деформирующие листовую пластинку. Также в Среднем Поволжье выявлено 57 видов семейства Nepticulidae из 4 родов - Stigmella, Ectoedemia, Bohemannia и Trifurcula. Виды семейства Nepticulidae района исследований являются облигатными минёрами. Большинство – дендрофилы, развиваются на личиночной стадии в мезофилле листьев древесных растений (83 %). Актуальность изучения данных групп чешуекрылых связана с тем вредоносным влиянием, которое они оказывают на кормовые растения, поскольку гусеницы молей питаются внутри их тканей, вызывая угнетение и гибель.

Ключевые слова: минирующие насекомые, Gracillariidae, Nepticulidae

[1]E-mail: a.misch@mail.ru

Введение

Минирующие насекомые в последние годы оказывают существенное влияние на состояние флоры в ареалах; особо важное значение как вредители имеют инвазивные виды, распространяющиеся в новые места обитания. Виды-вселенцы часто не встречают давления со стороны местной эволюционно сложившейся фауны энтомофагов, занимают свободные экологические ниши, заселяют кормовые растения, нанося ущерб сельскому и лесному хозяйству. Учитывая это, изучение биологии насекомых, ассоциированных с листовыми минами, является актуальным направлением исследований.

Цель работы — изучить фауну минирующих чешуекрылых семейств Gracillariidae и Nepticulidae. В задачи входило исследовать видовой состав указанных групп минёров, их экологические особенности и провести зоогеографический анализ фауны.

Объектами изучения являются таксоны микрочешуекрылых Gracillariidae (моли-пестрянки) и Nepticulidae (моли-малютки).

Предмет изучения — это моли-минёры из родов Phyllonorycter Stigmella, Ectoedemia, Bohemannia и Trifurcula.

Исследования проводились на территории Среднего Поволжья в районе, ограниченном координатами с 54° по 52° с.ш., с 49° по 46° в.д. Выезды осуществлялись во время вегетационного периода (май - сентябрь) в различные районы лесостепной зоны. В местах произрастания кормовых растений производился визуальный осмотр вегетативных и генеративных частей растений с целью обнаружения минирующих повреждений. Ткани растений, содержащие мины (преимущественно листья, а также плоды, кора и зелёные молодые побеги) отделялись и помещались в индивидуальные для каждого экземпляра пластиковые контейнеры для последующего изучения и выведения минёров в лабораторных условиях. Личинки насекомых отдельных групп (например, моли-малютки) продолжают своё развитие вне мины и окукливаются в почве, для чего на дно ёмкостей помещается слой увлажнённой земли. Чтобы избежать увядания листьев, стеблей и гибели личинок минёров, черешки обёртываются влажной ватой. Отрождающиеся в контейнерах имаго фиксируются и монтируются на энтомологические булавки для дальнейшей идентификации и составления коллекции. Некоторые виды минёров выводятся после длительной зимней диапаузы; при этом мины также срезаются и помещаются в ёмкости, закрытые многослойной марлей, которые переносятся в холодильник (при температуре +5°C) на зимовку продолжительностью пять месяцев. После этого контейнеры извлекаются и помещаются в помещение с температурой 20°C.

Обзор

Фауна чешуекрылых семейства Gracillariidae России начала изучаться с 40-х годов XX века. Впервые определительные таблицы по семейству были составлены А. М. Герасимовым [1], который уточнил систематическое положение Gracillariidae, а также описал новые виды Phyllonorycter – P. medicaginella Grsm. и P. pyrifoliella Grsm.

В последующих исследованиях, проведённых в работах [2, 3], систематическое деление Gracillariidae пересматривалось и в настоящее время принято деление этой группы на три подсемейства — Gracillariinae, Lithocolletinae и Orniginae, основанное на признаках функциональной морфологии генитального аппарата.

Большой вклад в познание фауны этой группы внёс В. И. Кузнецов [3, 4]. В определительные таблицы он включил 23 палеарктических рода чешуекрылых, причём расположил их по новой системе, разработанной им самостоятельно. Кроме того, в определитель он включил оригинальные, выполненные самим автором, рисунки генитальных структур, имеющих важное значение в систематике и диагностике видов. Для рода Phyllonorycter он указал 124 вида с подробным описанием ареала, морфологи-

ческих характеристик и кормовых растений; Кузнецов также указывает 15 ботанических семейств цветковых растений, листья которых минируют гусеницы этой группы чешуекрылых; соответственно и виды Phyllonorycter в определителе располагаются в соответствии с семейством кормового растения. В основу диагностики видов автор положил особенности генитальных структур самцов. Значительный вклад в составление определителя внесли так же В. П. Ермолаев и С. В. Сексяева, а также их труды по Gracillariidae [5].

Изучение семейства Nepticulidae в России связано с именем А. К. Загуляева, включившим в Определитель насекомых Европейской части СССР [6] только три рода Nepticulidae — Ectoedemia, Trifurcula и Nepticula, причём без указания конкретных видов с ключами для диагностики по каким-либо признакам. Указанные им виды приводятся в определителе как возможные на территории Европейской части СССР.

Большой вклад в изучение фауны Nepticulidae России внёс Р. К. Пуплясис [7], опубликовавший в результате своих исследований главу в Определителе насекомых Дальнего Востока России. Здесь он приводит современную принятую классификацию Nepticulidae с выделением внутри таксона 5 родов — Stigmella, Bohemannia, Ectoedemia, Etainia и Fomoria, включающих 67 видов. Диагностика видов в определителе строится на основе генитальных структур самцов, типов мин и приуроченности вида к кормовому растению; 51 вид семейства автор описал как новые для науки [7].

Результаты исследований

Семейство Gracillariidae состоит из трёх подсемейств — Gracillariinae, Lithocolletinae и Orniginae.

Для Среднего Поволжья роды группируются внутри подсемейств: Gracillariinae – роды Parectopa, Micrurapteryx, Caloptilia, Aspilapteryx, Calybites, Sauterina, Acrocercops, Ornixola; подсемейство Orniginae - роды Callisto, Parornix и Lithocolletinae с родом Phyllonorycter. Родовое и видовое разнообразие Gracillariidae Среднего Поволжья значительно беднее, чем на всей территории Европейской России. На территории исследований встречается только 48% родов и 22% видов от общего количества таковых в Европейской части России.

Ареалы выявленных видов Phyllonorycter могут быть сгруппированы в четыре зоогеографических комплекса (в соответствии с районированием Емельянова): транспалеарктический, западно-центральнопалеарктический, западнопалеарктический и европейский.

В Среднем Поволжье преобладают виды транспалеарктического комплекса (39% фауны пестрянок): P. apparella H.-Sch., P. emberizaepennella Bouché, P. insignitella Z., P. issikii Kumata, P. pastorella Z., P. populifoliella Tr., P. pyrifoliella Grsm., P. sagitella Bjerkander, P. salictella Z., P. sylvella Hw., P. ulmifoliella Hbn. В равной степени представлены виды западнопалеарктического (29%): P. agilella Z., P. corylifoliella Hw., P. harrisella L., P. kleemannella F., P. muelleriella Z., P. quercifoliella Z., P. roboris L., P. schreberella F. и европейского (29%) комплекса: P. cerasicolella H.-Sch., P. comparella Z., P. coryli Nicelli, P. lantanella Schrank, P. nigrescentella Logan, P. pomonella Z., P. rajella L., P. sorbi Frey. Только один вид составляет западно-центральнопалеарктический комплекс – P. medicaginella Grsm.

В мировой фауне семейство Nepniculidae насчитывает 13 родов и около 600 описанных видов. Наибольшим обилием видов характеризуются голарктическая фауна (около 68%) и эфиопская фауна (около 17%). В Палеарктике известно 350 видов из 11 родов, в Европе – около 120 видов семейства Nepticulidae [8]. Фауна молей-малюток Европейской России изучена недостаточно и фрагментарно. Предположительно, семейство Nepticulidae на данной территории включает 150 видов, объединённых в 10 родов [6].

Следует отметить также отличия в видовом составе Nepticulidae в Европейской части и на Дальнем Востоке России. Для последнего региона указывается 67 видов молей из 5 родов. Совпадение по видам с Европейской Россией в фауне Nepticulidae Дальнего Востока составляет только 10%. Остальные виды являются эндемичными для данного региона [7].

Среднем Поволжье выявлено 57 видов Nepticulidae из четырёх родов: Stigmella, Ectoedemia, Bohemannia и Trifurcula; 50 видов (88%) найдено автором работы, из них 25 видов приводятся впервые для Среднего Поволжья и 6 видов – для фауны России (S. freyella, S. nivenburgensis, S. paradoxa, S. perpygmaeella, E. atricollis и E. spinosella) [9, 10].

Видовое разнообразие Nepticulidae Среднего Поволжья значительно беднее, чем на территории Европейской России и составляет 38% от общего количества видов. Встречаемость родов составляет 40% от общего количества таковых в Европейской России. Виды Nepticulidae Среднего Поволжья группируются в пять зоогеографических комплексов: транспалеарктический, западно-центральнопалеарктический, западнопалеарктический, европейский и центральнопалеарктический.

Наиболее богат видами европейский комплекс (74%), в состав которого входят все четыре исследованных рода Nepticulidae с преобладанием Stigmella (46% от общего количества видов). Виды западно-центральнопалеарктического комплекса составляют 12% фауны Nepticulidae Среднего Поволжья: S. lapponica (Wocke, 1862), S. oxyacanthella (Stainton, 1854), S. samiatella (Zeller, 1839), S. sorbi (Stainton, 1861), S. splendidissimella (Herrich-Schaffer, 1855), E. argyropeza (Zeller, 1839), E. liebwerdella Zimmermann, 1940. В отличие от европейского, этот комплекс представлен только 2 родами Nepticulidae – Stigmella и Ectoedemia.

В равной пропорции в Среднем Поволжье представлены виды в западнопалеарктического (5%): S. malella (Stainton, 1854), S. trimaculella (Haworth, 1828), E. hannoverella (Glitz, 1872); и центральнопалеарктического (5%) комплексов: S. catharticella (Stainton, 1853), S. salicis (Stainton, 1854), E. arcuatella (Herrich-Schaffer, 1855). В данном комплексе также два рода Nepticilidae.

Только два вида рода Stigmella составляют транспалеарктический (4%) комплекс: S. luteella (Stainton, 1857), S. naturnella (Klimesch, 1936).

Из приводимых данных видно, что в фауне Nepticulidae Среднего Поволжья преобладают европейские виды (74%). На территории исследований предполагаются западные границы ареалов для шести видов, впервые указанных для фауны России.

В ходе проведённых исследований на территории Среднего Поволжья было обнаружено 28 видов рода Phyllonorycter (Lepidoptera: Gracillariidae) [11]. Все представители являются облигатными минёрами, развивающимися на личиночной стадии в мезофилле листьев покрытосеменных растений. Большая часть представителей (25 видов, 89.3 %) развивается на древесных растениях различных семейств, и только три вида (10.7 %) заселяют травянистые бобовые. Гусеницы питаются между нижней и верхней эпидермой листа, образуя характерные для данного рода пятновидные мины, нередко деформирующие листовую пластинку. Размеры мины существенно превышают величину личинки (6-8 мм). Как правило, в поражённом участке мезофилл выедается, и эта часть полностью выводится из фотосинтеза.

Цикл минирования у всех представителей рода Phyllonorycter на территории Среднего Поволжья достаточно сходен. Активный лёт молей начинается в первой декаде июня. В этот период происходит спаривание и кладка яиц. Яйцо имеет относительно малые размеры 0.25×0.35 мм, располагается свободно на поверхности листа без кокона. Кладка осуществляется преимущественно на нижнюю эпидерму листовой пластинки с образованием затем нижнесторонних мин. Такого рода кладки характерны для 89%

всех видов Phyllonorycter Среднего Поволжья. Только 2 вида делают кладки на верхнюю эпидерму с образованием верхнесторонних мин – P. coryli Nicelli и P. corylifoliella Hw. Для заносного вида P. issikii характерно образование мин двух типов, при этом преобладают нижнесторонние (90%). Самки рода Phyllonorycter избегают производить повторные кладки на уже заселённые листья, поэтому для большинства видов Среднего Поволжья характерны одиночные мины (82%). Тенденцией к образованию большего числа мин обладают такие виды как P. comparella Z., P. emberizaepennella Bouché, P. medicaginella Grsm., P. pastorella Z., поэтому являются потенциальными вредителями кормовых растений. Исключительно множественные мины образует заносной вид P. issikii. Минимальное количество мин, обнаруженных в ходе исследований для данного вида – 2, максимальное – 22. В среднем вид P. issikii образует по 6-7 мин, занимающих большую часть листа, поэтому является вредителем.

Вышедшая личинка питается и растёт 5-7 дней, при этом претерпевает пять линек. За этот период размеры гусеницы увеличиваются в 16 раз (с 0.5 до 8 мм). После пятой линьки личинка выедает мезофилл листа на площади $0.6 \times 0.8\,см^2$; мина становится полностью сформированной и может деформировать лист. Окукливание личинок всех видов Phyllonorycter Среднего Поволжья происходит непосредственно в мине. Куколки большинства видов располагаются свободно (86%). Для четырёх видов характерно наличие кокона — P. agilella Z., P. emberizaepennella Bouché, P. schreberella F. и P. nigrescentella Logan.

Выход имаго Phyllonorycter происходит через 7-10 дней. Выведение молей происходит только утром (в период 6-9 часов). Куколка производит прокол нижней эпидермы листа и выходит на 2/3 над его поверхностью. 1/3 тела куколки остаётся в полости мины. Вышедшая моль оставляет куколочные покровы в эпидерме листа, способность к активному лёту приобретает через 6-10 часов. Лёт имаго происходит в вечерние часы. Характерно наличие трёх генераций в течение года: первая приходится на вторую половину июня, вторая – июль и третья – со второй половины августа. Зимовка осуществляется на стадии имаго третьей генерации и продолжается с октября по апрель. Анализ продолжительности отдельных стадий цикла показывает сходство первой и второй генерации, которые приходятся на наиболее благоприятные периоды вегетационного сезона. Третья генерация отличается продолжительностью имагинальной стадии вследствие длительной (около семи месяцев) зимней диапаузы.

Виды семейства Nepticulidae Среднего Поволжья являются облигатными минёрами. Большинство – дендрофилы, развиваются на личиночной стадии в мезофилле листьев древесных растений.

Виды Nepticulidae Среднего Поволжья отличаются разнообразием образуемых минирующих повреждений. Большинство видов минирует листья древесных растений (80%). В меньшей степени характерно минирование листьев трав (18%), коры (1%) и плодов (1%). Виды родов Stigmella и Trifurcula образуют змеевидную мину с извилистым ходом. Для родов Ectoedemia и Bohemannia характерны пятновидные мины, начинающиеся узким извилистым ходом. Исключениями являются виды S. sorbi (Stainton, 1861) - образует пятновидную мину с коротким змеевидным ходом, мина S. prunetorum (Stainton, 1855) является спиральной, а E. sericopeza (Zeller, 1839) формирует короткий извилистый ход в крылатках клёна. Завершившая питание личинка прогрызает нижнюю эпидерму и покидает лист. Для 96% видов характерно окукливание в верхних слоях почвы. Гусеницы S. catharticella после выхода из мин окукливаются непосредственно на минированном листе с нижней стороны. Окукливание внутри мины отмечено для вида E. septembrella.

Цикл минирования отличается у разных видов и может быть представлен в виде трёх фенологических схем. Характерны следующие особенности: моновольтинные

циклы с первой генерацией за вегетационный период и зимующей куколкой; циклы с первой и второй генерацией за вегетационный период и зимующей куколкой второй генерации; циклы с первой и третьей генерацией за вегетационный период и зимующим имаго второй генерации.

Для видов Nepticulidae с жизненным циклом 1 характерна длительная зимняя диапауза куколки (с июля по май). Выход имаго происходит во второй половине мая, активный лёт – в июне. Период минирования – вторая и третья декады июня. После периода питания в мине, личинка покидает лист и окукливается в верхних слоях почвы на глубине 2-3 см. Такой цикл наблюдается у 22% видов Nepticulidae, особенно для рода Stigmella (80% видов этой группы). В меньшей степени цикл характерен для видов Ectoedemia (19%) и Trifurcula (1%).

Виды с жизненным циклом второго типа также зимуют в состоянии куколки. Для них характерны две генерации молей в течение вегетационного периода. Активный лёт молей первой генерации происходит в июне, второй генерации – в июле; периоды минирования совпадают со временем лёта имаго. Разница между первой и второй генерациями заключается в продолжительности стадии куколки. Для первой генерации развитие куколки происходит в конце июня – начале июля в сравнительно короткий период без диапаузы. Цикл характерен для большинства видов (70%) Nepticulidae Среднего Поволжья. В эту группу входят виды рода Stigmella (55%) и Ectoedemia (45%).

Имеется также фенология видов, дающих две генерации в году, но зимующих на имагинальной стадии второй генерации. Лёт молей начинается с середины мая, активное минирование для первой генерации приходится на июнь, второй генерации – на июль. Зимовка имаго продолжается с октября по май (7 месяцев). Цикл характерен только для 8% Nepticulidae Среднего Поволжья. В эту группу входят виды всех четырёх родов – Stigmella (61%), Ectoedemia (37%), Trifurcula и Bohemannia (по 1%).

Семейство Nepticulidae Среднего Поволжья включает виды с разнообразием фенологических циклов, среди которых преобладает моновольтинный с зимующей куколкой (80%). Внутри семейства отмечена олигофагия с преобладанием дендрофильных видов.

Заключение

Таким образом, в ходе проведённых исследований на территории Среднего Поволжья выявлено 28 видов рода Phyllonorycter (Gracillariidae) и 57 видов Nepticulidae из четырёх родов – Stigmella, Ectoedemia, Bohemannia и Trifurcula. В основном для выявленных видов характерна дендрофильность и приуроченность к кормовым растениям определённых видов, то есть олигофагия. Потенциально опасными вредящими видами являются: P. comparella Z., P. emberizaepennella Bouché, P. medicaginella Grsm., P. pastorella Z., P. issikii, поскольку они образуют большое количество мин на листовой пластинке, что приводит к угнетению растений и дефолиации.

Список использованных источников

1. Герасимов А. М. Гусеницы. Часть 1. — Москва ; Ленинград : Акад. наук СССР, 1952. — 339 с.

2. Кузнецов В. И. Сем. Gracillariidae (Lithocolletinae) — моли-пестрянки // Определитель насекомых Европейской части СССР. — Ленинград : Наука, 1981. — Т. 4 Чешуекрылые. Часть I. — 788 с.

3. Кузнецов В. И., Стекольников А. А. Филогенетические связи надсемейств Psychoidea, Tineoidea и Yponomeutoidea (Lepidoptera) с учетом функциональной морфологии генитального аппарата самцов. Часть 1. Функциональная морфология

гениталий самцов // Энтомологическое обозрение. — 1976. — Т. 55, № 3. — С. 533–548.

4. Кузнецов В. И., Козлов М. В., Сексяева С. В. К систематике и филогении минирующих молей сем. Gracillariidae, Bucculatricidae и Lyonetiidae (Lepidoptera) с учетом функциональной и сравнительной морфологии гениталий самцов // Труды Зоологического института АН СССР. — 1988. — Т. 176. — С. 52–71.

5. Ермолаев В. П. К изучению молей-минеров семейства Gracillariidae (Lepidoptera) юга Дальнего Востока // Наземные членистоногие Дальнего Востока. — 1979. — С. 23–27.

6. Загуляев А. К. Сем. Nepticulidae — моли-малютки // Определитель насекомых Европейской части СССР. — Ленинград : Наука, 1981. — Т. 4: Чешуекрылые. Часть I. — С. 57–63.

7. Пуплясис Р. К., Дишкус А. Г. Сем. Nepticulidae — нептикулиды // Определитель насекомых Дальнего Востока России. — Владивосток : Дальнаука, 1997. — Т. 5. Часть I. — С. 302–320.

8. The Nepticulidae and Opostegidae (Lepidoptera) of North West Europe // Fauna Entomologica Scandinavica / R. Johansson [et al.]. — 1990. — 452 p.

9. Мищенко А. В. Комплекс чешуекрылых-минёров зверобоя продырявленного Hypericum perforatum L. Ульяновской области // Природа Симбирского Поволжья. Сборник научных трудов. — № 7. — Ульяновск, 2006. — С. 137–140.

10. van Nieukerken E. J., Zolotuhin V. V., Mistchenko A. V. Nepticulidae from Volga and Ural region // Nota lepidopterologica. — 2004. — no. 27. — P. 125–157.

11. Мищенко А. В., Золотухин В. В. Минирующие моли-пестрянки рода Phyllonorycter Hbn., 1822 (Lepidoptera: Gracillariidae) Ульяновской области // Природа Симбирского Поволжья. Сборник научных трудов. — № 4. — Ульяновск, 2003. — С. 47–53.

Сведения об авторах:

Андрей Владимирович Мищенко — кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры географии и экологии ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный педагогический университет имени И. Н. Ульянова», г. Ульяновск, Россия.

ORCID iD 0000-0002-8932-2916

Web of Science ResearcherID E-2838-2014

SCOPUS ID 24278438300

Ecological-faunistic and zoogeographic analysis of the leafmining of Gracillariidae and Nepticulidae (Lepidoptera) of the Middle Volga region

A. V. Mishchenko

Ulyanovsk State Pedagogical University, 432071, Ulyanovsk, Russia

Submitted September 3, 2020
Resubmitted September 5, 2020
Published October 10, 2020

Abstract. In the course of the studies carried out on the territory of the Middle Volga region, 28 species of the genus Phyllonorycter (Lepidoptera: Gracillariidae) were found. All representatives are obligate miners, developing at the larval stage of the mesophyll of leaves of angiosperms. Most of the representatives (25 species, 89.3%) develop on woody plants of various families, and only 3 species (10.7%) inhabit herbaceous legumes. Caterpillars feed between the lower and upper epidermis of the leaf, forming the characteristic spotted mines, often deforming the leaf blade. Also in the Middle Volga region, 57 species of the family Nepticulidae from 4 genera — Stigmella, Ectoedemia, Bohemannia, and Trifurcula — have been identified. Species of the family Nepticulidae: Research is obligate miners. Most are dendrophila, developing at the larval stage of leaf mesophyll of woody plants (83%). The relevance of studying groups of lepidopteran data with a dark region that they use affects food plants, since moth caterpillars feed inside their tissues, causing oppression and death.

Keywords: leafmining, Gracillariidae, Nepticulidae

References

1. Gerasimov A. M. Caterpillars, part 1. — Moscow; Leningrad : USSR Academy of Sciences, 1952. — 338 p.

2. Kuznetsov V. I. Fem. Gracillariidae (Lithocolletinae) — motley moths // Keys to insects of the European part of the USSR. — Leningrad : Nauka, 1981. — Vol. 4 Lepidoptera. Part I. — 788 p.

3. Kuznetsov V. I., Stekolnikov A. A. Phylogenetic relationships of the superfamilies Psychoidea, Tineoidea and Yponomeutoidea (Lepidoptera) taking into account the functional morphology of the male genital apparatus. Part 1. Functional morphology of male genitalia // Entomological Review. — 1976. — Vol. 55, no. 3. — P. 533–548.

4. Kuznetsov V. I., Kozlov M. V., Seksyaeva S. V. On the taxonomy and phylogeny of mining moths of this. Gracillariidae, Bucculatricidae and Lyonetiidae (Lepidoptera) taking into account the functional and comparative morphology of male genitals // Proceedings of the Zoological Institute of the USSR Academy of Sciences. — 1988. — Vol. 176. — P. 52–71.

5. Ermolaev V. P. On the study of miner-miners of the family Gracillariidae (Lepidoptera) in the south of the Far East // Terrestrial arthropods of the Far East. — 1979. — P. 23–27.

6. Zagulyaev A. K. Fem. Nepticulidae — pigmy moths // Keys to insects of the European part of the USSR. — Leningrad : Nauka, 1981. — Vol. 4: Lepidoptera. Part I. — P. 57–63.

7. Puplyasis R. K., Dishkus A. G. Fem. Nepticulidae — nepticulids // Keys to insects of the Russian Far East. — Vladivostok : Dalnauka, 1997. — Vol. 5. Part I. — P. 302–320.

8. The Nepticulidae and Opostegidae (Lepidoptera) of North West Europe // Fauna Entomologica Scandinavica / R. Johansson [et al.]. — 1990. — 452 p.

9. Mishchenko A. V. Complex of lepidoptera miners Hypericum perforatum L. Ulyanovsk region // Nature of the Simbirsk Volga region. Collection of scientific papers. — No. 7. — Ulyanovsk, 2006. — P. 137–140.

10. van Nieukerken E. J., Zolotuhin V. V., Mistchenko A. V. Nepticulidae from Volga and Ural region // Nota lepidopterologica. — 2004. — no. 27. — P. 125–157.

11. Mishchenko A. V., Zolotukhin V. V. Mining moths of the genus Phyllonorycter Hbn., 1822 (Lepidoptera: Gracillariidae) of the Ulyanovsk region // Nature of the Simbirsk Volga region. Collection of scientific papers. — No. 4. — Ulyanovsk, 2003. — P. 47–53.

Information about authors:

Andrey Vladimirovich Mishchenko — PhD, Associate professor of the Department of geography and ecology, Ulyanovsk State Pedagogical University, Ulyanovsk, Russia.

ORCID iD 0000-0002-8932-2916

Web of Science ResearcherID E-2838-2014

SCOPUS ID 24278438300

УДК 581.9
ББК 28.587
ГРНТИ 34.29.01
ВАК 03.02.01

Итоги флористических исследований в рамках проекта Русского географического общества «Эколого-флористические аспекты бассейнов средних рек центральной части приволжской возвышенности»

Д. А. Фролов, Р. А. Сараева [1]

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ульяновский государственный педагогический университет имени И. Н. Ульянова», 432071, Ульяновск, Россия

Поступила в редакцию 21 сентября 2020 года
После переработки 28 сентября 2020 года
Опубликована 10 октября 2020 года

Аннотация. Приводятся результаты эколого-флористических исследований в рамках экспедиций проекта Русского географического общества «Эколого-флористические аспекты бассейнов средних рек центральной части Приволжской возвышенности».

Ключевые слова: флора, растительность, бассейн реки, редкие и охраняемые виды растений, биологическое разнообразие

Введение

При реализации проекта «Эколого-флористические аспекты бассейнов средних реки центральной части Приволжской возвышенности» в 2019 году были проведены эколого-флористические экспедиционные исследования основных рек, протекающих по территории Ульяновской области — Большого Черемшана, Свияги и Барыша. Целью экспедиций стала оценка флористического разнообразия ключевых точек в бассейнах рек, поиск ценных в ботаническом плане объектов, редких уязвимых и охраняемых видов растений и общая экологическая оценка флоры в целом.

Материалы исследований

В период с 7 по 9 июня 2019 года состоялись эколого-флористические исследования бассейна реки Большой Черемшан в её среднем течении, в ходе экспедиции было исследовано 105 км русла реки, обследованы пойменные ландшафты и экосистемы реки, а также небольшой приустьевый участок Малого Черемшана – основного притока Большого Черемшана. В среднем течении река протекает преимущественно среди лесных ландшафтов — пойменных лесов, чаще всего ивняков и ольшаников (ольшаник осоковый, ольшаник снытево-разнотравный). На возвышенных речных террасах доминируют широколиственные леса: липняки и дубравы, с примесью вяза шершавого и платановидного клёна. В травостое встречаются типичные представители травянистого яруса как: вероника дубравная, герань лесная, зюзник европейский, крупка дубравная, сныть

Рис. 1. Фиалка Вадима (Viola vadimii).

обыкновенная, фиалка собачья. Здесь же отмечен вид фиалки, совсем недавно включенной в конспект флоры Ульяновской области – фиалка Вадима – Viola vadimii, редко произрастающая в большом количестве (рис. 1).

Следует отметить, что в среднем течении Б. Черемшан богат небольшими низовыми болотами, поросшими рдестом, хвощом приречным, лютиком жгучим, водной поручейницей (Catabrosa aquatica), болотной калужницей (Caltha palustris) и чистецом болотным (Stachys palustris). Единично в стоячей воде встречаются Calla palustris (белокрыльник болотный), Carex diluta (осока светлая) и осока просяная (Carex panicea).

Долинные участки реки представлены преимущественно пойменными широколиственными лесами (дубравами, липняками, осинниками) с большим количеством старичных озёр и болот. На возвышенных участках поймы, встречаются смешанные сосново-широколиственные леса и чистые боры, приуроченных к выходам песчаных и супесчаных почвогрунтов.

Открытые луговые сообщества, как правило, злаково-разнотравные, осоково-разнотравные, подступают к водотоку только в окрестностях населённых пунктов, расположенных непосредственно на берегах Черемшана.

Особенностью объекта стало обилие пологих песчаных кос, поросших белокопытником ненастоящим, ивой трёхтычинковой, полынью лечебной (Artemisia abrotanum), смолевкой днепровской (Silene borysthenica), с. клейкой (S. viscosa) и ленцом полевым (Thesium arvense). В дальнейшем при вхождении водотока в Куйбышевское водохранилище песчаных кос становится все меньше, их место занимают крутые подтопленные обрывистые берега, покрытые валежником.

Всего же флористический список видов, отмеченных в ходе экспедиции 2019 года, насчитывает 282 вида сосудистых растения, относящихся к 157 родам и входящие в состав 59 семейств.

Конец июня 2019 года был посвящён оценке флористического разнообразия реки Свияге. Свияга — правый приток Волги, протекающий почти параллельно Волге, но в обратном направлении. В истоках находятся родники из водоносных пластов палеогена близ села Кузоватово, устье — в г. Свияжске Республики Татарстан. Общая длина Свияги — 375.2 км, в пределах Ульяновской области — 190.4 км.

[1]E-mail: regina.saraeva10.04@mail.ru

Базовой точкой экспедиции послужил остепнённый луг близ с. Чириково Кузоватовского района Ульяновской области. Здесь Свияга в нижнем течении протекает среди лесостепных ландшафтов — небольших пойменных лесов, чаще всего ивняков и ольшаников (ольшаник осоковый, ольшаник снытево-разнотравный). На возвышенных рельефах реки доминировали лугово-степные типы сообществ, чаще мятлико- и осоково-разнотравные. По мере удаления на запад от основного русла реки встречаются сосняки, в понижениях сосново-березовые и сосново-осиновые леса, на возвышенных участках с примесью дуба, липы и клена. Здесь в формировании растительного покрова наряду с типичными неморальными принимают участие и бореальные виды: папоротники – двурядник сплюстнутый, пузырник ломкий, щитовник австрийский; травянистые растения – грушанка зеленоцветковая, купальница европейская и клюква болотная, обитающая в основном по тенистым оврагам и балкам.

Рис. 2. Касатик боровой – Iris pineticola.

Рис. 3. Ятрышник шлемовидный – Orhis militaris.

Русло Свияги извилистое и илистое, на мелководьях реки и на её крутых склонах обычны лютик едкий и жгучий, незабудки дернистая и болотная; осоки, среди которых в той или иной степени обилия встречаются – осока острая, о. сближенная и о. омская. Вдоль коренного русла Свияги, узкой полосой тянутся ивово-ольшанниковые заросли с доминированием ольхи клейкой, ивы трехтычинковой и шерстистопобеговой.

В верхнем течении близ села Спешеневка Кузоватовского района – следующей базовой точкой исследования (53°52’53"с. ш. 47°57’53"в.д.) на пойменном кострецово-разнотравном лугу в травостое был обнаружен — вид, включенный в Красную книгу Ульяновской области — шалфей луговой (Salvia pratensis), в единичном экземпляре. Здесь же на небольшом участке песчаной надпойменной террасы, занятой ковыльно-типчаковой степью вплотную примыкающей к сеянной озимыми пашне, в травостое отмечены такие редкие и охраняемые виды как коровяк фиолетовый, ковыль перистый и вид, заслуживающий особого внимания — днепровско-волжско-донской эндемик касатик боровой (новая точка нахождения для Ульяновской области) (рис. 2).

Фитоценозы реки Свияги представлены в основном осоковым разнотравьем, в которых среди доминирующей осоки черной, была отмечена осока расставленная. По мере удаления от реки на среднем плато речной поймы начинают встречаются сохранившиеся участки типчаково-разнотравных и ковыльно-типчаково-разнотравных степей с преобладанием перистого ковыля. Довольно часто в пестром разнотравье среди обилия мятлика узколистного (Poa angustifolia) изредка проскальзывает колокольчик волжский (Campanula wolgensis). Особую ценность территории придаёт, вид, включенный в Красную книгу РФ и Ульяновской области — ятрышник шлемовидный (Orhis militaris) (новая точка нахождения для Ульяновской области), единично обнаруженный в окружении осок и хвоща зимующего.

В среднем течении реки Свияги был дополнительно исследован памятник природы «Болото Брехово», расположенного близ р. п. Ишеевка Ульяновского района (54°25’47"с. ш. 48°14’08"в. д.). Фитоценотический спектр болота Брехово имеет весьма пестрый характер. Наиболее распространенными здесь являются сообщества формаций вейника наземного, осоки заостренной и ивы пепельной, придающей болоту современный облик. В кустарниковом ярусе кроме ивы пепельной в небольшом количестве присутствуют ивы – приземистая, трёхтычинковая, прутьевидная. В травяном ярусе встречаются бодяк серый, девясил высокий, лисохвост тростниковидный, лобазник вязолистный, осока заостренная, повой заборный.

Особую ценность территории придал ранее не просматриваемые — ятрышник шлемовидный (Orhis militaris) (рис. 3), обнаруженный на верхней луговой прирусловой пойме в ассоциации с лисохвостом луговым и тысячелистником благородным и кувшинка чисто белая (Nymphaea candida), занесённая в Красную книгу Ульяновской области.

Флористический список видов, отмеченных в ходе экспедиции, насчитывает 392 вида сосудистых растения, относящихся к 154 родам и входящих в состав 65 семейств.

В июле 2019 году состоялся этап экспедиции, посвященный комплексному эколого-флористическому исследованию р. Барыш. Барыш порадовал флористическими находками, тем более что на протяжении почти 240 км она протекает по территории Ульяновской области (Барышский, Вешкаймский, Карсунский и Сурский районы области).

В среднем течении русло реки проходит по относительно безлесной местности, лишь иногда в долине встречаются искусственные посадки деревьев и небольшие лесные массивы. По берегам на всем протяжении растут ивняки и ольховники (ольховник разнотравный и осоковый). Долина реки хорошо разработана и имеет широкую пойму.

В 1.5 км к северо-западу от с. Ховрино (среднее течение) р. Барыш имеет ширину 15 м, с песчаными грунтами, течение немного сбавляет силу. Берега, примыкающие к основному руслу высотой до двух метров, нередко пологие и поросшие ивняками. На мелководье единично произрастает рдест Берхтольда и р. Гребенчатый, среди которых удерживались небольшие популяции ряски. Русло свободно от водной растительности. На пойменном разнотравном лугу были отмечены охраняемые — ятрышник шлемовидный и ковыль перистый, редкий — коровяк фиолетовый. По мере отдаления от основного русла реки пойменные луга сменяются кострецово-разнотравными в кото-

рых встречаются — вероника простёртая, жабрица порезниковая, лютик многоцветковый, мятлик узколистный, овсяница валисская, подмаренник настоящий и красильный, тонконог гребенчатый, шалфей степной и разнообразные осоки. В двух километрах к западу от с. Белый Ключ (среднее течение) при обследовании ковыльно-разнотравной степи, примыкающей к сосновому лесу, была обнаружена новая точка для редкого растения для Ульяновской области касатика безлистного (Iris aphylla) (рис. 5). Особый интерес представил меловой склон поросший сосняком в двух километрах к западу от с. Таволжанка Карсунского района (рис. 6). Здесь, на меловом рухляке была обнаружена крупная популяция копеечника крупноцветкового (Hedysarum grandiflorum), охраняемого растения Ульяновской области. Помимо копеечника, из раритетных видов были отмечены: Adonis vernalis, Linum perenne, Polygala sibirica, Scabiosa isetensis, Stipa pennata и Thymus cimicinus, имеющих различные категории редкости в Красной книге Ульяновской области (рис. 7-8).

Рис. 4. Участок ковыльно-разнотравной степи близ с. Белый Ключ Барышский район.

Рис. 5. Касатик безлистный – Iris aphylla.

В среднем течении на поворотах реки образуются воронки. На небольших мелководных участках по левому берегу встречаются островки из рогоза широколистного и двукисточника тростниковыидного. По обмелевшим берегам и редким песчаным косам растут прерывистые сообщества из шиповника собачьего, частухи подорожниковой, сусака зонтичного, осоки острой и черной, ситника жабьего, коленчатого и сплюснутого, мяты полевой, вероники ключевой, лютика едкого, жерушника земноводного и череды. На перекатах, развиваются рыхлые, низкорослые куртины из рдеста курчавого.

Встречаются куртины «водяной чумы» — элодеи канадской и череды облиственной, но в отличие от других рек, эти виды не образуют массовых зарослей, что, вероятно, связано с характером течения реки и её береговой линии.

При продвижении к устью, река протекает среди пойменных широколиственных лесов, преимущественно дубрав и липняков, представляющие собой интересный объект для будущих геоботанических исследований.

Рис. 6. Вид на р. Барыш (среднее течение) близ с. Таволжанка Карсунского района.

Рис. 7. Копеечник крупноцветковый – Hedysarum grandiflorum.

Рис. 8. Лён многолетний – Linum perenne.

Флористический список экспедиции включил в себя 348 видов растений, в составе 70 семейств.

В середине июля (14-16 июля) была исследована Ермоловская степь (рис. 9), расположенная на крупном останцовом массиве верхнего и среднего плато к северу от с. Ермоловка Вешкаймского района на гряде меловых холмов правого коренного берега речки Шарловки в Корсунско-Сенгилеевском возвышенно-водораздельном физико-географическом районе с двухъярусным рельефом [1]. Это возвышенная равнина — плато с ясно выраженными двумя ступенями — высокой и низкой. Урочище прорезано сетью долин – ручьёв, временных водотоков, оврагов и балок.

Рис. 9. Ермоловская меловая степь.

В настоящее время Ермоловская степь — это относительно хорошо сохранившийся степной комплекс ковыльных, кострецовых, луговых и наиболее распространенных каменистых степей и их производных, и небольших лесных участков нагорных сосняков и березовых колков, расположенных на грядах крутых меловых холмов, образующих высокий правый коренной берег р. Шарловка и её мелких притоков. Эталонные степные группировки развиты по крутым меловым склонам. Степная растительность урочища представлена каменистыми разнотравными, тимьянниковыми и тимьянниково-копеечниковыми степями, ковыльными, ковыльно-типчаковыми, ковыльно-кострецовыми, кострецово-разнотравными и луговыми степями, обычными и характерными видами которых являются тимьян клоповый (Thymus cimicinus) [2], ковыль перистый (Stipa pennata) [2], ковыль-волосатик (Stipa capillata) и кострец береговой (Bromopsis riparia). В каменистых степях урочища встречаются крупные популяции редких, уязвимых и характерных видов, таких как володушка серповидная (Bupleurum falcatum), качим высочайший (Gypsophyla altissima), зверобой изящный (Hypericum elegans), шалфей мутовчатый (Salvia verticillata), оносма простейшая (Onosma simplicissima), тимьян клоповый (Thymus cimicinus) [2], а также занесенные в Красную книгу Ульяновской области (2015) копеечник Гмелина (Hedysarum gmelinii), образующий по каменистым степям и меловым обнажениям крупные популяции, истод сибирский (Polygala sibirica) и солнцецвет монетолистный (Helianthemum nummularium). На отдельных меловых холмах и примыкающих к верхним плакорам участках Ермоловской степи на склонах северо-западной экспозиции развиты редкие для региона овсецовые степи, в которых доминирует овсец пустынный (Helictotrichon desertorum) [3], в ковыльных и ковыльно-разнотравных степях встречается занесённый в региональную Красную книгу адонис весенний (Adonis vernalis), а по щебнистым участкам – редкая и охраняемая осока стоповидная (Carex pediformis). Именно здесь по щебнистым меловым обнажениям найдена достаточно крупная популяция очень редкого для нашего региона кальцефильного вида – левкоя душистого (Matthiola fragrans) [2]. На холмах урочища, отличающихся более крупнощебнистыми меловыми субстратами, развиты тимьянниково-копеечниковые

каменистые разнотравные степи, основу которых составляют занесённые в Красную книгу Российской Федерации (2008) тимьян клоповый (Thymus cimicinus) и копеечник Гмелина (Hedysarum gmelinii). Только на этих участках в Ермоловской степи отмечен занесённый в Красную книгу Ульяновской области [3] лён украинский (Linum ucranicum). На опушках разреженных березовых колков и сосняков, растущих на меловых холмах, встречается редкий и занесенный в региональную и федеральную Красные книги степной кустарник кизильник алаунский (Cotoneaster alaunicus). Повсеместно на эродированных меловых склонах южной и юго-западной экспозиций развиты крупные участки тимьянников, образованных редким эндемичным видом – тимьяном клоповым (Thymus cimicinus) [2]. Менее крутые участки и склоны заняты в основном ковыльными, ковыльно-разнотравными, кострецовыми и кострецово-разнотравными степями – коренным типом растительности. Уникальность объекта заключается в том, что благодаря широкому выходу на поверхность верхнемеловых пород, здесь сформировались очень разнообразные и эталонные для Приволжской возвышенности кальциевые ландшафты и экосистемы, что привело к высокому биоразнообразию растительных сообществ, вмещающих крупные популяции редких и уязвимых для нашего региона видов. Территория включает крупные популяции редких и уязвимых видов, 5 из которых занесены в Красную книгу Российской Федерации (2008) и 13 видов – в Красную книгу Ульяновской области (2015).

Заключение

Как видно флоры бассейнов рек Ульяновской области являются перспективными динамичными объектами для исследования, заслуживающими особого внимания в деле сохранения биотического разнообразия Ульяновской области, охраны флоры и растительности региона и сопредельных с ним территорий.

Список использованных источников

1. Физико-географическое районирование Среднего Поволжья / под ред. А. В. Ступишина. — Казань : Издательство Казанского университета, 1964. — 198 с.

2. Красная книга Российской Федерации (растения и грибы). — Москва : Товарищество научных изданий КМК, 2008. — 855 с.

3. Красная книга Ульяновской области / Под науч. ред. Е. А. Артемьевой, О. В. Бородина, М. А. Королькова, Н. С. Ракова; Правительство Ульяновской области. — Ульяновск : Издательство “Артишок”, 2008. — 508 с.

Сведения об авторах:

Даниил Анатольевич Фролов — декан естественно-географического факультета, кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры биологии и химии естественно-географического факультета ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный педагогический университет имени И. Н. Ульянова».

ORCID iD 0000-0001-8262-691X

Web of Science ResearcherID AAF-5955-2019

Регина Александровна Сараева — студентка естественно-географического факультета ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный педагогический университет имени И. Н. Ульянова».

ORCID iD 0000-0003-1431-5508

Web of Science ResearcherID AAZ-9124-2020

Floristic research within the framework of the project of the Russian geographical society "Environmental-floristic aspects of the middle river pools of the central part of the Volga upland"

D. A. Frolov, R. A. Saraeva

Ulyanovsk State Pedagogical University, 432071, Ulyanovsk, Russia

Submitted September 21, 2020
Resubmitted September 28, 2020
Published October 10, 2020

Abstract. The results of ecological and floristic research within the framework of expeditions of the project of the Russian Geographical Society "Ecological and floristic aspects of the basins of middle rivers in the central part of the Volga Upland" are presented.

Keywords: flora, vegetation, river basin, rare and protected plant species, biological diversity

References

1. Physical and geographical regionalization of the Middle Volga region / ed. A. V. Stupishina. — Kazan : Kazan University Publishing House, 1964. — 198 p.

2. Red Book of the Russian Federation (plants and mushrooms). — Moscow : KMK Scientific Publishing Partnership, 2008. — 855 p.

3. Red Book of the Ulyanovsk region / Under scientific. ed. E. A. Artemyeva, O. V. Borodina, M. A. Korolkova, N. S. Rakova; Government of the Ulyanovsk region. — Ulyanovsk : Publisher " Artichoke ", 2008. — 508 p.

Information about authors:

Daniil Anatolevich Frolov — PhD, Candidate of Biological Sciences, Dean of the Faculty of Natural Geography, Ulyanovsk State Pedagogical University.
E-mail: frolka-daniil@yandex.ru
ORCID iD 0000-0001-8262-691X
Web of Science ResearcherID AAF-5955-2019

Regina Alexandrovna Saraeva — student of the Natural Geography Department of the Ulyanovsk State Pedagogical University.
E-mail: regina.saraeva10.04@mail.ru
ORCID iD 0000-0003-1431-5508
Web of Science ResearcherID AAZ-9124-2020

УДК 504.05
ББК 20.18
ГРНТИ 34.35.51
ВАК 03.02.08

Оценка загрязнения почв промышленных территорий города Ульяновска на предмет содержания тяжелых металлов

Н. А. Казакова, Л. Р. Садретдинова, А. А. Мухаметшин [1]

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ульяновский государственный педагогический университет имени И. Н. Ульянова», 432071, Ульяновск, Россия

Поступила в редакцию 18 сентября 2020 года
После переработки 21 сентября 2020 года
Опубликована 10 октября 2020 года

Аннотация. Рассмотрено загрязнение промышленных почв города Ульяновска тяжелыми металлами. Приводится классификация и изучается их количественное содержание в почве. Анализируется необходимость данных территорий в мониторинге.

Ключевые слова: экологическое состояние, тяжелые металлы, почва, промышленные предприятия, загрязнение, почвенный мониторинг, экологическая оценка

Введение

В настоящее время исключительно важное значение приобрело изучение последствий техногенного накопления тяжелых металлов и антропогенного загрязнения природной среды. Мощное техногенное воздействие на окружающие природные комплексы с нарушением естественного развития биогеоценозов оказывают выбросы, поступающие с промышленных предприятий и вызывают нарушение почвенного покрова.

Целью данной работы послужило изучение содержания тяжелых металлов в почвах промышленных предприятий города Ульяновска. На основе этих данных становится возможным сформулировать рекомендации по мониторингу состояния почв на производственных территориях.

Обзор

Почва представляет собой буферную систему, в которой аккумулируются все вещества поступающие из литосферы, биосферы, атмосферы, с почвенно-грунтовыми или поверхностными водами. Накопление веществ, несвойственных природным экосистемам и их компонентам, приводит к загрязнению почвы и техногенной трансформации почвообразовательных процессов [1].

Почвы промышленных территорий подвергаются различным преобразованиям и испытывают постоянное техногенное давление, и в результате в них накапливаются основные токсиканты — группы тяжелых металлов. По токсичности и способности накопления более десяти элементов признаны приоритетными загрязнителями биосферы. Среди них выделяют: ртуть, свинец, кадмий, медь, олово, цинк, молибден, кобальт, никель [2]. Исследование содержания этих веществ представлено в данной статье.

[1] E-mail: nakaz17@mail.ru

Методы и материалы

В основу работы были положены общепринятые в геохимии и почвоведении методы [3–6].

Определение концентрации тяжелых металлов в образцах почвы поводили в агрохимцентре г. Ульяновска на атомно-абсорбционном спектрофотометре. Оценка результатов проводилась по «Перечню ПДК и ОДК химических веществ в почве» (№ 6229-91, 1991). Статистический анализ полученных данных проводили с использованием общепринятых методов и пакета прикладных программ Microsoft Excel for Windows (2013).

Во всех отобранных почвенных образцах методом атомно-адсорбционной спектроскопии были определены концентрации тяжелых металлов (Zn, Pb, Cu, Ni, Cd), которые относятся к разным классам опасности.

Согласно Постановлению главного санитарного врача РФ от 17.04.2003 353 (ред. от 25.04.2007) были введены классы опасности химических веществ [7, 8], которые приведены в таблице 1.

Таблица 1. Классы опасности химических веществ

Класс опасности	Химическое вещество
1 — вещества высокоопасные	Мышьяк, кадмий, ртуть, селен, свинец, цинк, фтор, бенз(а)пирен
2 — вещества умеренноопасные	Бор, кобальт, никель, молибден, медь, сурьма, хром
3 – вещества малоопасные	Барий, ванадий, вольфрам, марганец, стронций, ацетофенол

Объектами исследования послужили почвы территории АО «Авиастар-СП» Заволжского района, ОАО «Утес» Ленинского района, ООО «Ульяновский автомобильный завод» Засвияжского района, мебельной фабрики «Ardoni» Железнодорожного района города Ульяновска.

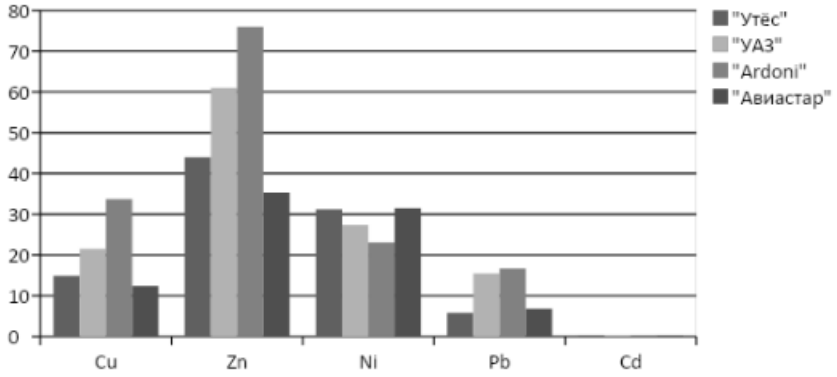


Рис. 1. Валовое содержание тяжёлых металлов в почвах исследуемых территорий промышленных предприятий.

Исследование тяжелых металлов в почвах производственных предприятий проводились с марта по апрель 2020 года. Наглядные результаты нашего исследования представлены на рис. 1. Полученные значения измеряются в мг/кг. Здесь можно отметить преобладающую концентрацию Zn на территории мебельной фабрики «Ardoni»» (76 мг/кг). Далее по концентрации почва территории завода «УАЗ» (61.02 мг/кг) и «Утёс» (44,01 мг/кг). Наименьшая концентрация же на территории завода «Авиастар» (35.36

мг/кг). И, так как, ПДК Zn составляет 100 мг/кг почвы, превышения не было выявлено ни в одном из мест сбора проб.

Предельно допустимая концентрация Pb составляет 30 мг/кг. Его содержание в почвах фабрики «Ardoni» составило 16.69 мг/кг. 15.49 мг/кг на территории завода «УАЗ» и наименьшее содержание элемента выявлено в пробах почв «Утеса» 5.81 мг/кг и «Авиастара» – 6.81 мг/кг. Следовательно, превышения предельно допустимого коэффициента свинца также не было превышено.

Исследование на содержание Cd показало следующие результаты: «УАЗ» – 0.32 мг/кг, «Утёс» – 0.21 мг/кг, «Ardoni» и «Авиастар» - 0.17 мг/кг. ПДК Cd составляет 1.0 мг/кг, следовательно превышения не выявлено ни в одном из мест сбора почв.

Содержание Cu в исследуемых почвах «Утёса» 14.9 мг/кг, у «УАЗа» 21.5 мг/кг, у «Ardoni» 33.7 мг/кг и у «Авиастара» 12.4 мг/кг. Все это также указывает на оптимальное содержание по предельно допустимой концентрации, которое составляет 55 мг/кг.

Содержание Ni преобладает на территориях «Авиастара»» – 31.49 мг/кг и «Утес» – 31.21 мг/кг. На территории «УАЗа» обнаружено 27.41 мг/кг, у «Ardoni» лишь 23.12 мг/кг, следовательно, предельно допустимая концентрация Ni также не была превышена.

Заключение

Из проведённых выше исследований можно сделать вывод, что, несмотря на современную экологическую обстановку, почвы промышленных территорий города Ульяновска не подвержены сильному химическому загрязнению, так как все показатели находятся в пределах нормы. Но для предотвращения загрязнения почв тяжелыми металлами необходимы предупредительные меры.

Список использованных источников

1. Подурец О. Влияние промышленного объекта на экологическое состояние почв пограничных ландшафтов // Норвежский журнал развития международной науки. — 2020. — № 41. — С. 16–18.

2. Казакова Н. А. Загрязнение почвы тяжелыми металлами // Вестник Ульяновской сельскохозяйственной академии. — 2009. — № 2. — С. 29–31.

3. ГОСТ 17.4.2.01-81 Охрана природы. Почвы. Номенклатура показателей санитарного состояния (с Изменением N 1) : Сб. ГОСТов. — Москва : Стандартинформ, 2008. — 4 с.

4. ГОСТ 17.4.3.01-83 Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб: Сб. ГОСТов. — Москва : Стандартинформ, 2008. — 6 с.

5. ГОСТ 17.4.3.04-85 Охрана природы. Почвы. Общие требования к контролю и охране от загрязнения : Сб. ГОСТов. — Москва : Стандартинформ, 2008. — 4 с.

6. ГОСТ 17.4.3.05-86 Охрана природы. Почвы. Требования к сточным водам и их осадкам для орошения и удобрения : Сб. ГОСТов. - Государственный контроль качества воды. Сб. ГОСТов. — Москва : ИПК Издательство стандартов, 2001. — 3 с.

7. СанПиН 2.1.7.1287-03. Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы. — Москва : Министерство здравоохранения РФ, 2003. — 15 с.

8. Шадрова С. В., Казакова Н. А. Мониторинг тяжелых металлов в системе «вода-почва» реки Свияги в черте г. Ульяновска // В мире научных открытий. — 2018. — Т. 10, № 3-2. — С. 46–55.

Сведения об авторах:

Наталья Анатольевна Казакова — кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры географии и экологии естественно-географического факультета ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный педагогический университет имени И. Н. Ульянова».

E-mail: nakaz17@mail.ru

ORCID iD 0000-0001-9303-6333

Web of Science ResearcherID N-8058-2016

Лилия Рушановна Садретдинова — студентка естественно-географического факультета ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный педагогический университет имени И. Н. Ульянова».

E-mail: lilek1998sr@mail.ru

ORCID iD 0000-0003-3054-4896

Web of Science ResearcherID A-7345-2019

Айзат Асхатевич Мухаметшин — студент естественно-географического факультета ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный педагогический университет имени И. Н. Ульянова».

E-mail: nokiaaizat.2011@yandex.ru

ORCID iD 0000-0001-5979-8131

Web of Science ResearcherID A-7329-2019

Assessment of soil pollution in industrial areas of the city Ulyanovsk for the content of heavy metals

N. A. Kazakova, L. R. Sadretdinova, A. A. Mukhametshin

Ulyanovsk State Pedagogical University, 432071, Ulyanovsk, Russia

Submitted September 18, 2020
Resubmitted September 21, 2020
Published October 10, 2020

Abstract. Contamination of industrial soils of the city of Ulyanovsk with heavy metals is considered. A classification is given and their quantitative content in the soil is studied. The need for monitoring of these territories is analyzed.

Keywords: ecological state, heavy metals, the soil, industrial enterprises, pollution, soil monitoring, environmental assessment

References

1. Podurets O. Impact of an industrial facility on the ecological state of soils of border landscapes // Norwegian Journal of Development of the International Science. — 2020. — no. 41. — P. 16–18.

2. Sayadi M. H., Rezaei A., Sayyed M. R. G. Grain size fraction of heavy metals in soil and their relationship with land use // Proceedings of the International Academy of Ecology and Environmental Sciences. — 2017. — no. 7(1). — P. 1–11.

3. Kazakova N. A. Contamination of the soil with heavy metals // Bulletin of the Ulyanovsk Agricultural Academy. — 2009. — no. 2. — P. 29–31.

4. Shadrova S. V., Kazakova N. A. Monitoring of heavy metals in the “water-soil” system of the Sviyaga River within the city of Ulyanovsk // In the world of scientific discovery. — 2018. — Vol. 10, no. 3-2. — P. 46–55.

Information about authors:

Natalia Anatolyevna Kazakova — PhD, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Geography and Ecology, Ulyanovsk State Pedagogical University, Ulyanovsk, Russia.
E-mail: nakaz17@mail.ru
ORCID iD 0000-0001-9303-6333
Web of Science ResearcherID N-8058-2016

Lilia Rushanovna Sadretdinova — student of the Faculty of Natural Sciences and Geography of the Ulyanovsk State Pedagogical University, Ulyanovsk, Russia.
E-mail: lilek1998sr@mail.ru
ORCID iD 0000-0003-3054-4896
Web of Science ResearcherID A-7345-2019

Aizat Askhatevich Mukhametshin — student of the Faculty of Natural Sciences and Geography of the Ulyanovsk State Pedagogical University, Ulyanovsk, Russia.
E-mail: nokiaaizat.2011@yandex.ru
ORCID iD 0000-0001-5979-8131
Web of Science ResearcherID A-7329-2019

Секция 2

Физико-математические науки

УДК 53.01
ББК 22.3
ГРНТИ 29.01.45
ВАК 13.00.02

Внедрение системы олимпиадных задач по физике в школе

Т. В. Галоватюк [1]

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ульяновский государственный педагогический университет имени И. Н. Ульянова», 432071, Ульяновск, Россия,
МБОУ г. Ульяновска «Средняя школы № 85», 432066, Ульяновск, Россия

Поступила в редакцию 20 июня 2020 года
После переработки 27 сентября 2020 года
Опубликована 10 октября 2020 года

Аннотация. В процессе выполнения работы была внедрена система задач и заданий для подготовки к олимпиадам по физике учащихся 11 классов. Для информационной поддержки процесса подготовки к олимпиадам по физике использовался электронный образовательный ресурс по решению олимпиадных задач по физике. В ходе выполнения работы проведён педагогический эксперимент, который показал эффективность системы подготовки учащихся к олимпиадам по физике. В результате педагогического эксперимента показано, что разработанная система олимпиадных задач по физике позволяет проводить эффективную подготовку к решению олимпиадных задач по физике.

Ключевые слова: физика, физическое образование, олимпиадные задачи по физике, система подготовки учащихся, система задач по физике, педагогический эксперимент

Введение

Одной из приоритетных задач современного школьного образования становится обучение и воспитание наиболее подготовленных учащихся во всех предметных областях. При этом важным оказывается не только развитие предметной подготовки учащихся, но и выявление этой подготовки, ещё никак не проявившейся у обучающихся. Значение работы с подготовленными учащимися трудно переоценить в связи с характерными

[1] E-mail: nazarowa.tanja@yandex.ru

особенностями в социально-экономическом развитии страны в настоящее время, приводящими к острой необходимости подготовки значительного числа специалистов самого высокого уровня во всех областях науки.

В настоящее время существует большое количество олимпиад по физике и физико-математических дисциплин, поэтому становится актуальной создание системы подготовки школьников к олимпиадам по физике.

Цель работы является исследование внедрение системы олимпиадных задач по физике в общеобразовательной школе.

Объект исследования: система олимпиадных задач по физике в 11 классе.

Предмет исследования: процесс обучения решению олимпиадных задач по физике в 11 классе.

Научная новизна работы заключается в совместном использовании традиционных и дистанционных форм подготовки к олимпиадам по физике.

Методы исследования: методические приёмы и способы решения олимпиадных задач по физике в 11 классе.

Гипотеза исследования: если использовать систему олимпиадных задач по физике в систематически организованной подготовке в традиционной форме в сочетании с использованием информационных технологий в виде дистанционного курса, то можно создать эффективную систему подготовки к олимпиадам по физике.

Обзор работ по методике решения задач по физике

Процесс решения задач по физике является неотъемлемой частью всего многопланового процесса изучения курса физики в общеобразовательной школе. С помощью задач по физике учащиеся постигают премудрости физики, применяют положения физических теорий для анализа конкретных ситуаций, учатся логически рассуждать, преодолевая возникающие трудности, избавляются от заблуждений. Преподаватель физики имеет возможность повлиять на ход мыслей учащихся, ненавязчиво, казалось бы, но довольно настойчиво, раз за разом повторяя негромко одни и те же истины, на которые можно опереться не только в простых типовых задачах, но и при решении трудных задач по физике.

В работах [1–7] рассматривались методические вопросы решения задач по физике. Креативные методы и эвристические приёмы решения сложных и нестандартных задач по физике рассматривались в работах [8–13]. Общие вопросы педагогики в методике преподавания были рассмотрены в [14–17]. Хорошая система из разноуровневых задач по физике приводится в [18]. Например, методические аспекты системы задач по физике рассматривалась в работе [19]. Компьютерная интерактивная система решения задач по физике рассматривалась в работе [20].

Неоспоримым является факт, что решение учебных задач в процессе изучения школьных предметов играет важнейшую роль в развитии мышления учащихся. Методическому аспекту формирования умений решения задач, развитию логического, предметно-специфического мышления учащихся всегда уделялось серьезное внимание в научных педагогических исследованиях (по физике, прежде всего, следует отметить работы А. В. Усовой [21], Н. Н. Тулькибаевой, А. А. Боброва, Б. Ф. Абросимова, В. К. Кобушкина, С. Е. Коменецкой, В. П. Орехова [1, 3], О. Ф. Кабардина, В. А. Орлова, И. Л. Касаткиной, Г. А. Дзида, Ю. А. Саурова и др.). В работе [21] была предложена структура учебной деятельности по решению физических задач.

Результаты разработки электронного курса по физике были описаны в работах [22, 23].

Результаты педагогического эксперимента по внедрению системы олимпиадных задач по физике

В самостоятельной части работы разработана часть дистанционного курса по решению олимпиадных задач по физике для 11 класса. Произведён подбор и анализ олимпиадных задач по физике по программе Всероссийской олимпиады школьников по физике для 11 класса. Затем производилось размещение задач и заданий в дистанционном курсе, созданном в системе дистанционного обучения ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный педагогический университет имени И. Н. Ульянова» на платформе MOODLE.

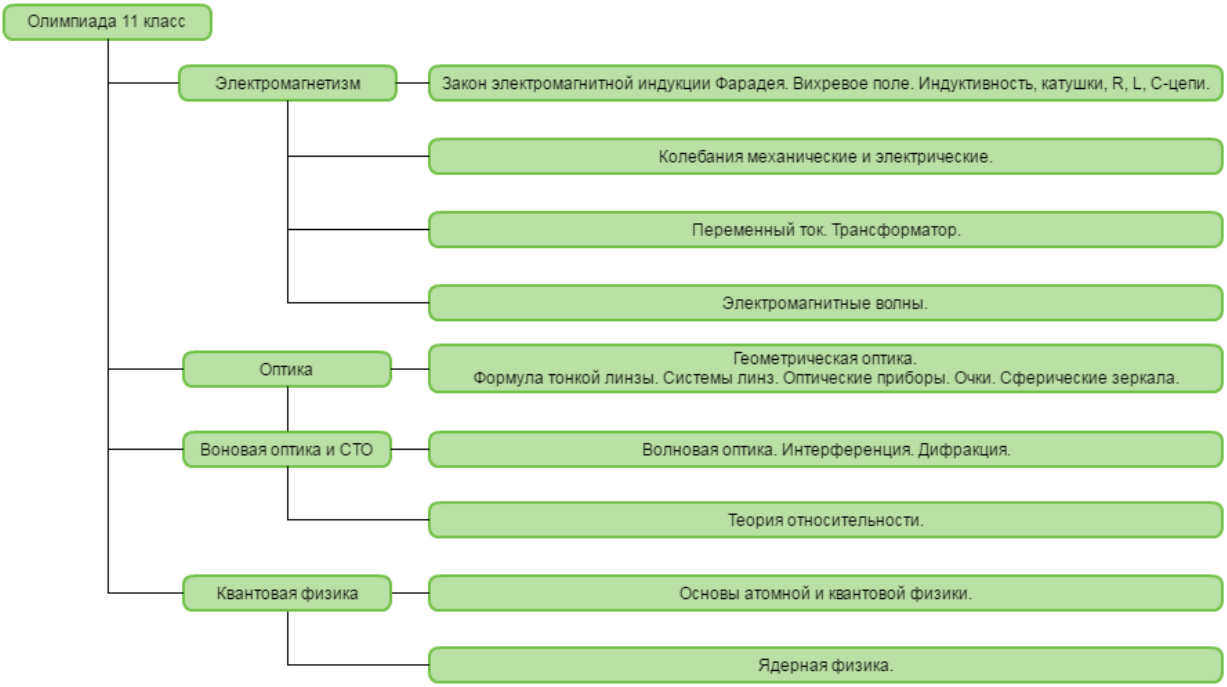


Рис. 1. Структура тематического планирования курса по методике решения олимпиадных задач для 11 класса в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

На рис. 1 изображена структура тематического планирования курса по методике решения олимпиадных задач для 11 класса в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

Целью педагогического эксперимента было выявление в экспериментальном классе одарённых учеников и дальнейшее развитие творческого потенциала учеников, проявивших склонности к решению олимпиадных задач.

Местом проведения педагогического эксперимента по апробации системы олимпиадных задач по физике является МБОУ «Средняя школа № 85 г. Ульяновска», находящийся по адресу г. Ульяновск, ул. Ефремова 145А. Сроки проведения педагогического эксперимента по апробации системы олимпиадных задач по физике: с 22.10.2018 по 20.12.2019. Объектом педагогического эксперимента является 11 А класс (профильный), состоящий из 27 человек и 11 Б класс, состоящий из 28 человек.

Проведём описание одного из экспериментальных классов. Все педагогические исследования проводились в технологическом классе МБОУ СШ № 85 г. Ульяновска в 11 Б классе. В этом классе всего 27 учащихся, из них 13 девочек, 14 мальчиков. Большинство детей 2002 года рождения. В целом дети воспитываются в хороших семьях, где родители уделяют должное внимание своим детям. По результатам медицинского обследования все дети здоровы. У некоторых детей имеются незначительные нарушения

речи.

В классе шесть учеников имеют высокий уровень успеваемости по всем предметам. Успевают на оценки 4 и 5 девять человек. Успевают с одной тройкой три человека. Успевают на тройки, четверки и пятёрки по разным предметам девять человек. Неуспевающих учащихся в классе нет. Абсолютная успеваемость составляет 100 %, качественная успеваемость 56 %.

В классе есть дети, которые отличаются неординарным мышлением, феноменальной памятью, сообразительность и находчивостью. Таких было выделено шесть человек. Девочки увлекаются музыкой, мальчики в классе спортивные, практически все посещают спортивную секцию, большинство детей посещают различные кружки во внеурочное время.

Класс активный, дети принимают активное участие во всех школьных мероприятиях, у некоторых детей есть выраженные черты. Многие из учащихся хорошо рисуют, принимают участие в художественных конкурсах.

Учебная мотивация носит разнообразный характер. На уроках желательно развивать интерес детей к предметам, поощрять их самостоятельными занятиями дома.

На уроках дети активны, хорошо воспринимают материал, на переменах подвижны. Класс в целом дружный, с хорошим потенциалом. Учащиеся умеют работать совместно. Класс проявляет высокую заинтересованность в успехе, стойко преодолевает трудности, ученики дорожат честью класса. При решении коллективных задач быстро ориентируются, находят общий язык. В целом учащиеся хорошо знают друг друга, отношения между ними доброжелательные.

Критическое отношение к своим недостаткам проявляется далеко не всегда, но большинство может оценить свою работу. Дети умеют оценивать и деятельность своих товарищей. В классе преобладает доброжелательный настрой. Все дети в дружеских отношениях друг с другом. На основании анализа результатов наблюдений, бесед с классом, работы в классе, можно сказать, что класс является достаточно сплоченным.

На рис. 2 изображена гистограмма распределения уровней критичности мышления учеников технологического 11 Б класса МБОУ «СШ № 85 г. Ульяновска» из экспериментальной группы. Тест-опросник на определение уровня критичности мышления учеников из экспериментальной группы состоял из 15 вопросов-утверждений, на которые учащиеся должны были дать верный ответ. Тест оценки критичности мышления позволяет определить уровень развития мышления учеников из экспериментальной группы, а также проверяемые умения критического мышления и степень развития критического мышления у учащихся. По полученным результатам из гистограммы распределения уровней критического мышления учеников 11 Б класса экспериментальной группы видно, что имеются различные показатели уровня критического мышления у учащихся, что соответствует текущему уровню развития творческих способностей учеников 11 Б класса экспериментальной группы.

На рис. 3 изображена круговая диаграмма распределения по уровням креативности мышления учеников 11 Б класса МБОУ «СШ № 85 г. Ульяновска» из экспериментальной группы. Тест на определение типов мышления и уровней креативности мышления Дж. Брунера состоял из 75 вопросов, на которые учащиеся должны были дать положительный или отрицательный ответ. Данный тест позволяет определить базовый тип мышления и измерить уровень креативность у учеников 11 Б класса МБОУ «СШ № 85 г. Ульяновска» из экспериментальной группы. Зная тип мышления учеников, можно предположить, в какой профессиональной области они могут преуспеть. Выделяют четыре типа мышления такие, как предметное, знаковое, образное и символическое мышление. Каждому из типов мышления присущи специфическими характеристиками. В результате интерпретации полученных данных, построенных в виде круговой диаграм-

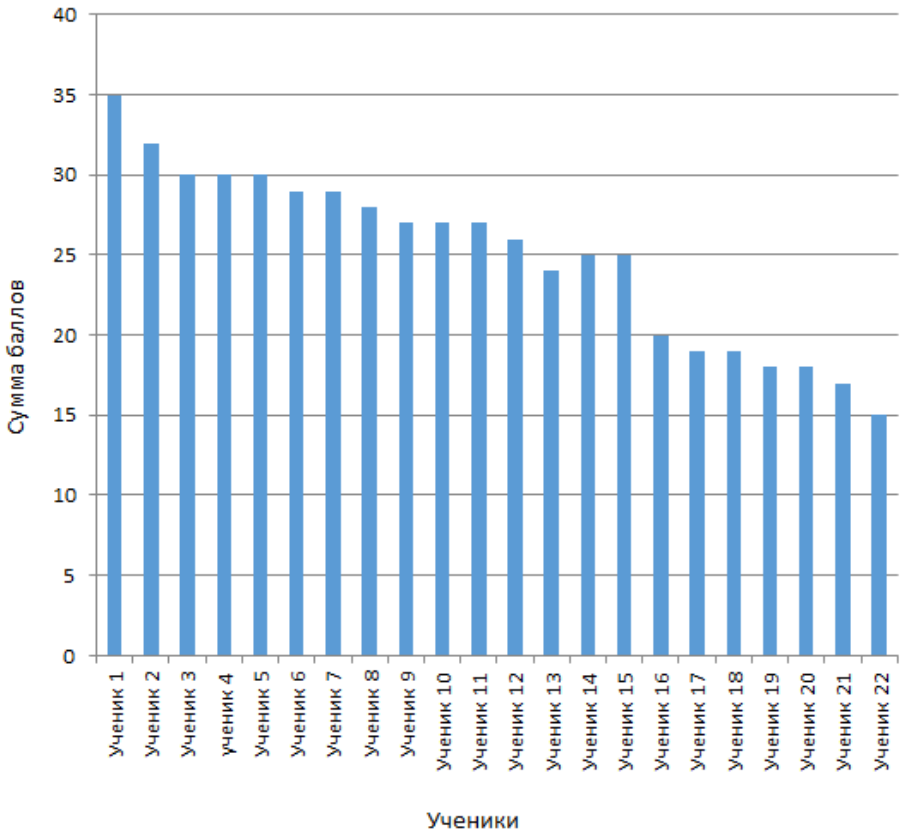


Рис. 2. Гистограмма распределения уровней критичности мышления учеников 11 Б класса из экспериментальной группы.

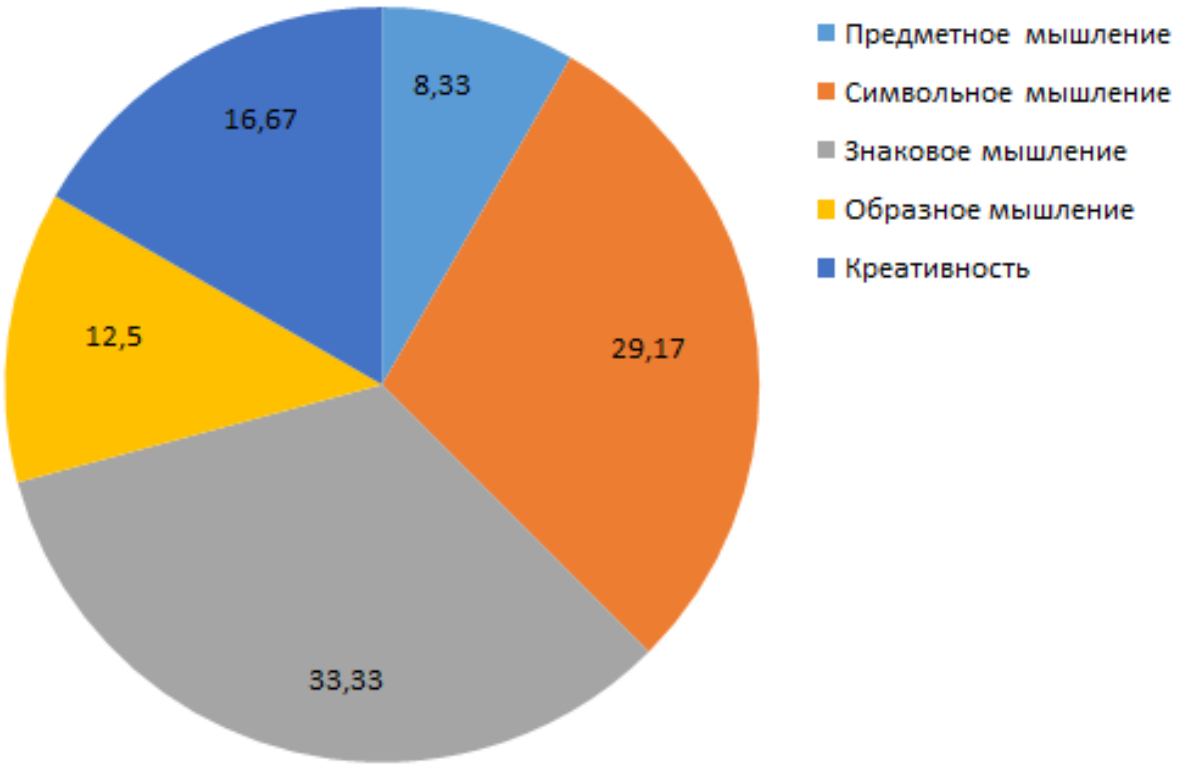


Рис. 3. Круговая диаграмма уровней креативности мышления учеников 11 Б класса из экспериментальной группы.

мы, можно сказать, что большинство учеников экспериментальной группы обладают знаковых и символьным мышлением.

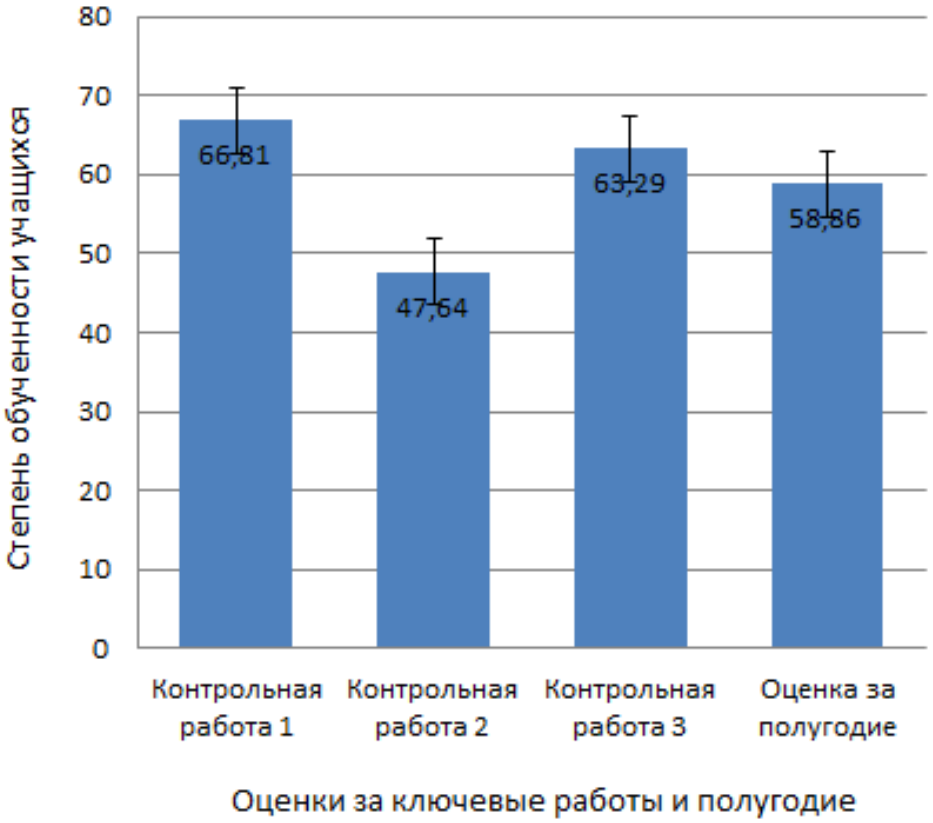


Рис. 4. Гистограмма распределения количества оценок за ключевые работы и полугодие учеников 11 Б класса из экспериментальной группы.

На рис. 4 изображена гистограмма распределения количества оценок за ключевые работы и полугодие учеников 11 Б класса из экспериментальной группы. Гистограмма, изображённая на рис. 4, показывает распределение оценок по основным контрольным работам, проводимым в первом полугодии 11 класса и общая оценка за первое полугодие. Первая контрольная работа проводилась в начале первого полугодия по теме «Электромагнитная индукция». Вторая контрольная работа проводилась в середине первого полугодия по теме «Переменный электрический ток». И третья контрольная работа проводилась в конце первого полугодия по теме «Электромагнитные волны». Кроме того, у учеников было много самостоятельных работ и на основании этого выставлена оценка за первое полугодие.

На рис. 5 изображена гистограмма распределения уровня познавательной активности учеников 11 Б класса из экспериментальной группы, которая выражает результаты диагностики по методике мотивации учения и эмоционального отношения к учению учащихся. Данная методика проводится фронтально с целым классом. Учащимся были выданы бланки с утверждениями, на которые они должны были ответить, выбрав конкретно для себя правильный ответ. Данная методика даёт сведения об испытуемых по следующим показателям: познавательная активность, мотивация достижения, тревожность, гнев.

На рис. 6 изображена гистограмма распределения уровня мотивации достижений учеников 11 Б класса из экспериментальной группы.

На рис. 7 изображена гистограмма распределения уровня тревожности учеников 11 Б класса из экспериментальной группы.

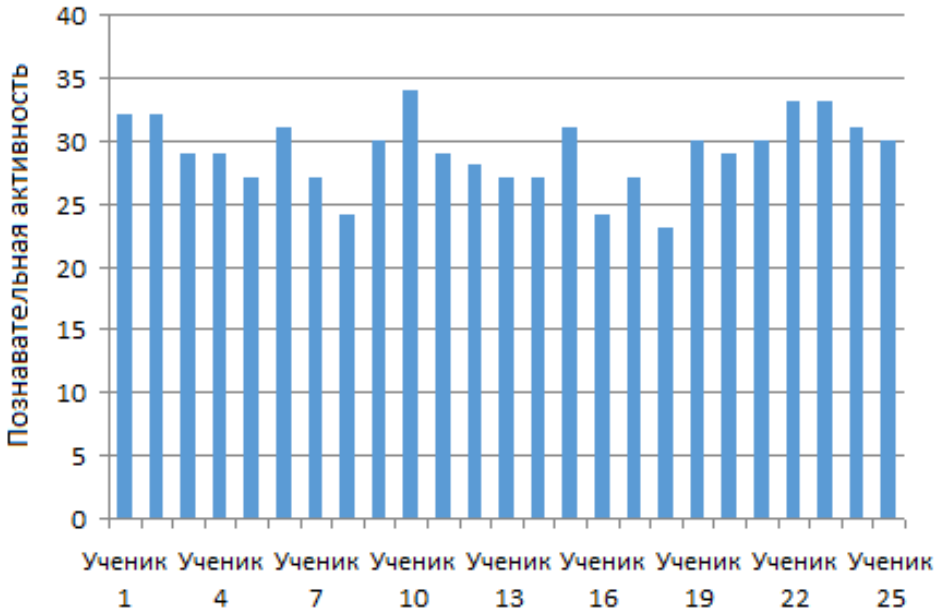


Рис. 5. Гистограмма распределения уровня познавательной активности учеников 11 Б класса из экспериментальной группы.

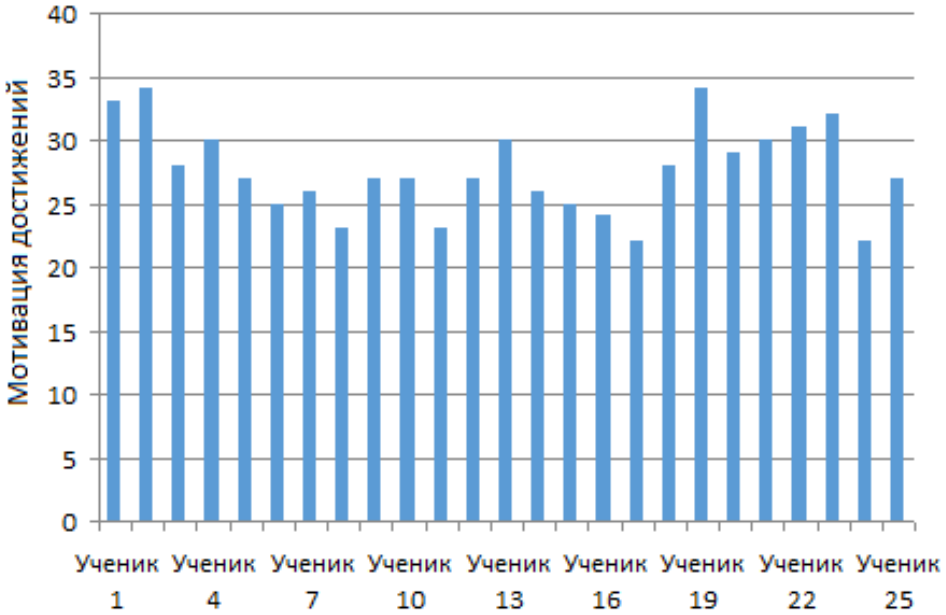


Рис. 6. Гистограмма распределения уровня мотивации достижений учеников 11 Б класса из экспериментальной группы.

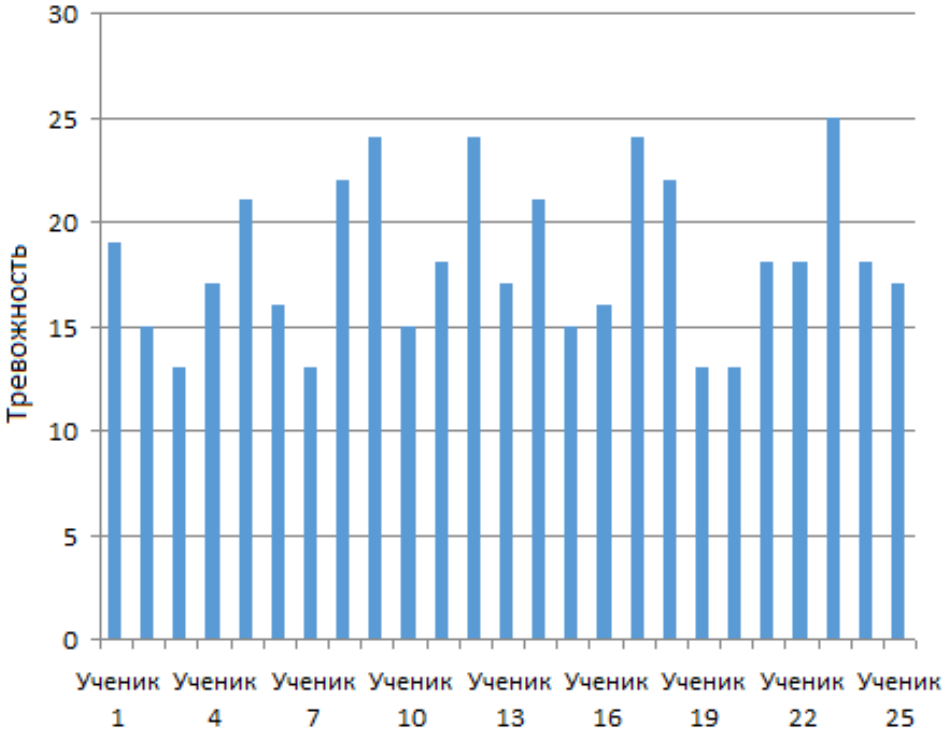


Рис. 7. Гистограмма распределения уровня тревожности учеников 11 Б класса из экспериментальной группы.

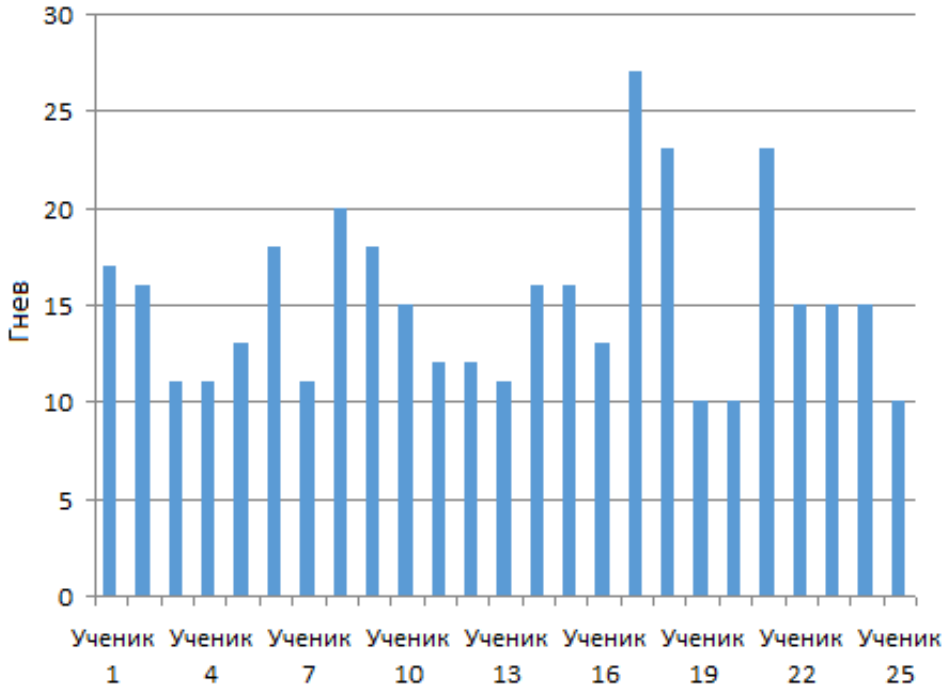


Рис. 8. Гистограмма распределения уровня гнева учеников 11 Б класса из экспериментальной группы.

На рис. 8 изображена гистограмма распределения уровня гнева учеников 11 Б класса из экспериментальной группы.

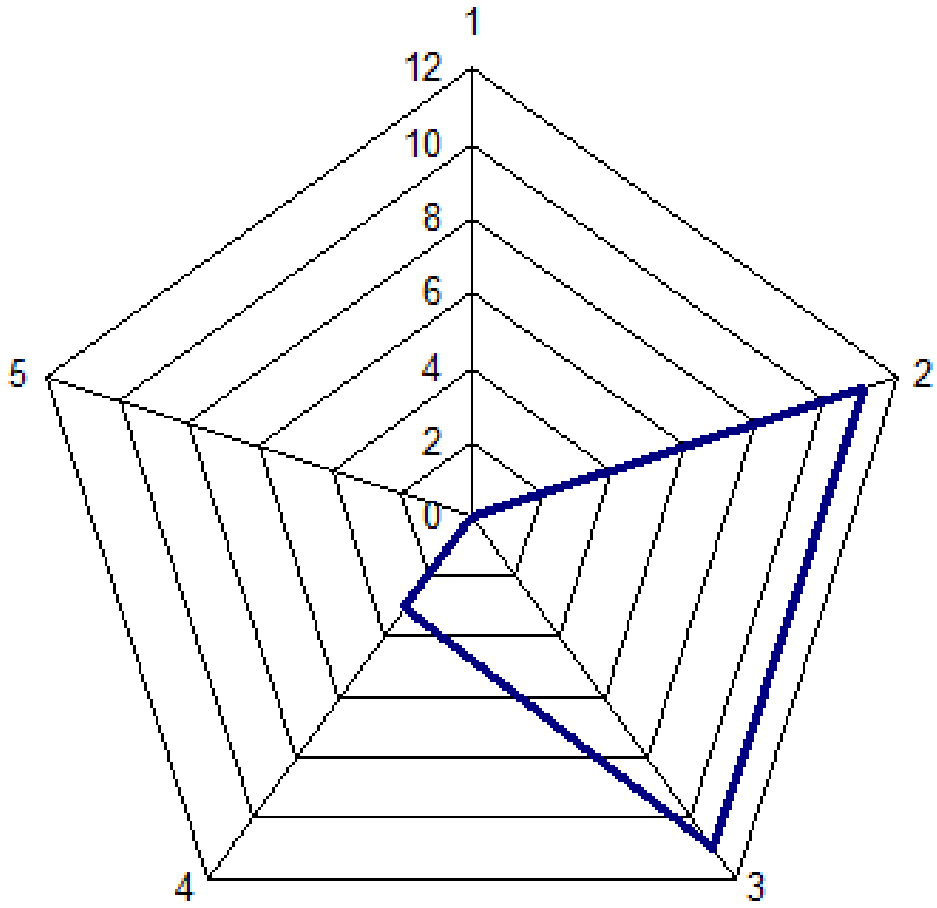


Рис. 9. Диаграмма распределения учеников 11 Б класса из экспериментальной группы по уровням при диагностике Спибергера-Андреева.

На рис. 9 изображена диаграмма распределения количества учеников 11 Б класса из экспериментальной группы по уровням при диагностике Спибергера-Андреева. По этим четырём показателям можно выявить уровень мотивации учения учащихся. Выделяют всего пять уровней мотивации учения: первый уровень соответствует продуктивной мотивации с выраженным преобладанием познавательной мотивации учения и положительным эмоциональным отношением к нему, второй уровень соответствует продуктивной мотивации, позитивному отношению к учению, выражает соответствие социальному нормативу, третий уровень соответствует среднему уровню с несколько сниженной познавательной мотивацией, четвёртый уровень соответствует сниженной мотивации, выражает переживание «школьной скуки», отрицательное эмоциональное отношение к учению, пятый уровень выражает резко отрицательное отношение к учению.

Сопоставление биоритмов учащихся с результатами контрольных работ по физике

Проведём сопоставление результатов контрольных работ с биоритмами учеников.

Ученик 1 на контрольной работе от 27.09.19 получил отметку «отлично». На 27.09.19 расчёт биоритмов представил физическое состояние -0%, эмоциональное состояние - 78%, интеллектуальное состояние - (-97)%, общее состояние - (-6)%. На контрольной

работе от 7.11.19 ученик 1 получил отметку «отлично». На 7.11.19 расчёт биоритмов представил физическое состояние - (-98)%, эмоциональное состояние - (-62)%, интеллектуальное состояние - 19%, общее состояние - (-47)%. На контрольной работе от 3.12.19 ученик 1 получил отметку «хорошо», расчёт биоритмов представил физическое состояние - (-52)%, эмоциональное состояние - (-22)%, интеллектуальное состояние - (-91)% , общее состояние - (-55)%.

Ученик 2 на контрольной работе от 27.09.19 получил отметку «хорошо». На 27.09.19 расчёт биоритмов представил физическое состояние -40%, эмоциональное состояние - (-22)%, интеллектуальное состояние - 91%, общее состояние - 36%. На контрольной работе от 7.11.19 ученик 2 получил отметку «отлично». На 7.11.19 расчёт биоритмов представил физическое состояние - 98%, эмоциональное состояние - 43%, интеллектуальное состояние - 46%, общее состояние - 62%. На контрольной работе от 3.12.19 ученик 2 получил отметку «отлично», расчёт биоритмов представил физическое состояние - 82%, эмоциональное состояние - 78%, интеллектуальное состояние - 97%, общее состояние - 86%.

Ученик 3 на контрольной работе от 27.09.19 получил отметку «хорошо». На 27.09.19 расчёт биоритмов представил физическое состояние - (-52)%, эмоциональное состояние - 100%, интеллектуальное состояние - 19%, общее состояние - 22%. На контрольной работе от 7.11.19 ученик 3 получил отметку «хорошо». На 7.11.19 расчёт биоритмов представил физическое состояние физическое состояние - (-94)%, эмоциональное состояние -(-97)%, интеллектуальное состояние - 99%, общее состояние - (-31)%. На контрольной работе от 3.12.19 ученик 3 получил отметку «хорошо», расчёт биоритмов представил физическое состояние - (-89)%, эмоциональное состояние - (-78)%, интеллектуальное состояние - 37%, общее состояние - (-43)%.

Ученик 4 на контрольной работе от 27.09.19 получил отметку «хорошо». На 27.09.19 расчёт биоритмов представил физическое состояние -89%, эмоциональное состояние - 22%, интеллектуальное состояние - (-97)%, общее состояние - 5%. На контрольной работе от 7.11.19 ученик 4 получил отметку «отлично». На 7.11.19 расчёт биоритмов представил физическое состояние - (-27)%, эмоциональное состояние - 0%, интеллектуальное состояние - 19%, общее состояние - (-3)%. На контрольной работе от 3.12.19 ученик 4 получил отметку «хорошо», расчёт биоритмов представил физическое состояние - 52%, эмоциональное состояние - 43%, интеллектуальное состояние - (-91)%, общее состояние - 1%.

Ученик 5 на контрольной работе от 27.09.19 получил отметку «отлично». На 27.09.19 расчёт биоритмов представил физическое состояние физическое состояние -52%, эмоциональное состояние - 97%, интеллектуальное состояние - (-87)%, общее состояние - 21%. На контрольной работе от 7.11.19 ученик 5 получил отметку «хорошо». На 7.11.19 расчёт биоритмов представил физическое состояние - (-73)%, эмоциональное состояние - (-100)%, интеллектуальное состояние - (-54)%, общее состояние - (-76)%. На контрольной работе от 3.12.19 ученик 5 получил отметку «отлично», расчёт биоритмов представил физическое состояние - 0%, эмоциональное состояние - (-90)%, интеллектуальное состояние - (-95)%, общее состояние - (-62)%.

Ученик 6 на контрольной работе от 27.09.19 получил отметку «хорошо». На 27.09.19 расчёт биоритмов представил физическое состояние - (-40)%, эмоциональное состояние - (-62)%, интеллектуальное состояние - (-19)%, общее состояние - (-40)%. На контрольной работе от 7.11.19 ученик 6 получил отметку «хорошо». На 7.11.19 расчёт биоритмов представил физическое состояние - 82%, эмоциональное состояние - 78%, интеллектуальное состояние - 97%, общее состояние - 86%. На контрольной работе от 3.12.19 ученик 6 получил отметку «удовлетворительно», расчёт биоритмов представил физическое состояние - 14%, эмоциональное состояние - 97%, интеллектуальное состояние - 0%, общее

состояние - 37%.

Ученик 7 на контрольной работе от 27.09.19 получил отметку «хорошо». На 27.09.19 расчёт биоритмов представил физическое состояние - 0%, эмоциональное состояние - (-97)%, интеллектуальное состояние -91%, общее состояние -(-2)%. На контрольной работе от 7.11.19 ученик 7 получил отметку «отлично». На 7.11.19 расчёт биоритмов представил физическое состояние - (-98)%, эмоциональное состояние - 100%, интеллектуальное состояние - 46%, общее состояние - 16%. На контрольной работе от 3.12.19 ученик 7 получил отметку «отлично», расчёт биоритмов представил физическое состояние - (-52)%, эмоциональное состояние - 90%, интеллектуальное состояние - 97%, общее состояние - 45%.

Ученик 8 на контрольной работе от 27.09.19 получил отметку «хорошо». На 27.09.19 расчёт биоритмов представил физическое состояние - (-14)%, эмоциональное состояние - (-90)%, интеллектуальное состояние - (-76)%, общее состояние - (-60)%. На контрольной работе от 7.11.19 ученик 8 получил отметку «хорошо». На 7.11.19 расчёт биоритмов представил физическое состояние - 94%, эмоциональное состояние - 78%, интеллектуальное состояние - (-69)%, общее состояние - 34%. На контрольной работе от 3.12.19 ученик 8 получил отметку «хорошо», расчет биоритмов представил физическое состояние - 40%, эмоциональное состояние - 43%, интеллектуальное состояние - (-87)%, общее состояние - (-1)%.

Ученик 9 на контрольной работе от 27.09.19 получил отметку «хорошо». На 27.09.19 расчет биоритмов представил физическое состояние - 63%, эмоциональное состояние - 90%, интеллектуальное состояние - 46%, общее состояние - 66%. На контрольной работе от 7.11.19 ученик 9 получил отметку «хорошо». На 7.11.19 расчёт биоритмов представил физическое состояние - 89%, эмоциональное состояние - (-97)%, интеллектуальное состояние - (-87)%, общее состояние - (-32)%. На контрольной работе от 3.12.19 ученик 9 получил отметку «удовлетворительно», расчёт биоритмов представил физическое состояние - 94%, эмоциональное состояние - (-97)%, интеллектуальное состояние - 28%, общее состояние - 8%.

Ученик 10 на контрольной работе от 27.09.19 получил отметку «хорошо». На 27.09.19 расчёт биоритмов представил физическое состояние - 52%, эмоциональное состояние - 90%, интеллектуальное состояние - 87%, общее состояние - 76%. На контрольной работе от 7.11.19 ученик 10 получил отметку «отлично». На 7.11.19 расчёт биоритмов представил физическое состояние - (-73)%, эмоциональное состояние - (-97)%, интеллектуальное состояние - (-46)%, общее состояние - (-72)%. На контрольной работе от 3.12.19 ученик 10 получил отметку «отлично», расчет биоритмов представил физическое состояние - 0%, эмоциональное состояние - (-97)%,И-76%, общее состояние - (-7)%.

Ученик 11 на контрольной работе от 27.09.19 получил отметку «хорошо». На 27.09.19 расчёт биоритмов представил физическое состояние - 14%, эмоциональное состояние - 62%, интеллектуальное состояние - (-95)%, общее состояние - (-6)%. На контрольной работе от 7.11.19 ученик 11 получил отметку «хорошо». На 7.11.19 расчёт биоритмов представил физическое состояние - 100%, эмоциональное состояние - (-43)%, интеллектуальное состояние - (-37)%, общее состояние - 6%. На контрольной работе от 3.12.19 ученик 11 получил отметку «хорошо», расчёт биоритмов представил физическое состояние - 63%, эмоциональное состояние - 0%, интеллектуальное состояние - (-99)%, общее состояние - (-12)%.

Ученик 12 на контрольной работе от 27.09.19 получил отметку «хорошо». На 27.09.19 расчёт биоритмов представил физическое состояние - 40%, эмоциональное состояние - 43%, интеллектуальное состояние - 99%, общее состояние - 61%. На контрольной работе от 7.11.19 ученик 12 получил отметку «хорошо». На 7.11.19 расчет биоритмов представил физическое состояние - 98%, эмоциональное состояние - (-62)%, интеллектуальное

состояние - (-10)%, общее состояние - 9%. На контрольной работе от 3.12.19 ученик 12 получил отметку «удовлетворительно», расчёт биоритмов представил физическое состояние - 82%, эмоциональное состояние - (-90)%, интеллектуальное состояние - 95%, общее состояние - 29%.

Ученик 13 на контрольной работе от 27.09.19 получил отметку «хорошо». На 27.09.19 расчёт биоритмов представил физическое состояние -(-94)%, эмоциональное состояние - (-100)%, интеллектуальное состояние - (-37)%, общее состояние - (-97)%. На контрольной работе от 7.11.19 ученик 13 получил отметку «удовлетворительно». На 7.11.19 расчёт биоритмов представил физическое состояние - 14%, эмоциональное состояние - 97%, интеллектуальное состояние - 91%, общее состояние - 67%. На контрольной работе от 3.12.19 ученик 13 получил отметку «хорошо», расчёт биоритмов представил физическое состояние - (-63)%, эмоциональное состояние - 78%, интеллектуальное состояние - (-19)%, общее состояние - (-1)%.

Ученик 14 на контрольной работе от 27.09.19 получил отметку «не удовлетворительно». На 27.09.19 расчёт биоритмов представил физическое состояние - (-40)%, эмоциональное состояние -43%, интеллектуальное состояние - 99%, общее состояние - 34%. На контрольной работе от 7.11.19 ученик 14 получил отметку «хорошо». На 7.11.19 расчёт биоритмов представил физическое состояние - 83%, эмоциональное состояние - (-22)%, интеллектуальное состояние - (-10)%, общее состояние - 17%. На контрольной работе от 3.12.19 ученик 14 получил отметку «хорошо», расчёт биоритмов представил физические состояние - 14%, эмоциональное состояние - 22%, интеллектуальное состояние - 95%, общее состояние - 43%.

Ученик 15 на контрольной работе от 27.09.19 получил отметку «хорошо». На 27.09.19 расчёт биоритмов представил физическое состояние - 100%, эмоциональное состояние - (-43)%, интеллектуальное состояние - (-37)%, общее состояние - 6%. На контрольной работе от 7.11.19 ученик 15 получил отметку «хорошо». На 7.11.19 расчёт биоритмов представил физическое состояние - 27%, эмоциональное состояние - 22%, интеллектуальное состояние - 91%, общее состояние - 47%.На контрольной работе от 3.12.19 ученик 15 получил отметку «удовлетворительно», расчёт биоритмов представил физическое состояние -89%, эмоциональное состояние - (-22)%, интеллектуальное состояние - (-19)%, общее состояние - 16%.

Ученик 16 на контрольной работе от 27.09.19 получил отметку «удовлетворительно». На 27.09.19 расчёт биоритмов представил физическое состояние - (-27)%, эмоциональное состояние - (-97)%, интеллектуальное состояние -(-91)%, общее состояние - (-72)%. На контрольной работе от 7.11.19 ученик 16 получил отметку «хорошо». На 7.11.19 расчёт биоритмов представил физическое состояние - (-100)%, эмоциональное состояние - 100%, интеллектуальное состояние -37%, общее состояние -12%. На контрольной работе от 3.12.19 ученик 16 получил отметку «удовлетворительно», расчёт биоритмов представил физическое состояние - (-73)%, эмоциональное состояние - 90%, интеллектуальное состояние - (-81)%, общее состояние - (-21)%.

Ученик 17 на контрольной работе от 27.09.19 получил отметку «не удовлетворительно». На 27.09.19 расчёт биоритмов представил физическое состояние - (-98)%, эмоциональное состояние - 100%, интеллектуальное состояние - 46%, общее состояние - 16%. На контрольной работе от 7.11.19 ученик 17 получил отметку «удовлетворительно». На 7.11.19 расчёт биоритмов представил физическое состояние - (40)%, эмоциональное состояние - (-97)%, интеллектуальное состояние - (-87)%, общее состояние - (-75)%. На контрольной работе от 3.12.19 ученик 17 получил отметку «удовлетворительно», расчёт биоритмов представил физическое состояние - (-94)%, эмоциональное состояние - (-78)%, интеллектуальное состояние - 28%, общее состояние - (-48)%.

Ученик 18 на контрольной работе от 27.09.19 получил отметку «хорошо». На 27.09.19

расчёт биоритмов представил физическое состояние -89%, эмоциональное состояние - (-97)%, интеллектуальное состояние - 87%, общее состояние -26%. На контрольной работе от 7.11.19 ученик 18 получил отметку «хорошо». На 7.11.19 расчёт биоритмов представил физическое состояние - (-27)%, эмоциональное состояние - 90%, интеллектуальное состояние - (-46)%, общее состояние - 6%. На контрольной работе от 3.12.19 ученик 18 получил отметку «хорошо», расчёт биоритмов представил физическое состояние - 52%, эмоциональное состояние - 62%, интеллектуальное состояние - 76%, общее состояние - 63%.

Ученик 19 на контрольной работе от 27.09.19 получил отметку «удовлетворительно». На 27.09.19 расчёт биоритмов представил физическое состояние - (-100)%, эмоциональное состояние - 22%, интеллектуальное состояние - 54%, общее состояние - (-8)%. На контрольной работе от 7.11.19 ученик 19 получил отметку «удовлетворительно». На 7.11.19 расчёт биоритмов представил физическое состояние - (-14)%, эмоциональное состояние - 0%, интеллектуальное состояние - 87%, общее состояние - 24%. На контрольной работе от 3.12.19 ученик 19 получил отметку «удовлетворительно», расчёт биоритмов представил физическое состояние - (-82)%, эмоциональное состояние - 43%, интеллектуальное состояние - 69%, общее состояние - 10%.

Ученик 20 на контрольной работе от 27.09.19 получил отметку «удовлетворительно». На 27.09.19 расчёт биоритмов представил физическое состояние - (-14)%, эмоциональное состояние - (-62)%, интеллектуальное состояние - (-91)%, общее состояние - (-56)%. На контрольной работе от 7.11.19 ученик 20 получил отметку «удовлетворительно». На 7.11.19 расчёт биоритмов представил физическое состояние - 94%, эмоциональное состояние - 43%, интеллектуальное состояние - 37%, общее состояние - 58%. На контрольной работе от 3.12.19 ученик 20 получил отметку «удовлетворительно», расчёт биоритмов представил физическое состояние - 40%, эмоциональное состояние - 0%, интеллектуальное состояние - (-81)%, общее состояние - (-14)%.

Ученик 21 на контрольной работе от 27.09.19 получил отметку «удовлетворительно». На 27.09.19 расчет биоритмов представил физическое состояние - 14%, эмоциональное состояние - (-78)%, интеллектуальное состояние - (-62)%, общее состояние - (-42)%.На контрольной работе от 7.11.19 ученик 21 получил отметку «не удовлетворительно». На 7.11.19 расчёт биоритмов представил физическое состояние - 100%, эмоциональное состояние - 62%, интеллектуальное состояние - (-81)%, общее состояние - 27%. На контрольной работе от 3.12.19 ученик 21 получил отметку «не удовлетворительно», расчёт биоритмов представил физическое состояние - 63%, эмоциональное состояние - 22%, интеллектуальное состояние - (-76)%, общее состояние - 3%.

Ученик 22 на контрольной работе от 27.09.19 получил отметку «не удовлетворительно». На 27.09.19 расчёт биоритмов представил физическое состояние - (-14)%, эмоциональное состояние - (-43)%, интеллектуальное состояние - 81%, общее состояние - 8%. На контрольной работе от 7.11.19 ученик 22 получил отметку «удовлетворительно». На 7.11.19 расчёт биоритмов представил физическое состояние - 94%, эмоциональное состояние - 22%, интеллектуальное состояние - 62%, общее состояние - 59%. На контрольной работе от 3.12.19 ученик 22 получил отметку «удовлетворительно», расчёт биоритмов представил физическое состояние - 40%, эмоциональное состояние - (-22)%, интеллектуальное состояние - 91%, общее состояние - 36%.

Ученик 23 на контрольной работе от 27.09.19 получил отметку «удовлетворительно». На 27.09.19 расчёт биоритмов представил физическое состояние - 52%, эмоциональное состояние - 62%, интеллектуальное состояние - 81%, общее состояние - 65%. На контрольной работе от 7.11.19 ученик 23 получил отметку «удовлетворительно». На 7.11.19 расчёт биоритмов представил физическое состояние - (-73)%, эмоциональное состояние - (-78)%, интеллектуальное состояние - 62%, общее состояние - (-30)%. На контрольной

работе от 3.12.19 ученик 23 получил отметку «хорошо», расчёт биоритмов представил физическое состояние - 0%, эмоциональное состояние - (-97)%, интеллектуальное состояние - 91%, общее состояние - (-2)%.

Ученик 24 на контрольной работе от 27.09.19 получил отметку «не удовлетворительно». На 27.09.19 расчёт биоритмов представил физическое состояние - (-73)%, эмоциональное состояние -43%, интеллектуальное состояние - (-19)%, общее состояние - (-16)%. На контрольной работе от 7.11.19 ученик 24 получил отметку «удовлетворительно». На 7.11.19 расчёт биоритмов представил физическое состояние - (-82)%, эмоциональное состояние - (-62)%, интеллектуальное состояние - 97%, общее состояние - (-16)%. На контрольной работе от 3.12.19 ученик 24 получил отметку «удовлетворительно», расчёт биоритмов представил физическое состояние - (-98)%, эмоциональное состояние - (-90)%, интеллектуальное состояние - 0%, общее состояние - (-63)%.

Ученик 25 на контрольной работе от 27.09.19 получил отметку «хорошо». На 27.09.19 расчёт биоритмов представил физическое состояние - (-52)%, эмоциональное состояние - 97%, интеллектуальное состояние - (-95)%, общее состояние - (-16)%. На контрольной работе от 7.11.19 ученик 25 получил отметку «хорошо». На 7.11.19 расчёт биоритмов представил физическое состояние - (-94)%, эмоциональное состояние - (-100)%, интеллектуальное состояние - (-37)%, общее состояние - (-57)%. На контрольной работе от 3.12.19 ученик 25 получил отметку «удовлетворительно», расчёт биоритмов представил физическое состояние - (-89)%, эмоциональное состояние - (-90)%, интеллектуальное состояние - (-99)%, общее состояние - (-93)%.

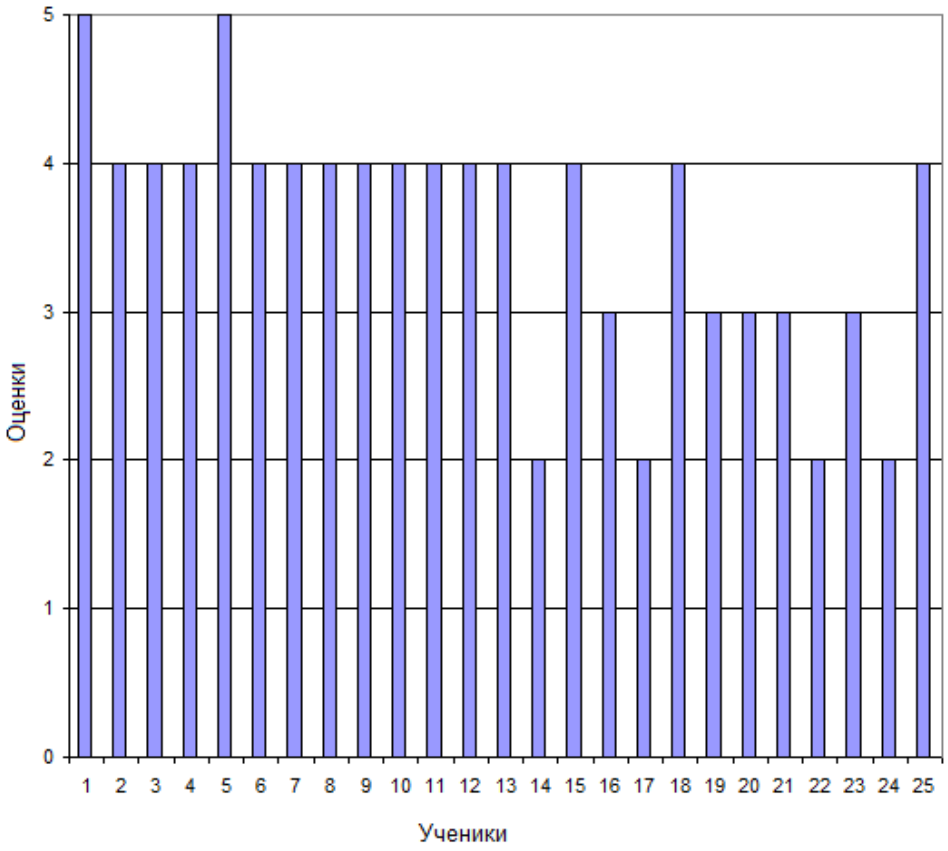


Рис. 10. Гистограмма распределения оценок на контрольной работе 1 от 27.09.2019 учеников 11 Б класса из экспериментальной группы.

На рис. 10 изображена гистограмма распределения оценок на контрольной работе 1 от 27.09.2019 учеников 11 Б класса из экспериментальной группы.

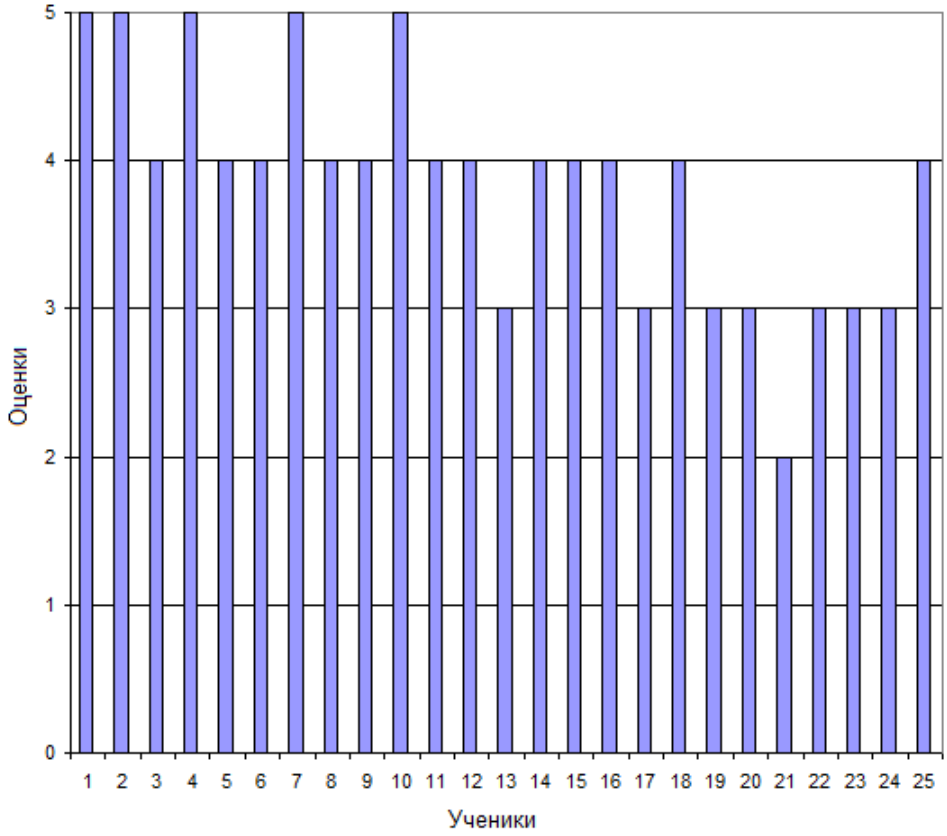


Рис. 11. Гистограмма распределения оценок на контрольной работе 2 от 7.11.2019 учеников 11 Б класса из экспериментальной группы.

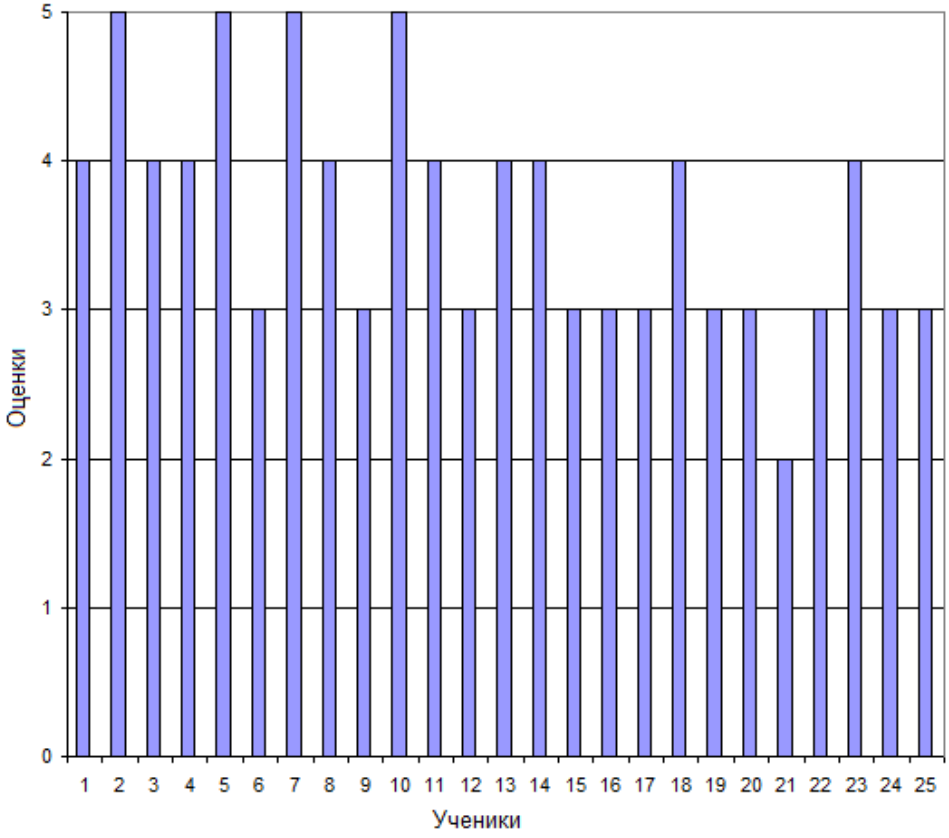


Рис. 12. Гистограмма распределения оценок на контрольной работе 3 от 3.12.2019 учеников 11 Б класса из экспериментальной группы.

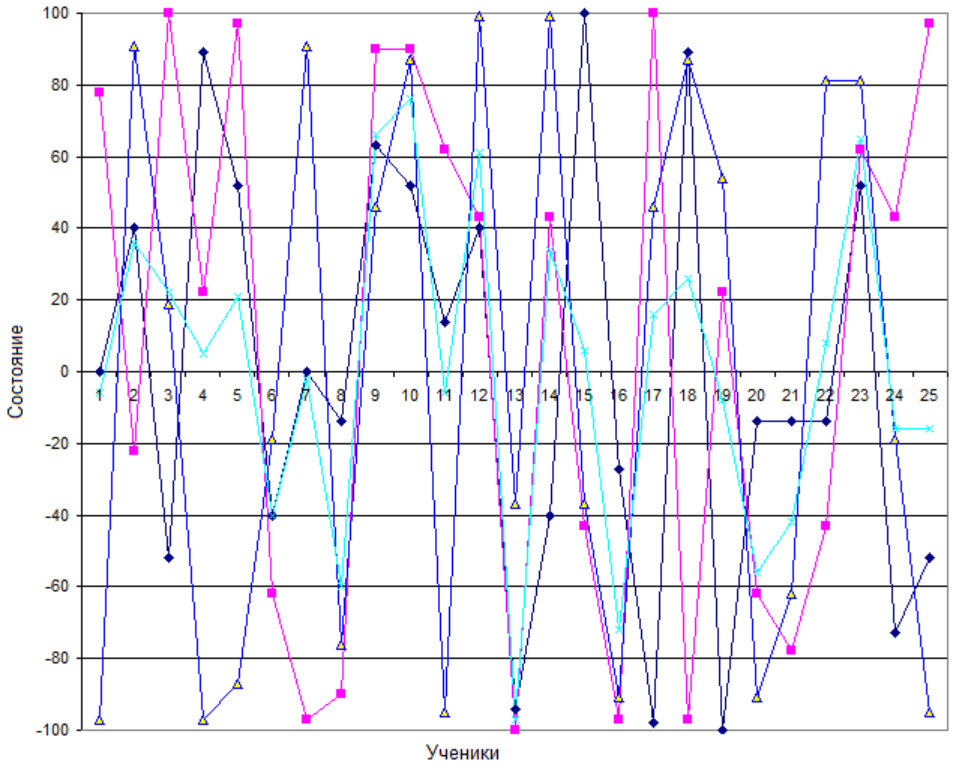


Рис. 13. Графики физического, эмоционального, интеллектуального и общего состояния учеников 11 Б класса из экспериментальной группы во время контрольной работы 1 от 27.09.2019.

На рис. 11 изображена гистограмма распределения оценок на контрольной работе 2 от 7.11.2019 учеников 11 Б класса из экспериментальной группы. На рис. 12 изображена гистограмма распределения оценок на контрольной работе 2 от 3.12.2019 учеников 11 Б класса из экспериментальной группы. На рис. 13 изображены графики физического, эмоционального, интеллектуального и общего состояния учеников 11 Б класса из экспериментальной группы во время контрольной работы 1 от 27.09.2019, рассчитанные по формулам расчёта биоритмов.

На рис. 14 изображены графики физического, эмоционального, интеллектуального и общего состояния учеников 11 Б класса из экспериментальной группы во время контрольной работы 2 от 7.11.2019, рассчитанные по формулам расчёта биоритмов.

На рис. 15 изображены графики физического, эмоционального, интеллектуального и общего состояния учеников 11 Б класса из экспериментальной группы во время контрольной работы 3 от 3.12.2019, рассчитанные по формулам расчёта биоритмов.

По результатам сопоставления биоритмов с результатами контрольных работ учащихся экспериментальной группы можно сделать вывод, что влияние биоритмов интеллектуального и общего состояния сказывается на результатах написания контрольных работ по физике.

Заключение

Система олимпиадных задач по физике направлена на практическую реализацию одной из приоритетных задач современного школьного образования по физике, которая становится ключевым элементом в процессе обучения физике. При этом важным оказывается не только последовательная реализация стандартных методов углубленной подготовки по физике, но и развитие олимпиадной подготовки учащихся по физике, необходимой не только для успешного поступления в ведущие вузы, но и успешного обу-

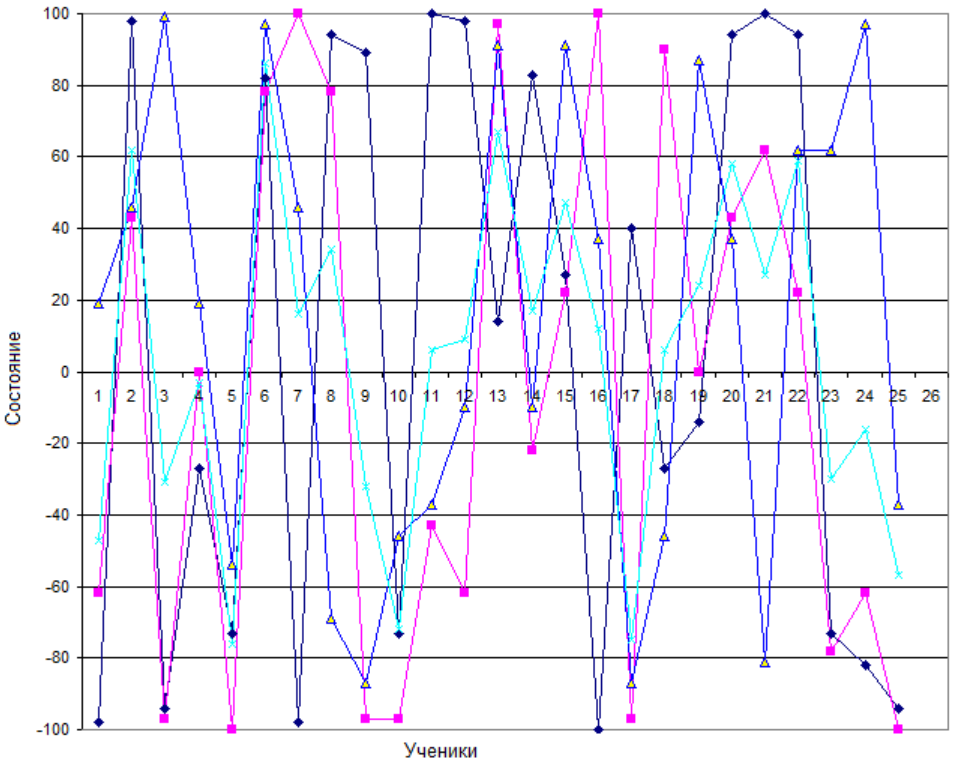


Рис. 14. Графики физического, эмоционального, интеллектуального и общего состояния учеников 11 Б класса из экспериментальной группы во время контрольной работы 2 от 7.11.2019.

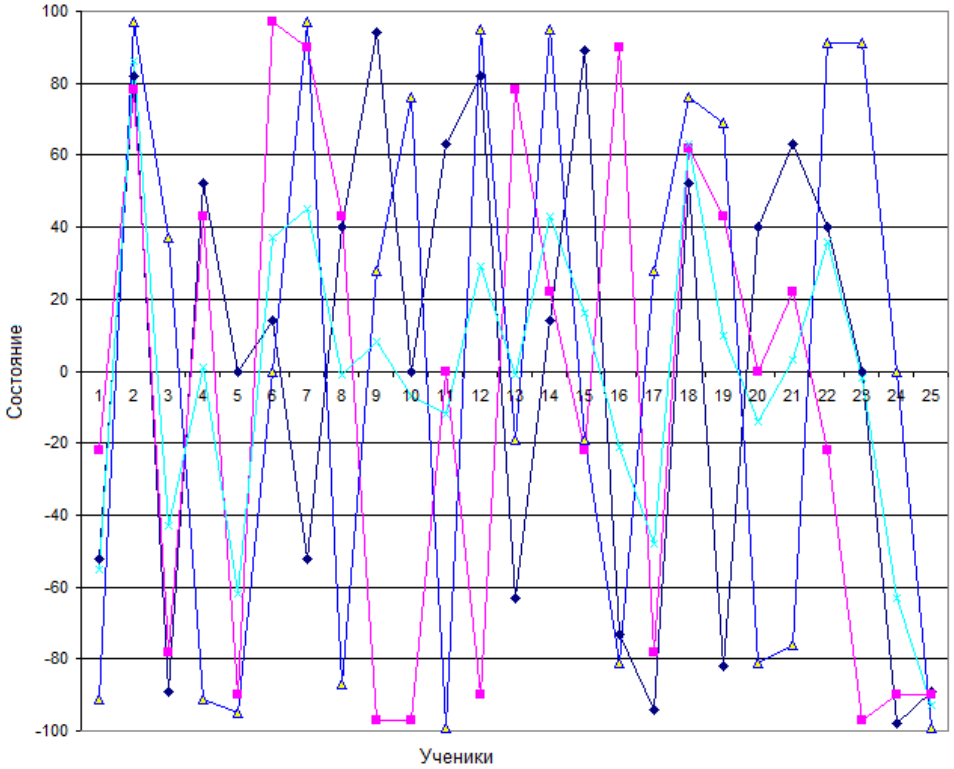


Рис. 15. Графики физического, эмоционального, интеллектуального и общего состояния учеников 11 Б класса из экспериментальной группы во время контрольной работы 3 от 3.12.2019.

чения в вузах и становления будущего специалиста в области физики. Значение работы с одарёнными учащимися трудно переоценить в связи с характерными особенностями в социально-экономическом развитии страны в настоящее время, приводящими к острой необходимости подготовки специалистов самого высокого уровня в области физики.

В процессе выполнения работы была создана система задач и заданий для подготовки к олимпиадам по физике учащихся 11 классов. В результате выполнения самостоятельной части работы создан электронный образовательный ресурс по решению олимпиадных задач по физике. В ходе выполнения работы проведён педагогический эксперимент, который показал эффективность системы подготовки учащихся к олимпиадам по физике.

В результате педагогического эксперимента показано, что разработанная система олимпиадных задач по физике позволяет проводить эффективную подготовку к решению олимпиадных задач по физике.

Подготовка в традиционной форме, которая организована систематически и планомерно, в сочетании с использованием информационных технологий в виде дистанционного курса по олимпиадным задачам по физике позволяет организовать эффективную подготовку одарённых учащихся к олимпиадам по физике. Систематическая подготовка по физике, организованная в традиционной форме, в сочетании с использованием информационных компьютерных технологий в виде электронного образовательного ресурса по решению олимпиадных задач по физике позволяет организовать эффективную подготовку к олимпиадам по физике различного уровня.

Гипотеза исследования, состоящая в том, что если использовать систему олимпиадных задач по физике в систематически организованной подготовке в традиционной форме в сочетании с использованием информационных технологий в виде дистанционного курса, то можно создать эффективную систему подготовки к олимпиадам по физике, подтверждена полностью.

Список использованных источников

1. Каменецкий С. Е., Орехов В. П. Методика решения задач по физике в средней школе. Пособие для учителей. — Москва : Просвещение, 1971. — 448 с.

2. Каменецкий С. Е., Солодухин Н. А. Модели и аналогии в курсе средней школы: пособие для учителей. — Москва : Просвещение, 1982. — 96 с.

3. Орехов В. П., Усова А. В. Методика преподавания физики в 8-10 классах средней школы. Часть 2. — Москва : Просвещение, 1980. — 350 с.

4. Резников Л. И., Шамаш С. Я., Эвенчик Э. Е. Методика преподавания физики в средней школе : механика : пособие для учителей. — Москва : Просвещение, 1974. — 238 с.

5. Шаповалов А. А. Размышления при решении физических задач. — Барнаул : Издательство БГПУ, 2001. — 150 с.

6. Разумовский В. Г., Браверман Э. М. Урок физики в современной школе (творческий поиск учителя). — Москва : Просвещение, 1993. — 288 с.

7. Елизаров К. Н. Вопросы методики преподавания физики в средней школе : пособие для учителей. — Москва : Учпедгиз, 1962. — 240 с.

8. Абросимов Б. Ф. Способы и методы поиска решения задач: учебно-методическое пособие. — Москва : Экзамен, 2006. — 287 с.

9. Дегтярев С. Н. Креативные методы и эвристические приёмы решения физических задач. — Тюмень : ТОГИРРО, 2009. — 28 с.

10. Красин М. С. Решение сложных и нестандартных задач по физике. Эвристические приёмы поиска решений. — Москва : ИЛЕКСА, 2008. — 360 с.

11. Красин М. С. Система эвристических приёмов решения задач по физике. Теория, методика, примеры: учебно-методическое пособие. — Калуга : Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского, 2009. — 147 с. — ISBN: 978-5-88725-176-9.

12. Ильясов И. И. Система эвристических приёмов решения задач. — Москва : Издательство Российского открытого университета, 1992. — 138 с.

13. Козырева Н. А. Педагогическое сопровождение одарённых детей // Успехи современного естествознания. — 2004. — № 5. — С. 55–58.

14. Бордовская Н. В. Педагогика. — СПб. : Питер, 2000. — 401 с.

15. Латынина Д. Н. История педагогики. Воспитание и образование в России. — Москва : Издательский дом «Форум», 2008. — 315 с.

16. Сластенин В. А. Педагогика. — Москва : Школа-Пресс, 2009. — 512 с.

17. Харламов И. Ф. Педагогика. — Москва : Высшая школа, 2000. — 356 с.

18. Балаш В. А. Задачи по физике и методы их решения. — Москва : Просвещение, 1983. — 434 с.

19. Кокин В. А. Система задач по физике // Вестник Поволжской государственной социально-гуманитарной академии. — 2012. — № 7. — С. 272–278.

20. Лазарев А. Н., Кузько А. Е., Дремов Е. Н. Компьютерная интерактивная система решения задач по физике // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Лингвистика и педагогика. — 2013. — № 1. — С. 114–121.

21. Усова А. В., Бобров А. А. Формирование учебных умений и навыков учащихся на уроках физики. — Москва : Просвещение, 1988. — 111 с.

22. Алтунин К. К., Лушникова Ю. О., Назарова Т. В. Электронный курс по олимпиадным задачам по физике // В сборнике: Актуальные вопросы преподавания технических дисциплин. Материалы Всероссийской научно-практической конференции. — 2018. — С. 6–8.

23. Алтунин К. К., Лушникова Ю. О., Назарова Т. В. Электронный курс по олимпиадным задачам по физике // Наука online. — 2018. — № 2 (3). — С. 53–69.

Сведения об авторах:

Татьяна Валерьевна Галоватюк — магистрант факультета физико-математического и технологического образования ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный педагогический университет имени И. Н. Ульянова», учитель физики и математики МБОУ г. Ульяновска «Средняя школы № 85», 432066, Ульяновск, Россия.

E-mail: nazarowa.tanja@yandex.ru

ORCID iD 0000-0003-4222-067X

Web of Science ResearcherID AAZ-8100-2020

Implementation of the system of Olympiad problems in physics at school

T. V. Galovatyuk

Ulyanovsk State Pedagogical University, 432071, Ulyanovsk, Russia,

Submitted June 20, 2020
Resubmitted September 27, 2020
Published October 10, 2020

Abstract. In the process of performing the work, a system of tasks and assignments was introduced to prepare students for the physics Olympiads in grade 11. For information support of the preparation process for the Olympiads in physics, an electronic educational resource was used to solve Olympiad problems in physics. In the course of the work, a pedagogical experiment was carried out, which showed the effectiveness of the system of preparing students for Olympiads in physics. As a result of the pedagogical experiment, it is shown that the developed system of Olympiad problems in physics allows for effective preparation for solving Olympiad problems in physics.

Keywords: physics, physics education, Olympiad problems in physics, student training system, physics problem system, pedagogical experiment

References

1. Kamenetsky S. E., Orekhov V. P. Methodology for solving problems in physics in high school. Teacher's Guide. — Moscow : Education, 1971. — 448 p.
2. Kamenetsky S. E., Solodukhin N. A. Models and Analogies in High School Course: A Manual for Teachers. — Moscow : Education, 1982. — 96 p.
3. Orekhov V. P., Usova A. V. Methods of teaching physics in grades 8-10 of secondary school. Part 2. — Moscow : Education, 1980. — 350 p.
4. Reznikov L. I., Shamash S. Ya., Evenchik E. E. Methods of teaching physics in high school: mechanics: a manual for teachers. — Moscow : Education, 1974. — 238 p.
5. Shapovalov A. A. Reflections when solving physics problems. — Barnaul : BSPU Publishing House, 2001. — 150 p.
6. Razumovsky V. G., Braverman E. M. A physics lesson in a modern school (creative search for a teacher). — Moscow : Education, 1993. — 288 p.
7. Elizarov K. N. Questions of methods of teaching physics in secondary school: a guide for teachers. — Moscow, publisher = Uchpedgiz, year = 1962, numpages = 240, language = english.
8. Abrosimov B. F. Methods and methods of finding solutions to problems: teaching aid. — Moscow : Exam, 2006. — 287 p.
9. Degtyarev S. N. Creative Methods and Heuristic Techniques for Solving Physics Problems. — Tyumen : TOGIRRO, 2009. — 28 p.
10. Krasin M. S. Solution of complex and non-standard problems in physics. Heuristic techniques for finding solutions. — Moscow : ILEXA, 2008. — 360 p.

11. Krasin M. S. System of heuristic methods for solving problems in physics. Theory, methodology, examples: study guide. — Kaluga : Kaluga State University named after K. E. Tsiolkovsky, 2009. — 147 p.

12. Ilyasov I. I. A system of heuristic methods for solving problems. — Moscow : Publishing House of the Russian Open University, 1992. — 138 p.

13. Kozyreva N. A. Pedagogical support for gifted children // Achievements of modern natural science. — 2004. — no. 5. — P. 55–58.

14. Bordovskaya N. V. Pedagogy. — Saint Petersburg : Peter, 2000. — 401 p.

15. Latynina D. N. History of Pedagogy. Upbringing and education in Russia. — Moscow : Publishing house "Forum", 2008. — 315 p.

16. Slastenin V. A. Pedagogy. — Moscow : School-Press, 2009. — 512 p.

17. Kharlamov I. F. Pedagogy. — Moscow : High School, 2000. — 356 p.

18. Balash V. A. Problems in physics and methods of solving them. — Moscow : Education, 1983. — 434 p.

19. Kokin V. A. System of problems in physics // Bulletin of the Volga State Social and Humanitarian Academy. — 2012. — no. 7. — P. 272–278.

20. Lazarev A. N., Kuzko A. E., Dremov E. N. Computer interactive system for solving problems in physics // Bulletin of the Southwestern State University. Series: Linguistics and Pedagogy. — 2013. — no. 1. — P. 114–121.

21. Usova A. V., Bobrov A. A. Formation of educational abilities and skills of students in physics lessons. — Moscow : Education, 1988. — 111 p.

22. Altunin K. K., Lushnikova Yu. O., Nazarova T. V. Electronic course on Olympiad problems in physics // In the proceedings: Topical issues of teaching technical disciplines. Materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference. — 2018. — P. 6–8.

23. Altunin K. K., Lushnikova Yu. O., Nazarova T. V. Electronic course on Olympiad problems in physics // Science online: electronic scientific journal. — 2018. — no. 2 (3). — P. 53–69.

Information about authors:

Tatiana Valerievna Galovatyuk — Master's student of the Faculty of Physics, Mathematics and Technological Education of the Ulyanovsk State Pedagogical University, teacher of physics and mathematics at MBOU Ulyanovsk "Secondary School No. 85", 432066, Ulyanovsk, Russia.

E-mail: nazarowa.tanja@yandex.ru

ORCID iD 0000-0003-4222-067X

Web of Science ResearcherID AAZ-8100-2020

УДК 535.3
ББК 22.343
ГРНТИ 29.31.21
ВАК 01.04.05

Исследование распространения поверхностного плазмон-поляритона на границе раздела нанокомпозитов

К. К. Алтунин, Е. Е. Волкова, О. В. Тырлышкина [1]

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ульяновский государственный педагогический университет имени И. Н. Ульянова», 432071, Ульяновск, Россия

Поступила в редакцию 28 августа 2020 года
После переработки 28 сентября 2020 года
Опубликована 10 октября 2020 года

Аннотация. Исследованы физические характеристики процесса распространения поверхностного плазмон-поляритона на границе раздела нанокомпозитов.

Ключевые слова: оптика, плазмон, поляритон, диэлектрик, нанокомпозит, нанокомпозитная среда, наночастица, поверхностный плазмон-поляритон, оптическое излучение

Введение

Работа посвящена исследованию оптических свойств наноплазмонных материалов, содержащих наноразмерные включения из металлических наночастиц. Актуальность работы обусловлена необходимостью увеличения эффективности управления оптическим излучением и поверхностными плазмон–поляритонами, связанной с развитием современных технологий нанофотоники и наноплазмоники. В большинстве практически значимых случаев важной является возможность управления оптическими свойствами плазмонных структур, например, их коэффициентами отражения и прохождения. К настоящему времени предложено значительное количество методов такого активного управления посредством внешнего воздействия.

Целью исследования является теоретическое описание процесса распространения поверхностных плазмон-поляритонов на границе раздела диэлектрической среда с прозрачной нанокомпозитной средой, содержащей металлические наночастицы.

Задачей работы является создание теоретической модели и проведение численных расчётов физических характеристик процесса распространения поверхностного плазмон-поляритона на границе раздела диэлектрической среды и прозрачного нанокомпозита при выполнении условий распространения поверхностного плазмон-поляритона на границе раздела сред.

Объектом исследования является явление распространение поверхностных плазмон-поляритонов на границе раздела диэлектрической среды с прозрачной нанокомпозитной средой, содержащей металлические наночастицы.

Предметом исследования совокупность оптических процессов распространения поверхностных плазмон-поляритонов на границе раздела с нанокомпозитной средой.

[1] E-mail: olya.t1308@gmail.com

Методами исследования являются теоретические и численные методы современной оптики для сред из наноплазмонных материалов.

В оптическом диапазоне частот металл ведёт себя как плазма твёрдого тела, образованного электронами с плазменной частотой в ультрафиолетовой области, поэтому многие металлы в этом диапазоне можно представить как диэлектрик с комплексной диэлектрической проницаемостью и сильной дисперсией. Плазмоном представляет собой квазичастицу на поверхности материала, состоящую из облака свободных электронов, колеблющихся с частотой, близкой к частоте колебаний светового излучения. В таком случае на границе металл с диэлектриком может распространяться поверхностная электромагнитная волна, называемая поверхностным плазмон-поляритоном.

В основе теоретического описания взаимодействия наноплазмонной среды с внешними оптическими полями лежит физическая задача о взаимодействии электрического диполя, находящегося вблизи границы раздела сред, с электромагнитным полем внешней оптической волны. Данная задача находит применение в описании фотонных метаматериалов в условиях возбуждения поверхностных плазмон-поляритонов. Теоретическая модель работы сводится к вычисления силовых и энергетических характеристик физического процесса распространения поверхностного плазмон-поляритона на границе раздела с нанокомпозитной средой. Описание закономерностей взаимодействия оптического излучения с нанокомпозитной средой строится на основе вычисления и усреднения компонент вектора Умова–Пойнтинга для поверхностного плазмон-поляритона, распространяющегося на границе раздела с нанокомпозитной средой.

Обзор наноплазмонных процессов

Взаимодействие оптического излучения с атомами поверхности твёрдого тела удобно описывать в рамках представления о рождении и уничтожении квазичастиц. Причём присутствие проводящих поверхностей влияет на излучательные и безызлучательные квантовые переходы в наносистемах [1, 2].

Для существования поверхностных плазмонов одна из диэлектрических функций должна быть отрицательной и по абсолютной величине превосходить другую диэлектрическую функцию. Поверхностный плазмон может существовать только в области тех частот, где диэлектрическая проницаемость одной из сред отрицательна, то есть на границе раздела «металл–диэлектрик».

Технический приём, позволяющий использовать поверхностные плазмоны в оптике, основан на использовании полного внутреннего отражения. При полном внутреннем отражении вдоль отражающей свет поверхности распространяется электромагнитная волна, скорость которой и зависит от угла падения. Если при определённом угле падения скорость этой волны совпадет со скоростью поверхностного плазмона на поверхности металла, то условия полного внутреннего отражения нарушатся, и отражение перестанет быть полным, возникнет поверхностный плазмонный резонанс.

В наноразмерных металлических системах происходит модификация коллективных электронных возбуждений. Коллективное электронное возбуждение металлических наночастиц, размер которых меньше длины волны электромагнитного излучения в окружающей среде – локализованный поверхностный плазмон, – колеблется на частоте, меньшей частоты объёмного плазмона в $\sqrt{3}$ раз, тогда как частота поверхностного плазмона примерно в $\sqrt{2}$ раз меньше, чем частота объёмного плазмона. При совпадении частоты внешнего поля с частотой локализованного поверхностного плазмона возникает резонанс, приводящий к резкому усилению поля на поверхности частицы и увеличению сечения поглощения.

Работа [3] посвящена описанию физического процесса распространению поверхностных плазмон-поляритонов с помощью оптического параметрического усиления в смо-

делированном нелинейном гибридном плазмонном волноводе. Поверхностные плазмон-поляритоны, как электромагнитные волны, локализованные на поверхности металла, обладают уникальными свойствами ограничивать энергию в масштабе субволны, которые является для будущего фотонного слияния. Тем не менее, серьезное поглощение металлом сильно влияет на расстояние распространения. На самом деле, потери поверхностных плазмон-поляритонов могут быть компенсированы оптическим параметрическим усилением в нелинейной среде, следовательно, и потери при распространении и эффективность перехода также могут быть минимизированы. Показывается, что на основе нелинейных эффектов, длина распространения поверхностных плазмон-поляритонов и эффективность перехода значительно улучшаются и могут также непосредственно зависеть от параметров структуры и начальной интенсивности волн.

Теоретическая модель распространения плазмон-поляритона

Рассмотрим основные характеристики физического процесса распространения плазмон-поляритона на поверхности среды из наноплазмонного материала.

Запишем формулы для диэлектрических проницаемостей композитных сред, содержащих наноразмерные включения, и константу распространения поверхностного плазмон-поляритона будем считать комплексными величинами, тогда

$$\varepsilon_1 = \varepsilon_1' + i\varepsilon_1'' \,, \tag{1}$$

$$\varepsilon_2 = \varepsilon_2' + i\varepsilon_2'' \,, \tag{2}$$

где i – мнимая единица. Причём изначально в нашем рассмотрении эффективной среды из наноплазмонного материала будем предполагать, что эффективные диэлектрические проницаемости нанокомпозитных сред и константа распространения поверхностного плазмон-поляритона являются комплексными функциями от длины волны внешней оптической волны.

Определим комплексную константу распространения поверхностного плазмон-поляритона на границе раздела двух сред посредством следующего выражения

$$\beta = \beta' + i\beta'' = k_0 \sqrt{\frac{\varepsilon_2^2 n_1^2 - \varepsilon_1^2 n_2^2}{\varepsilon_2^2 - \varepsilon_1^2}} \,, \tag{3}$$

где $k_0 = \omega/c$ – волновое число для электромагнитной волны в вакууме.

В случае сплошной оптической среды в немагнитном приближении после преобразований соответствующих выражений и возведения в квадрат формулы (1), получим выражение квадрата константы распространения поверхностного плазмон-поляритона, распространяющегося на границе раздела двух сред:

$$\beta^2 = k_0^2 \frac{\varepsilon_1 \varepsilon_2}{\varepsilon_1 + \varepsilon_2} \,. \tag{4}$$

Путём выделения действительной и мнимой частей из выражения (3) для константы распространения поверхностного плазмон-поляритона на границе раздела двух сред, получим

$$\beta' = \frac{\omega}{c} \sqrt{\frac{\varepsilon_1' \varepsilon_2'}{\varepsilon_1' + \varepsilon_2'}} \,, \tag{5}$$

$$\beta'' \approx \frac{\omega}{c} \sqrt{\frac{\varepsilon_1' \varepsilon_2'}{\varepsilon_1' + \varepsilon_2'}} \frac{\varepsilon_1' \varepsilon_2''}{2\varepsilon_2' \left(\varepsilon_1' + \varepsilon_2'\right)} \,, \tag{6}$$

при выполнении следующего условия для модулей действительной и мнимой частей диэлектрических проницаемостей

$$|\varepsilon_2''| \ll |\varepsilon_2'| \ . \tag{7}$$

Поперечные компоненты волнового вектора поверхностного плазмон-поляритона, распространяющегося вдоль границы раздела двух сред, оказываются связанными соотношением

$$\frac{q_1}{\varepsilon_1} + \frac{q_2}{\varepsilon_2} = 0 \ , \tag{8}$$

где величины волновых чисел q_j даются выражениями:

$$q_j = \sqrt{\beta^2 - k_0^2 \varepsilon_j \mu_j} \ , \tag{9}$$

$k_0 = \omega/c$ — волновое число в вакууме.

Эффективная длина затухания полей вдоль координатных осей определяется величинами

$$d_j = \frac{1}{q_j'} \ , \quad \ell = \frac{1}{\beta''} \ . \tag{10}$$

Таким образом, глубина проникновения поверхностной волны в среду определяется q_j', а ℓ есть ни что иное, как длина распространения поверхностных плазмон-поляритонов вдоль границы раздела.

Введём энергетические характеристики поверхностного плазмон-поляритона на границе нанокомпозитных сред. Согласно определению потока энергии электромагнитной волны имеем выражение:

$$\mathbf{S} = [\mathrm{Re}\,\mathbf{E},\ \mathrm{Re}\,\mathbf{H}] = \frac{1}{4}\left[\mathbf{E} + \mathbf{E}^*,\ \mathbf{H} + \mathbf{H}^*\right] \ , \tag{11}$$

отсюда для среднего по времени значения

$$\langle \mathbf{S} \rangle = \frac{1}{4}\left\{[\mathbf{E},\ \mathbf{H}^*] + [\mathbf{E}^*,\ \mathbf{H}]\right\} \ . \tag{12}$$

Вычислим для поля поверхностных плазмон-поляритонов, усреднённого по времени, вектор Умова–Пойнтинга

$$\langle \mathbf{S}\,(x,z) \rangle = \frac{1}{2}\,\mathrm{Re}\,[\mathbf{E}, \mathbf{H}^*] \ , \tag{13}$$

определяющий плотность потока энергии волны [4].

В общем случае вектор $\langle \mathbf{S}\,(x,z) \rangle$ имеет как продольную, так и поперечную составляющую. Будем находить плотность потока энергии электромагнитной волны, распространяющейся вдоль оси x. С учётом координатной зависимости компонент волнового поля (12) x и z координаты (продольная и поперечная составляющие соответственно) вектора Умова–Пойнтинга представляется следующим образом:

$$\langle S_x\,(x,z) \rangle = -\frac{S_0\,(x)}{k_0} \begin{cases} \mathrm{Re}\left(\frac{q_1}{\varepsilon_1}\right) \exp\left(-2q_1' z\right), & z > 0, \\ \mathrm{Re}\left(\frac{q_2}{\varepsilon_2}\right) \exp\left(2q_2' z\right), & z < 0, \end{cases} \tag{14}$$

$$\langle S_z\,(x,z) \rangle = \frac{S_0\,(x)}{k_0} \begin{cases} \mathrm{Re}\left(\frac{\beta}{\varepsilon_1}\right) \exp\left(-2q_1' z\right), & z > 0, \\ \mathrm{Re}\left(\frac{\beta}{\varepsilon_2}\right) \exp\left(2q_2' z\right), & z < 0, \end{cases} \tag{15}$$

где введено обозначение

$$S_0(x) = \frac{1}{4}|H_0|^2 \exp\{(-2\beta'' x)\} . \tag{16}$$

Величина $H_0 = H_{1y}(z=0) = H_{2y}(z=0)$ является амплитудой напряжённости магнитного поля поверхностных плазмон-поляритонов.

Затем в выражениях (14) и (15) выделим действительные части из отношений q_j/ε_j и β/ε_j. Выполнения процедуру вычисления действительных частей q_j/ε_j и β/ε_j, получим

$$\langle S_x(x,z)\rangle = -\frac{S_0(x)}{k_0}\begin{cases} \frac{\beta'\varepsilon_1' + \beta''\varepsilon_1''}{|\varepsilon_1|^2}\exp(2q_1' z), & z<0, \\ \frac{\beta'\varepsilon_2' + \beta''\varepsilon_2''}{|\varepsilon_2|^2}\exp(-2q_2' z), & z>0, \end{cases} \tag{17}$$

$$\langle S_z(x,z)\rangle = \frac{S_0(x)}{k_0}\begin{cases} \frac{q_1'\varepsilon_1'' - q_1''\varepsilon_1'}{|\varepsilon_1|^2}\exp(2q_1' z), & z<0, \\ \frac{q_2''\varepsilon_2' - q_2'\varepsilon_2''}{|\varepsilon_2|^2}\exp(-2q_2' z), & z>0, \end{cases} \tag{18}$$

где под величинами ε_1 и ε_2 понимаются эффективные диэлектрические проницаемости сред 1 и 2 соответственно. При помощи интегрирования выражений (17) и (18) найдём плотность потока энергии поверхностного плазмон-поляритона.

$$p_x(x) = \frac{S_0(x)}{k_0}\left(\frac{1}{q_1'}\operatorname{Re}\left(\frac{q_1}{\varepsilon_1}\right) + \frac{1}{q_2'}\operatorname{Re}\left(\frac{q_2}{\varepsilon_2}\right)\right) , \tag{19}$$

$$p_z(x) = \frac{S_0(x)}{k_0}\left(\frac{1}{q_1'}\operatorname{Re}\left(\frac{\beta}{\varepsilon_1}\right) + \frac{1}{q_2'}\operatorname{Re}\left(\frac{\beta}{\varepsilon_2}\right)\right) . \tag{20}$$

Предложенная теоретическая модель позволяет рассчитывать силовые и энергетические характеристики поверхностных плазмон-поляритонов на границе раздела с нанокомпозитной средой, находящейся во внешнем поле оптического излучения.

В работе решается задача о нахождении области оптимальных значений действительных проницаемостей материалов для распространения поверхностных плазмон-поляритонов на границе раздела нанокомпозитных сред. Рассмотрим физический процесс формирования и распространения поверхностного плазмон-поляритона на границе раздела двух сред. В качестве возможных сред могут быть рассмотрены комбинации различных сред. Например, могут рассматриваться такие парные комбинации сред на границе раздела, как диэлектрик и металл, нанокомпозит и металл, нанокомпозит и нанокомпозит, диэлектрик и метаматериал, метаматериал и метаматериал.

Состояния поверхностных плазмон-поляритонов на границе раздела диэлектрика и металла реализуются для ТМ-волн при выполнении условия [4]:

$$\frac{q_1}{\varepsilon_1} + \frac{q_2}{\varepsilon_2} = 0 , \tag{21}$$

где величины волновых векторов q_1, q_2 в каждой среде на границе раздела диэлектрика и металла даются выражениями

$$q_1 = \sqrt{\beta^2 - k_0^2\varepsilon_1} , \tag{22}$$

$$q_2 = \sqrt{\beta^2 - k_0^2\varepsilon_2} , \tag{23}$$

где волновое число волны в вакууме $k_0 = \omega/c$.

Из дисперсионного соотношения (21) с учётом выражений волновых векторов может быть найдена константа распространения поверхностного плазмон-поляритона на границе раздела диэлектрика и металла

$$\beta = k_0\sqrt{\frac{\varepsilon_1\varepsilon_2}{\varepsilon_1 + \varepsilon_2}} . \tag{24}$$

Для реализации распространения поверхностного плазмон-поляритона на границе раздела диэлектрика и металла необходимо выполнение следующих условий для диэлектрических проницаемостей обрамляющих сред:

$$\begin{cases} \varepsilon_1\varepsilon_2 < 0 \,, \\ \varepsilon_1 + \varepsilon_2 < 0 \,. \end{cases} \tag{25}$$

В качестве диэлектрической среды, а также нанокомпозитной матрицы нанокомпозитов будет выбирать полиметилметакрилат с зависимостью диэлектрической проницаемости от длины волны, определяемой по формуле [5]:

$$\varepsilon_{PMMA} = 1 + \frac{1.1819\lambda^2}{\lambda^2 - 0.011313} \,, \tag{26}$$

в которой длина волны λ берётся в микрометрах. Тогда диэлектрические проницаемости матриц нанокомпозитных сред равны $\varepsilon_{m1} = \varepsilon_{m2} = \varepsilon_{PMMA}$.

Коэффициенты затухания находятся по формулам:

$$\gamma_{1e} = \gamma_{01e} + (0.71 + (1 - f_1)\, 0.31)\, \frac{v_F}{a_1} \,, \tag{27}$$

$$\gamma_{2e} = \gamma_{02e} + (0.71 + (1 - f_2)\, 0.31)\, \frac{v_F}{a_2} \,, \tag{28}$$

$$\gamma_{1m} = \gamma_{01m} + (0.71 + (1 - f_1)\, 0.31)\, \frac{v_F}{a_1} \,, \tag{29}$$

$$\gamma_{2m} = \gamma_{02m} + (0.71 + (1 - f_2)\, 0.31)\, \frac{v_F}{a_2} \,, \tag{30}$$

В качестве начальных данных для расчётной части возьмём $\varepsilon_{10} = 5.266$, $\varepsilon_{20} = 1.8476$, $\mu_{10} = 1.0$, $\mu_{20} = 1.0$, $\gamma_{01e} = 3.03 \cdot 10^{13}\,\text{с}^{-1}$, $\gamma_{02e} = 3.01 \cdot 10^{13}\,\text{с}^{-1}$, $\gamma_{01m} = 2.27 \cdot 10^{13}\,\text{с}^{-1}$, $\gamma_{02m} = 2.094 \cdot 10^{13}\,\text{с}^{-1}$ для границы раздела сред.

Будем использовать формулы смешения

$$\varepsilon_{r1} = \varepsilon_1' + i\varepsilon_1'' = \varepsilon_1' + i\frac{\gamma_1}{\omega}\left(\varepsilon_{10} - \varepsilon_1'\right) \,, \tag{31}$$

$$\varepsilon_{r2} = \varepsilon_2' + i\varepsilon_2'' = \varepsilon_2' + i\frac{\gamma_2}{\omega}\left(\varepsilon_{20} - \varepsilon_2'\right) \,, \tag{32}$$

$$\mu_{r1} = \mu_1' + i\mu_1'' = \mu_1' + i\frac{\gamma_3}{\omega}\left(\mu_{10} - \mu_1'\right) \,, \tag{33}$$

$$\mu_{r2} = \mu_2' + i\mu_2'' = \mu_2' + i\frac{\gamma_4}{\omega}\left(\mu_{20} - \mu_2'\right) \,. \tag{34}$$

Для нанокомпозитных сред, находящихся на границе раздела сред, будем использовать следующие формулы смешения:

$$\varepsilon_1 = f_1\varepsilon_{r1} + (1 - f_1)\,\varepsilon_{m1} \,, \tag{35}$$

$$\varepsilon_2 = f_2\varepsilon_{r2} + (1 - f_2)\,\varepsilon_{m2} \,, \tag{36}$$

$$\mu_1 = f_1\mu_{r1} + (1 - f_1)\,\mu_{m1} \,, \tag{37}$$

$$\mu_2 = f_2\mu_{r2} + (1 - f_2)\,\mu_{m2} \,, \tag{38}$$

где f_1, f_2 – факторы заполнения сред металлическими наночастицами.

Состояния поверхностных плазмон-поляритонов на границе раздела диэлектрика и магнитного материала реализуются для ТЕ-волн при выполнении условия

$$\frac{q_1}{\mu_1} + \frac{q_2}{\mu_2} = 0 \,, \tag{39}$$

где величины волновых векторов q_1, q_2 в каждой среде на границе раздела диэлектрика и металла даются выражениями

$$q_1 = \sqrt{\beta^2 - k_0^2 \varepsilon_1 \mu_1} \,, \tag{40}$$

$$q_2 = \sqrt{\beta^2 - k_0^2 \varepsilon_2 \mu_2} \,, \tag{41}$$

где волновое число волны в вакууме $k_0 = \omega/c$.

Из дисперсионного соотношения (39) с учётом выражений волновых векторов может быть найдена константа распространения поверхностного плазмон-поляритона на границе раздела диэлектрика и металла

$$\beta \approx k_0 \sqrt{\frac{\mu_1 \mu_2}{\mu_1 + \mu_2}} \,. \tag{42}$$

Для реализации распространения поверхностного плазмон-поляритона на границе раздела с магнитным материалом необходимо выполнение следующих условий для магнитных проницаемостей обрамляющих сред:

$$\begin{cases} \mu_1 \mu_2 < 0 \,, \\ \mu_1 + \mu_2 < 0 \,. \end{cases} \tag{43}$$

В случае рассмотрения наноматериалов константа распространения поверхностного плазмон-поляритона для ТМ-волны имеет вид

$$\beta_{TM} = k_0 \sqrt{\frac{\left(\frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1}\right)^2 \varepsilon_1 \mu_1 - \varepsilon_2 \mu_2}{1 - \left(\frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1}\right)^2}} \,, \tag{44}$$

а для ТЕ-волны имеет вид

$$\beta_{TE} = k_0 \sqrt{\frac{\left(\frac{\mu_2}{\mu_1}\right)^2 \varepsilon_1 \mu_1 - \varepsilon_2 \mu_2}{1 - \left(\frac{\mu_2}{\mu_1}\right)^2}} \,. \tag{45}$$

Компьютерная программа умеет выделять действительные и мнимые части констант распространения для различных случаев и проверять выполнение условий (25) и (43).

Действительные и мнимые части констант распространения поверхностного плазмон-поляритона будем нормировать значением $k_p = \omega_{pe}/c$, где $\omega_{pe} = 1.366 \cdot 10^{16}\,\text{с}^{-1}$.

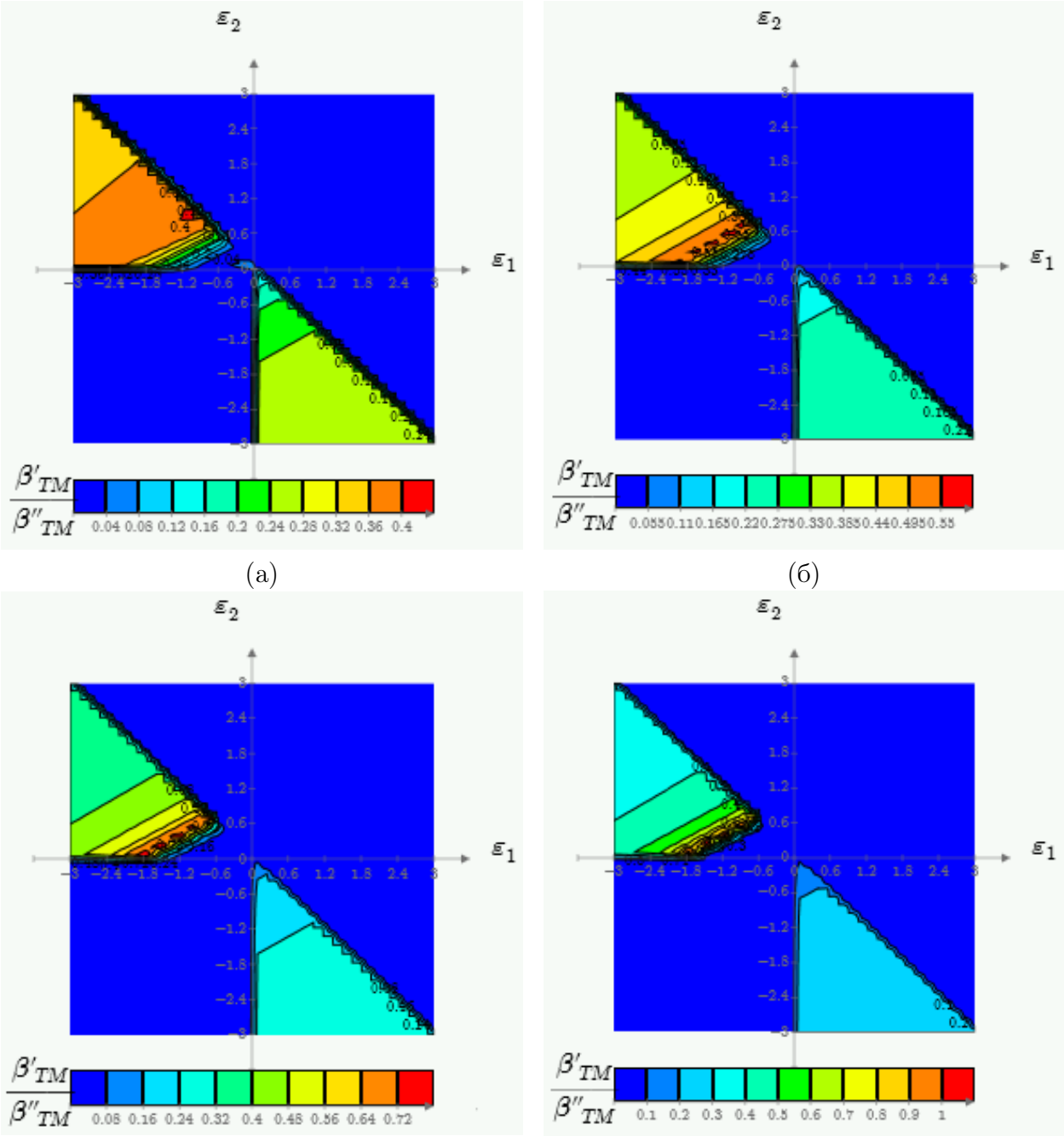
Для вычисления p_x и p_z как функции от ε_1', ε_1'' будем пользоваться формулами

$$p_x = P_p \frac{k_p}{k_0} \left(\frac{1}{q_1'} \operatorname{Re} \frac{q_1}{\varepsilon_1} + \frac{1}{q_2'} \operatorname{Re} \frac{q_2}{\varepsilon_2} \right) \,, \tag{46}$$

$$p_z = P_p \frac{k_p}{k_0} \left(\frac{1}{\beta} \operatorname{Re} \frac{q_1}{\varepsilon_1} + \frac{1}{q_2'} \operatorname{Re} \frac{\beta}{\varepsilon_2} \right) \,, \tag{47}$$

где функции нормированы значением $P_p = S_0/k_p$.

Рассмотрим физический процесс формирования и распространения поверхностного плазмон-поляритона на границе раздела двух нанокомпозитных сред в условиях субволнового затухания поля. В работе написана компьютерная программа для расчёта оптических характеристик процесса распространения поверхностного плазмон-поляритона.



(б)

Рис. 1. Зависимость отношения действительной части к мнимой части константы распространения β'_{TM}/β''_{TM} поверхностного плазмон–поляритона, распространяющегося на границе раздела двух нанокомпозитных сред, от действительных частей диэлектрических проницаемостей первой и второй нанокомпозитных сред. Радиус наночастиц в первой среде (а) $a_1 = 2.5\,$нм, (б) $a_1 = 4.5\,$нм, (в) $a_1 = 6.5\,$нм, (г) $a_1 = 8.5\,$нм, фактор заполнения $f_1 = 2.5\,\%$. Радиус наночастиц во второй среде $a_2 = 4.5\,$нм, фактор заполнения $f_2 = 4.5\,\%$. Длина волны внешнего излучения $\lambda = 514\,$нм.

Компьютерная программа строит графики зависимостей действительной части константы распространения, мнимой части константы распространения, отношения действительной части к мнимой части константы распространения, плотности потока энергии электромагнитной волны поверхностного плазмон-поляритона на границе раздела двух нанокомпозитных сред.

На рис. 1 изображена зависимость отношения действительной части к мнимой части константы распространения β'_{TM}/β''_{TM} поверхностного плазмон–поляритона, распространяющегося на границе раздела двух нанокомпозитных сред, от действительных частей диэлектрических проницаемостей первой и второй нанокомпозитных сред. Радиус наночастиц в первой среде (а) $a_1 = 2.5\,$нм, (б) $a_1 = 4.5\,$нм, (в) $a_1 = 6.5\,$нм, (г) $a_1 = 8.5\,$нм, фактор заполнения $f_1 = 2.5\,\%$. Радиус наночастиц во второй среде $a_2 = 4.5\,$нм, фактор заполнения $f_2 = 4.5\,\%$. Длина волны внешнего излучения $\lambda = 514\,$нм.

На рис. 2 изображена зависимость отношения действительной части к мнимой части константы распространения β'_{TM}/β''_{TM} поверхностного плазмон–поляритона, распространяющегося на границе раздела двух нанокомпозитных сред, от действительных частей диэлектрических проницаемостей первой и второй нанокомпозитных сред. Радиус наночастиц в первой среде (а) $a_1 = 9.5\,$нм, (б) $a_1 = 10.5\,$нм, (в) $a_1 = 11.5\,$нм, (г) $a_1 = 12.5\,$нм, фактор заполнения $f_1 = 2.5\,\%$. Радиус наночастиц во второй среде $a_2 = 4.5\,$нм, фактор заполнения $f_2 = 4.5\,\%$. Длина волны излучения $\lambda = 514\,$нм.

Произведён численный расчёт оптических характеристик поверхностного плазмон-поляритона, распространяющегося на границе раздела с нанокомпозитной средой. Найдены оптимальные соотношения диэлектрических проницаемостей нанокомпозитных материалов для распространения поверхностного плазмон-поляритона на границе раздела нанокомпозитных сред.

Заключение

В работе произведено описание физического процесса распространения поверхностного плазмон-поляритона на границе раздела диэлектрической среды с нанокомпозитной средой, находящейся во внешнем поле оптической волны. В работе вычислена плотность потока энергии поверхностного плазмон-поляритона, распространяющегося на границе раздела диэлектрической среды с нанокомпозитной средой, содержащей металлические наночастицы. Предложен способ компьютерного расчёта плотности потока энергии электромагнитного поля поверхностного плазмон-поляритона, распространяющегося на границе раздела диэлектрической среды с нанокомпозитной средой, содержащей металлические наночастицы. Выполнено построение компьютерной модели и написание компьютерной программы для вычисления оптических характеристик поверхностного плазмон-поляритона, распространяющегося на границе раздела диэлектрической среды с нанокомпозитной средой, содержащей металлические наночастицы. Произведён расчёт оптических характеристик поверхностного плазмон-поляритона на границе раздела диэлектрической среды с нанокомпозитной средой, содержащей металлические наночастицы для различных параметров нанокомпозитной среды. В металл-диэлектрических нанокомпозитных средах возникает резонанс диэлектрической проницаемости в зависимости от того, какие значения принимают диэлектрические константы исходных материалов и концентрация наночастиц. Форма резонансов диэлектрических констант такого металл-диэлектрического нанокомпозитного материала совпадает с формой резонансов ионного кристалла, но представленный резонанс лежит в диапазоне видимой частоты. В этом случае, реальная часть эффективной диэлектрической константы нанокомпозитов может варьироваться в широких пределах от больших положительных до отрицательных значений. Возникают необычные оптические характеристики металл-диэлектрических нанокомпозитных сред за счёт плазмонного резонанса металлических наночастиц, частота которых зависит от их размера и формы.

В работе проведены численные расчёты зависимостей действительной и мнимой частей константы распространения поверхностного плазмон-поляритона от действительных частей диэлектрических проницаемостей, находящихся на границе раздела иссле-

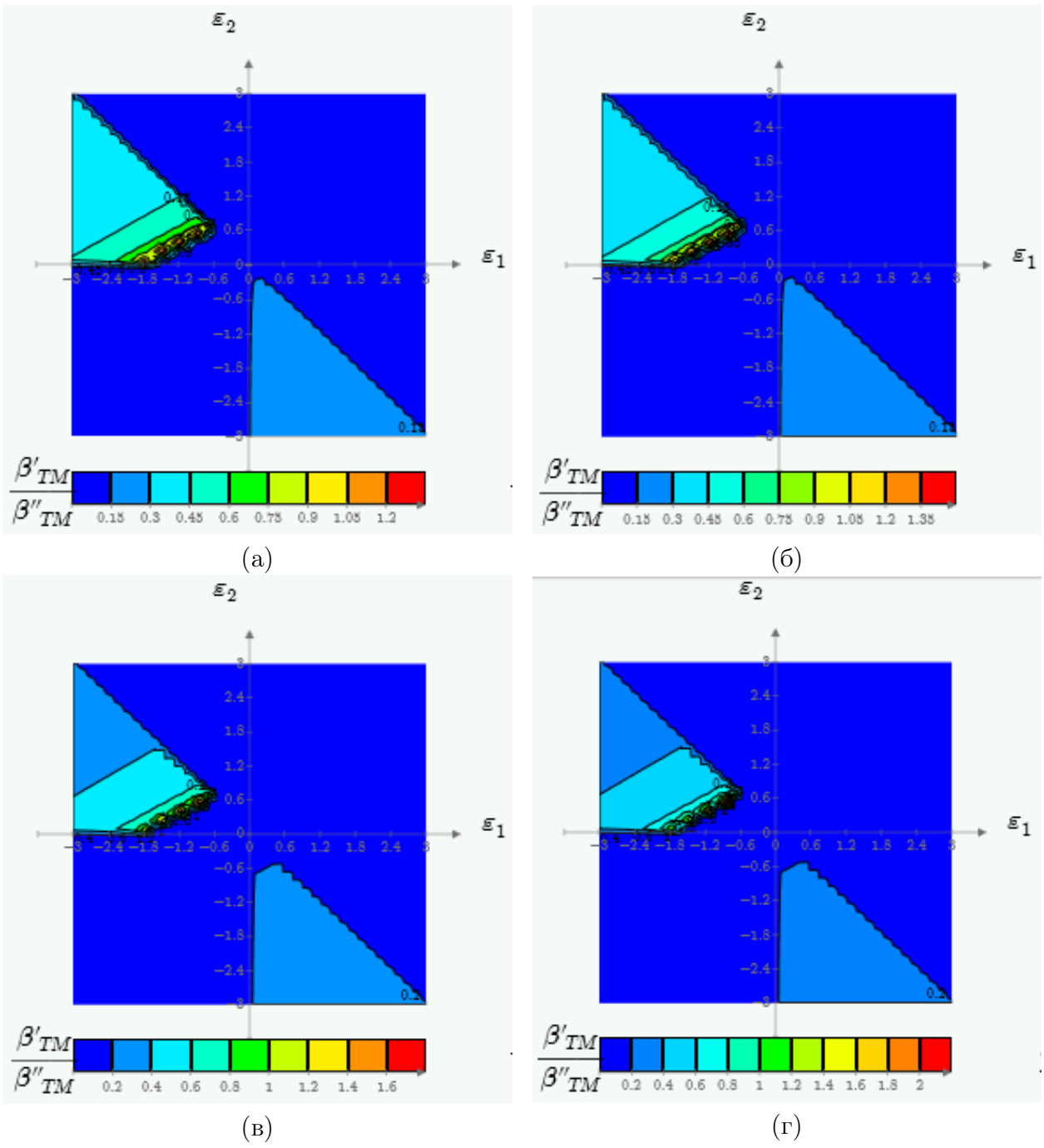


Рис. 2. Зависимость отношения действительной части к мнимой части константы распространения β'_{TM}/β''_{TM} поверхностного плазмон–поляритона, распространяющегося на границе раздела двух нанокомпозитных сред, от действительных частей диэлектрических проницаемостей первой и второй нанокомпозитных сред. Радиус наночастиц в первой среде (а) $a_1 = 9.5\,$нм, (б) $a_1 = 10.5\,$нм, (в) $a_1 = 11.5\,$нм, (г) $a_1 = 12.5\,$нм, фактор заполнения $f_1 = 2.5\,\%$. Радиус наночастиц во второй среде $a_2 = 4.5\,$нм, фактор заполнения $f_2 = 4.5\,\%$. Длина волны внешнего излучения $\lambda = 514\,$нм.

дуемых сред. Выделены наиболее благоприятные области для распространения поверхностных плазмон-поляритонов на границе раздела с нанокомпозитной средой.

Исследование физических эффектов усиления поля оптической волны в наноплазмонных материалах, содержащих металлические наночастицы, может быть использовано при создании наноплазмонных излучателей и лазеров на поверхностных плазмон-поляритонах.

Список использованных источников

1. Климов В. В. Наноплазмоника. — Москва : Физматлит, 2009. — 480 с.

2. Новотный Л., Хехт Б. Основы нанооптики. — Москва : Физматлит, 2009. — 484 с.

3. Modeling of nonlinear hybrid plasmonic waveguide for enhanced surface plasmon polariton through optical parametric amplification / Danqing Wang [et al.]. — 2012.

4. Поверхностные поляритоны. Электромагнитные волны на поверхностях и границах раздела сред / Под ред. В. М. Аграновича, Д. Л. Миллса. — Москва : Наука, 1985. — 525 с.

5. Sultanova N., Kasarova S., Nikolov I. Dispersion Properties of Optical Polymers // Acta Physica Polonica A. — 2009. — oct. — Vol. 116, no. 4. — P. 585–587. — URL: https://doi.org/10.12693/aphyspola.116.585.

Сведения об авторах:

Константин Константинович Алтунин — кандидат физико-математических наук, доцент, доцент кафедры физики и технических дисциплин ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный педагогический университет имени И. Н. Ульянова»

E-mail: kostya_altunin@mail.ru

ORCID iD 0000-0002-0725-9416

Web of Science ResearcherID I-5739-2014

SCOPUS ID 57201126207

Елизавета Евгеньевна Волкова — студент факультета физико-математического и технологического образования ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный педагогический университет имени И. Н. Ульянова».

E-mail: liza_volkova1999@mail.ru

ORCID iD 0000-0003-2849-7090

Web of Science ResearcherID AAZ-9027-2020

Ольга Владимировна Тырлышкина — студент факультета физико-математического и технологического образования ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный педагогический университет имени И. Н. Ульянова».

E-mail: olya.t1308@gmail.com

ORCID iD 0000-0002-2738-242X

Web of Science ResearcherID AAZ-9000-2020

Investigation of the propagation of a surface plasmon-polariton at the interface of nanocomposites

K. K. Altunin, E. E. Volkova, O. V. Tyrlyshkina

Ulyanovsk State Pedagogical University, 432071, Ulyanovsk, Russia

Submitted August 28, 2020
Resubmitted September 28, 2020
Published October 10, 2020

Abstract. The physical characteristics of the nonlinear properties of propagation of a surface plasmon-polariton at the interface between a dielectric medium and a transparent nanocomposite are investigated when the conditions for propagation of a surface plasmon-polariton at the interface are met.

Keywords: optics, plasmon, polariton, dielectric, nanocomposite, nanocomposite medium, nanoparticle, surface plasmon-polariton, optical radiation

References

1. Klimov V. V. Nanoplasmonics. — Singapore : Jenny Stanford Publishing, 2014. — 598 p.
2. Novotny L., Hecht B. Principles of Nano-Optics. — Cambridge : Cambridge University Press, 2012. — 578 p.
3. Modeling of nonlinear hybrid plasmonic waveguide for enhanced surface plasmon polariton through optical parametric amplification / Danqing Wang [et al.]. — 2012.
4. Agranovich V. M., Mills D. L. Surface polaritons: electromagnetic waves at surfaces and interfaces. — North-Holland, Amsterdam : Elsevier Science Ltd, 1982. — 734 p.
5. Sultanova N., Kasarova S., Nikolov I. Dispersion Properties of Optical Polymers // Acta Physica Polonica A. — 2009. — oct. — Vol. 116, no. 4. — P. 585–587. — URL: https://doi.org/10.12693/aphyspola.116.585.

Information about authors:

Konstantin Konstantinovich Altunin – PhD in Physics and Mathematics, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Physics and Technical Disciplines of the Ulyanovsk State Pedagogical University.

E-mail: kostya_altunin@mail.ru
ORCID iD 0000-0002-0725-9416
Web of Science ResearcherID I-5739-2014
SCOPUS ID 57201126207

Elizaveta Evgenievna Volkova – student of the Faculty of Physics, Mathematics and Technological Education of the Ulyanovsk State Pedagogical University.

E-mail: liza_volkova1999@mail.ru
ORCID iD 0000-0003-2849-7090
Web of Science ResearcherID AAZ-9027-2020

Olga Vladimirovna Tyrlyshkina – student of the Faculty of Physics, Mathematics and Technological Education of the Ulyanovsk State Pedagogical University.

E-mail: olya.t1308@gmail.com
ORCID iD 0000-0002-2738-242X
Web of Science ResearcherID AAZ-9000-2020

УДК 53.03
ББК 22.3
ГРНТИ 29.01.45
ВАК 13.00.02

Исследование особенностей преподавания физики при дистанционном обучении

Е. С. Кузьмина [1]

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ульяновский государственный педагогический университет имени И. Н. Ульянова», 432071, Ульяновск, Россия

Поступила в редакцию 19 сентября 2020 года
После переработки 27 сентября 2020 года
Опубликована 10 октября 2020 года

Аннотация. Рассматриваются вопросы дистанционного преподавания физики. Приводится краткая характеристика основных методик дистанционного обучения, а также анализируются их положительные и отрицательные стороны дистанционного преподавания физики. Обозначаются особенности преподавания физики в условиях самоизоляции. Обращается внимание на возникающие проблемы как школьников, так и учителей при дистанционном обучении физике. Так же описываются проблемы, связанные с дистанционным образованием.

Ключевые слова: физика, преподавание, обучение, дистанционное обучение

Введение

В современных условиях при распространении коронавирусной инфекции большое значение приобретает дистанционное обучение школьным предметам, в том числе и физике. Учебный процесс не следует прерывать, и учебные программы должны быть выполнены в полном объёме. В условиях самоизоляции этого можно достичь только при дистанционном обучении. Для этой цели необходимо использовать любые технические возможности интернета, телевидения.

Целью работы выявление особенностей преподавания физики при дистанционном обучении.

Задачи работы включают в себя рассмотрение возможностей обучения физике при использовании информационных технологий, определение проблемных моментов обучения физике в дистанционном формате, анализ факторов, влияющих на качество обучения физики в школе.

Объектом исследования является дистанционное обучение физике в школе.

Предметом исследования являются особенности процесса преподавания физики в школе при дистанционном формате обучения.

В качестве гипотезы исследования можно высказать предположение, что ограниченные технологические возможности усложняют процесс обучения физике в дистанционном формате.

[1] E-mail: nelizavetakuzm@gmail.com

Обзор работ по онлайн-обучению

В качестве дополнительного материала для объяснения физических явлений природы можно использовать средства дистанционного обучения физике. Невыполнимые в домашних условиях физические процессы можно изучать, используя интерактивные и компьютерные модели физических процессов и систем. Например, использовать систему обучающего тестирования в системе дистанционного обучения MOODLE. Огромное количество наглядного и дополнительного материала позволит ученикам выступать в роли активных участников образовательного процесса по физике. В дистанционном обучении вместе с традиционными формами и методами, большое место нужно уделять и самостоятельной работе школьников, а также групповой и индивидуальной работе, исследовательской и проектной деятельности. Применение дистанционной формы обучение позволит с помощью внедрения заданий разного уровня сложности осуществлять индивидуализацию и дифференциацию обучения физике. По сравнению с традиционным подходом, в дистанционном образовании большее внимание следует уделить межпредметной направленности процесса обучения физике. Кроме того, дистанционное обучение физике даёт школьнику возможность выбирать индивидуальную образовательную траекторию изучения физики.

В [1] рассмотрены некоторые теоретические основы дистанционного обучения, проанализирован зарубежный и отечественный опыт дистанционного обучения, кроме того даны некоторые методические рекомендации по разработке дистанционных курсов для использования в школьной практике и системе повышения квалификации педагогических кадров.

В работах [2–7] сформулированы методология и основные принципы дистанционного обучения, раскрыта его роль и место в системе непрерывного профессионального образования. Анализируется структура специфической дидактической системы дистанционного обучения и дана характеристика её элементов. Приводится классификация российских образовательных учреждений дистанционного обучения, а также модели дистанционного обучения, используемые в них. Рассматривается подход к оценке эффективности дистанционного обучения.

В работах [8, 9] рассматривается инвариантная организационно-дидактическая система дистанционного обучения, представляющая собой независящую от уровня, вида, предметной области обучения и возраста обучающихся.

В работе [10] отражён исследовательский подход и авторское видение комплекса проблем, связанного с применением инновационных образовательных моделей, в том числе с использованием интернет-технологий дистанционного обучения. В работе [10] представлен опыт зарубежных и отечественных учебных заведений в области организации и практической реализации дистанционного обучения; выявлена специфика и систематизированы современные подходы к его организации; разработаны практические рекомендации по организации и управлению дистанционными образовательными процессами; показаны основные преимущества и недостатки дистанционного обучения посредством сети Интернет; предложены принципы взаимодействия учащегося и преподавателя, позволяющие решать специфические учебные и дидактические задачи.

Статья [11] посвящена некоторым методологическим проблемам дистанционного образования. Показаны достоинства и недостатки современного дистанционного обучения в России. Выявлены технократический и антитехнократический аспекты компьютеризированного образования. Обоснована идея об эффективности применения проблемных методов в дистанционном обучении. Доказывается необходимость получения метаквалификации в условиях современной неопределенности в образовании.

В статье [12] показано, что электронное обучение радикально изменило обучения. Сегодня электронное обучение находится на высокой ступени развития, поэтому на

рынке представлено множество форм онлайн-обучения и образования. В отличие от компьютерного обучения, когда пользователь работает один на один с компьютером, электронное обучение подразумевает использование сетевых возможностей: передачу результатов обучения, возможности совместной работы, консультаций и обсуждения, обмен опытом.

В статье [13] рассматриваются методические проблемы реализации профильного обучения физике в рамках дистанционного обучения, не затрагивая экономические и правовые аспекты. Представлен краткий обзор информационных ресурсов дистанционного обучения физики.

В статье [14] рассмотрены существующие электронные обучающие средства, применяемые при изучении теоретической механики.

В статье [15] Рассмотрены проблемы дистанционного обучения в технических отраслях, а также выработаны некоторые рекомендации по их решению или минимизации.

В работе [16] обсуждены подходы к обучению физике детей, находящихся на длительном лечении в стационаре медицинского учреждения. Рассмотрены методы входного контроля уровня знаний учащихся, поступающих на лечение. Обсуждаются приёмы здоровьесберегающего обучения и социализации учащихся. Определены цели деятельности школ при больнице, основные принципы работы тьюторов и специфика построения индивидуальной образовательной траектории обучающихся.

Методы и материалы дистанционного преподавания физики

Специфика дистанционного обучения сводится к тому, что дистанционное обучение осуществляется с помощью компьютера с выходом в Интернет, существует возможность применения синхронной и асинхронной методик обучения, существуют особые формы занятий, применяемых в дистанционном обучении физике.

К ним можно отнести чат-занятия и веб-занятия, то есть занятия с использованием информационно-коммуникационных технологий. Эти типы занятий подразумевают текстовое, голосовое общение или общение с использованием сервисов видеоконференций. Примером занятия такого типа может послужить проведение видеоконференции. Эта форма наиболее приближена к очному обучению: учитель в режиме реального времени передает информацию ученикам, задаёт и отвечает на вопросы. Для осуществления данного вида уроков существует множество программ: Skype, Zoom для осуществления видеосвязи, интерактивные доски. Современные платформы позволяют записывать уроки, чтобы можно было в удобное время пересмотреть, повторить материал, что является несомненным плюсом, по сравнению с традиционным обучением в классе. Однако, могут возникнуть сложности, связанные со скоростью работы Интернет-соединения или недостаточной технической оснащённостью и компьютерной грамотностью педагога.

Когда невозможно провести онлайн-занятия, используется методика асинхронного дистанционного обучения. При применении данной методики больше ответственности за прохождение обучения возлагается на самостоятельность учащегося. На первый план выдвигается самообучение, индивидуальный темп обучения, а также регулирования темпа ученика. Это особенно актуально в регионах, с неустойчивым покрытием Интернет-соединения без возможностей подключения проводного интернета. Ещё одним положительным моментом данного вида обучения является то, что ученики могут выполнять задания в удобное для них время с необходимыми перерывами. Однако пропадает возможность живого общения учителя с учеником, что значительно ухудшает качество образования. Так же не все учащиеся, особенно младшего и среднего школьного возраста могут самостоятельно организовать учебный процесс, откладывая выполнения заданий на более поздний срок. Поэтому, необходимо повышать мотивацию

школьников на изучение нового материала.

Так же способствует лучшему усвоению учебного материала уроки, транслируемые по телевизионным каналам. Это особенно важно для учеников отдаленных районов, у которых присутствуют проблемы с техническим обеспечением. У них также появилась возможность посмотреть уроки ведущих педагогов России для подготовки к Всероссийским проверочным работам, и, что главное, к успешной сдаче ОГЭ и ЕГЭ. На рис. 1 сведены основные положительные и отрицательные доводы по единому государственному экзамену.

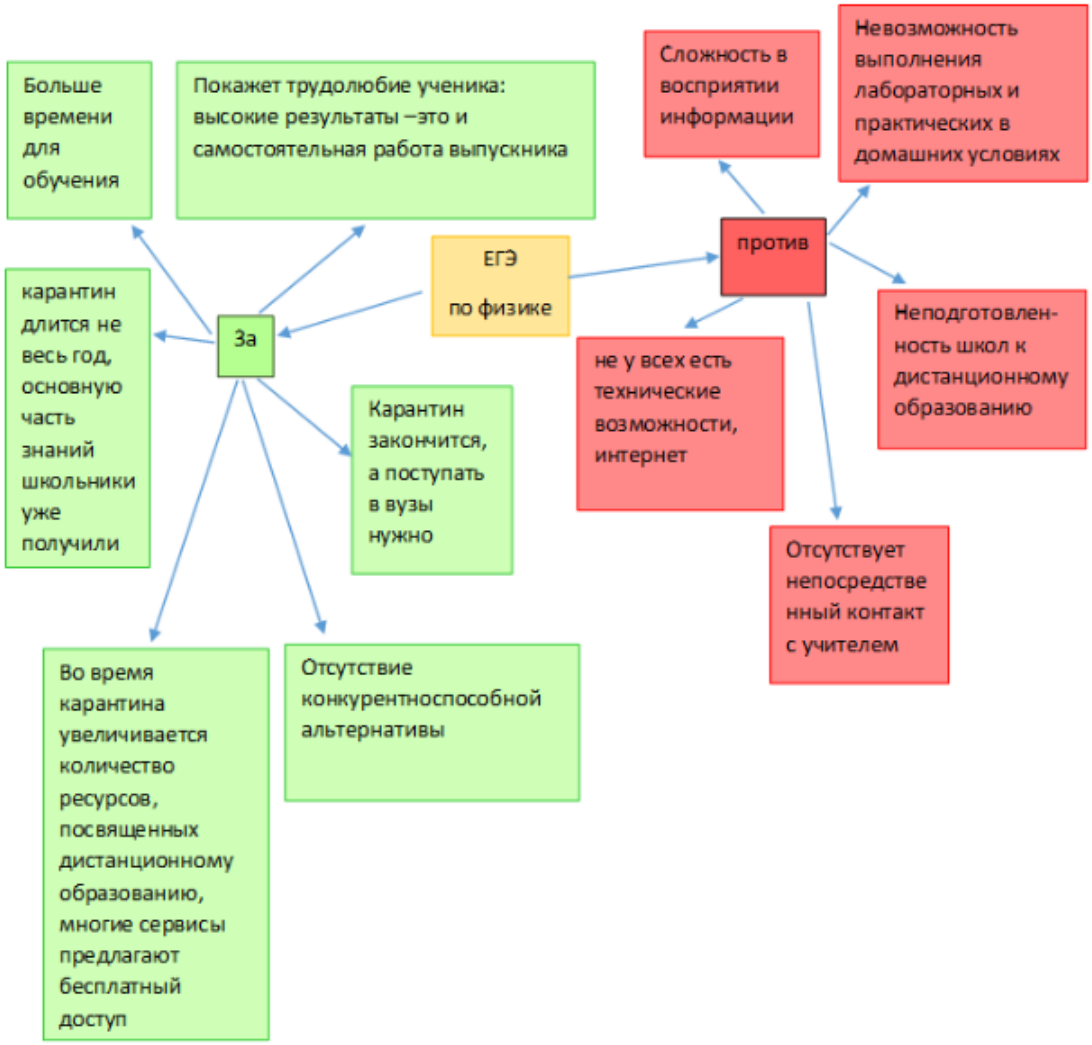


Рис. 1. Схема, иллюстрирующая положительные и отрицательные доводы по единому государственному экзамену.

Но в дистанционной подготовки, основанной только на изучении видеоматериалов, нет обратной связи с ученика с учителем, объясняющим данный материал, школьник не может задать интересующие его вопросы по данной теме. Также при переключении внимания на отвлекающие факторы, ученик может упустить ход рассуждения, что может привести к пробелам в знаниях.

Для достижения наибольшей эффективности специалистами рекомендуется применять методики смешанного дистанционного обучения. Данные методики подразумевают, что программа обучения строится на совмещении как синхронного, так и асинхронного обучения. Они должны обеспечивать усвоение теоретической информации курса физики в полном объёме, предусмотренном учебным планом, должны обеспечивать прямую и обратную связь «ученик–учитель», как оперативную, так и отсроченную,

должны обеспечивать формирование и поддержку мотивации ученика, находящегося в самоизоляции.

Тем не менее, в дистанционном обучении присутствуют как положительные, так и отрицательные моменты. Среди положительных моментов можно отметить такие моменты, как возможность не прерывать учебный процесс, воспитание самостоятельности школьников, формирование навыков работы с компьютером, формирование навыков поисково-исследовательской деятельности, использование автоматической проверки тестов облегчает работу учителя.

У дистанционного обучения, несомненно, есть и отрицательные стороны. Среди отрицательных моментов можно отметить такие моменты, как плохое техническое оснащение, которое не позволяет в полной мере усвоить необходимый теоретический материал по физике, отсутствие живой связи учителя с учеником, ограниченные возможности проверить самостоятельность выполнения работы учащегося, снижение мотивированности учащихся.

Для снижения негативных факторов дистанционного образования необходимо взаимодействие не только школы и ученика, но и активное участие телекоммуникационных организаций.

На обучение физике влияют все вышеперечисленные факторы, однако можно выделить и специфические особенности при дистанционном изучении физики.

Особые сложности возникают при проведении лабораторных работ. Некоторые лабораторные работы ученик может провести самостоятельно дома, например, «выяснение условий плавания тела в жидкости», «наблюдение роста кристаллов из раствора». Однако многие из них провести в домашних условиях трудно, а многие и вовсе невыполнимы. Например, в 11 классе по программе углубленного изучения физики невозможно провести такие работы, как «Измерение силы тока в цепи с конденсатором», «Измерение индуктивного сопротивления катушки», «Оценка длины световой волны по наблюдению дифракции от щели». Но в то же время существуют различные программы, позволяющие моделировать изучаемый процесс, также создано достаточное количество обучающих видеопрезентаций лабораторных работ.

Также возникают сложности с выводом физических формул. Довольно трудно отобразить в онлайн-режиме формулы, их написание и вывод в отсутствии классной доски. Аналогичные проблемы возникают и при объяснении решения задач. Однако существуют интерактивные онлайн-доски, хотя с их использованием могут возникнуть проблемы технического характера. Например, отсутствие графического планшета усложняет запись формул. В текстовом редакторе Microsoft Word формулы выглядят не эстетично, так же его возможности ограничены, а использование специальных программ требует дополнительных знаний и умений учителя.

Кроме того, при онлайн-обучении выпадает из учебного процесса работа со как со школьными тетрадями, так и с тетрадями для лабораторных работ по физике. Проверка домашнего задания вызывает определённые затруднения. Например, внесение поправок, исправлений, дополнений в работу ученика. Так же оформление задач вызывает технические сложности: для проверки учителем необходимо представить решение в электронном виде, запись в офисных программах теряет структуру решения задачи, а представление фотографии рукописного ответа предполагает наличие качественного фотоаппарата.

Заключение

Таким образом, в работе выявлены основные проблемами дистанционного обучения физике. Первой проблемой можно считать невозможность выполнения многих лабораторных и практических работ по физике из-за отсутствия реальных физических

приборов, оборудования, материалов, контроля за техникой безопасности проведения физического эксперимента. Вторая проблема состоит в сложности с применением интерактивных онлайн-досок при написании и выведении формул по физике, решении задач различного уровня сложности по физике. Третья проблема заключается в качественном оформлением домашнего задания по физике и его проверкой. Четвёртая проблема заключается в наличии технических сложностей проведения онлайн-уроков по физике.

Список использованных источников

1. Полат Е. С. Теория и практика дистанционного обучения : учебное пособие для вузов. — Москва : Академия, 2004. — 414 с.

2. Андреев А. А. Введение в Интернет-образование : учебное пособие. — Москва : Логос, 2003. — 73 с.

3. Андреев А. А., Солдаткин В. И. Дистанционное обучение : сущность, технология, организация. — Москва : Издательство МЭСИ, 1999. — 196 с. — URL: http://window.edu.ru/resource/850/23850/files/book_3.pdf.

4. Андреев А. А. Введение в дистанционное обучение : учебно-методическое пособие. — Москва : ВУ, 1997. — 210 с.

5. Вайндорф-Сысоева М. Е., Грязнова Т. С., Шитова В. А. Методика дистанционного обучения : учебное пособие для вузов. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 194 с. — URL: https://urait.ru/bcode/450836.

6. Ганчарик Л. П. Методология дистанционного обучения : учебное пособие. — Минск : Центр Академии управления при Президенте Республики Беларусь, 2002. — 164 с.

7. Панарина Н. А. Дистанционное обучение: к вопросу об основных понятиях // Социс: социологические исследования. — 2004. — № 4. — С. 116–120.

8. Зайченко Т. П. Инвариантная организационно-дидактическая система дистанционного обучения : монография. — Санкт-Петербург : Астерион, 2004. — 188 с.

9. Зайченко Т. П. Основы дистанционного обучения: теоретико-практический базис : учебное пособие. — Санкт-Петербург : Издательство РГПУ им. А. И. Герцена, 2004. — 167 с.

10. Иванченко Д. А. Системный анализ дистанционного обучения : монография. — Москва : Союз, 2005. — 192 с.

11. Геращенко И. Г., Геращенко Н. В. Проблемы дистанционного образования: методологический аспект // Studia Humanitatis. — 2017. — № 2. — С. 7–17.

12. Хасбулатова Б. М. Проблемы и перспективы развития дистанционного обучения // Электронное обучение в непрерывном образовании. — 2016. — № 1. — С. 430–435. — URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26111600.

13. Ларченкова Л. А. Дистанционное образование и проблемы профильного обучения физике в школе // Наука и школа. — 2008. — № 2. — С. 75–78.

14. Хохлов А. В. Электронные средства дистанционного обучения теоретической механике: проблемы и пути усовершенствования // Современные проблемы науки и образования. — 2013. — № 1. — С. 207–214. — URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=18829140.

15. Сокур Е. А., Беляев П. В., Миленина М. А. Проблемы дистанционного обучения в технических отраслях // Россия молодая : передовые технологии в промышленность. — 2013. — № 2. — С. 327–329. — URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21053526.

16. Лоскутов А. Ф. Организация обучения детей при их длительном лечении в стационаре медицинского учреждения (на примере физики) // Физика в школе. — 2019. — № 4. — С. 22–26. — URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=39408003.

Сведения об авторах:

Елизавета Сергеевна Кузьмина — магистрант факультета физико-математического и технологического образования ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный педагогический университет имени И. Н. Ульянова».

E-mail: nelizavetakuzm@gmail.com

ORCID iD 0000-0001-6157-9501

Web of Science ResearcherID AAZ-8178-2020

Investigation of the features of physics teaching in distance learning

E. S. Kuzmina

Ulyanovsk State Pedagogical University, 432071, Ulyanovsk, Russia

Submitted September 19, 2020
Resubmitted September 27, 2020
Published October 10, 2020

Abstract. The problems of distance teaching of physics are considered. A brief description of the main methods of distance learning is given, as well as their positive and negative aspects of distance teaching of physics are analyzed. The features of teaching physics in conditions of self-isolation are indicated. Attention is drawn to the emerging problems of both schoolchildren and teachers in distance learning of physics. It also describes the problems associated with distance education.

Keywords: physics, teaching, learning, distance learning

References

1. Polat E. S. Theory and practice of distance learning: a textbook for universities. — Moscow : Academy, 2004. — 414 p.

2. Andreev A. A. An Introduction to Online Education: A Study Guide. — Moscow : Logos, 2003. — 73 p.

3. Andreev A. A., Soldatkin V. I. Distance learning: essence, technology, organization. — Moscow : Publishing house MESI, 1999. — 196 p. — URL: `http://window.edu.ru/resource/850/23850/files/book_3.pdf`.

4. Andreev A. A. Introduction to Distance Learning: Study Guide. — Moscow : WU, 1997. — 210 p.

5. Weindorf-Sysoeva M. E., Gryaznova T. S., Shitova V. A. Distance learning methodology: textbook for universities. — Moscow : Yurayt Publishing House, 2020. — 194 p. — URL: `https://urait.ru/bcode/450836`.

6. Gancharik L. P. Distance Learning Methodology: A Study Guide. — Minsk : Center of the Academy of Management under the President of the Republic of Belarus, 2002. — 164 p.

7. Panarina N. A. Distance learning: to the question of basic concepts // Socis: case studies. — 2004. — no. 4. — P. 116–120.

8. Zaichenko T. P. Invariant organizational and didactic system of distance learning: monograph. — St. Petersburg : Asterion, 2004. — 188 p.

9. Zaichenko T. P. Basics of distance learning: theoretical and practical basis: tutorial. — St. Petersburg : Publishing House of the Russian State Pedagogical University named after A. I. Herzen, 2004. — 167 p.

10. Ivanchenko D. A. Systems analysis of distance learning: monograph. — Moscow : Union, 2005. — 192 p.

11. Gerashchenko I. G., Gerashchenko N. V. Problems of Distance Education: Methodological Aspect // Studia Humanitatis. — 2017. — no. 2. — P. 7–17.

12. Khasbulatova B. M. Problems and prospects for the development of distance learning // E-learning in continuing education. — 2016. — no. 1. — P. 430–435. — URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26111600.

13. Larchenkova L. A. Distance education and problems of specialized teaching physics at school // Science and School. — 2008. — no. 2. — P. 75–78.

14. Khokhlov A. V. Electronic distance learning tools in theoretical mechanics: problems and ways of improvement // Modern problems of science and education. — 2013. — no. 1. — P. 207–214. — URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=18829140.

15. Sokur E. A., Belyaev P. V., Milenina M. A. Challenges of distance learning in technical industries // Young Russia: advanced technologies in industry. — 2013. — no. 2. — P. 327–329. — URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21053526.

16. Loskutov A. F. Organization of teaching children during their long-term treatment in a hospital of a medical institution (for example, physics) // Physics at school. — 2019. — no. 4. — P. 22–26. — URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=39408003.

Information about authors:

Elizaveta Sergeevna Kuzmina — Master's student of the Faculty of Physics, Mathematics and Technological Education of the Ulyanovsk State Pedagogical University.

E-mail: nelizavetakuzm@gmail.com

ORCID iD 0000-0001-6157-9501

Web of Science ResearcherID AAZ-8178-2020

УДК 530.1
ББК 22.31
ГРНТИ 29.31.21
ВАК 01.04.05

Разработка онлайн-курса по углеродным материалам

И. С. Шмыгова, К. К. Алтунин [1]

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ульяновский государственный педагогический университет имени И. Н. Ульянова», 432071, Ульяновск, Россия

Поступила в редакцию 29 июня 2020 года
После переработки 27 сентября 2020 года
Опубликована 10 октября 2020 года

Аннотация. Разработан онлайн-курс по углеродным материалам в рамках учебной дисциплины «Индивидуальный проект». Проведена начальная апробация онлайн-курса по углеродным материалам в рамках учебной дисциплины «Индивидуальный проект» в университетских классах.

Ключевые слова: физика, образование, дистанционные технологии, углеродные материалы, нанотрубки

Введение

В настоящее время интенсивно развиваются технологии получения наноструктурных материалов, в том числе наноструктурные материалы, содержащие включения в виде нанотрубок, комплексов и агрегатов на основе нанотрубок, что приведет к созданию новых наноразмерных оптоэлектронных приборов. Углеродные нанотрубки являются идеальным выбором в качестве наполнителя как для структурных, так и для функциональных применений, поскольку углеродные нанотрубки могут привести к значительному улучшению свойств полимеров при очень низкой загрузке наполнителя. Существуют различные методы изготовления полимерных нанокомпозитов, армированных углеродными нанотрубками, такие как смешивание растворов, смешивание в расплаве и полимеризация. Развиваются также некоторые новые методы, такие как послойные и листовые маршруты, чтобы дать новое представление о производстве полимерных нанокомпозитов. Электрические, механические и термические свойства углеродных нанотрубок, армированных полимерными нанокомпозитами, представляют значительный технологический интерес. Потенциальные применения высокоэффективных углеродных нанотрубок на полимерных нанокомпозитах обеспечат прогресс в этой новой области.

Актуальность исследования обусловлена возрастающим интересом к наноструктурным материалам, а также оптическим свойствам наноструктурных материалов с включением нанотрубок.

Целью работы является исследование части онлайн-курса по физическим свойствам наноструктур с нанотрубками. Задачей работы является создание онлайн-курса по физическим свойствам наноструктур с нанотрубками и размещение теоретических материалов по оптических свойствам наноструктур с нанотрубками в онлайн-курсе.

[1] E-mail: kostya_altunin@mail.ru

Объектом исследования является онлайн-курс по физическим свойствам наноструктур с включениями в виде нанотрубок.

Предметом исследования является процесс создания онлайн-курса по физическим свойствам наноструктур с включениями в виде нанотрубок, находящимися во внешнем поле оптического излучения.

Гипотеза исследования: если обобщить результаты теоретических и численных расчётов оптических свойств наноструктур с нанотрубками, то можно наполнить содержанием онлайн-курс по физическим свойствам наноструктур с нанотрубками, который может быть изучен в рамках учебной дисциплины «Индивидуальный проект».

Обзор исследований свойств наноструктур с нанотрубками

Одностенные углеродные нанотрубки определяются как одномерные аллотропы углерода цилиндрической формы, которые имеют высокую площадь поверхности и большое отношение длины к диаметру. Из-за малого диаметра углеродных нанотрубок и большого соотношения сторон углеродные нанотрубки с одной стенкой считаются одномерным материалом. Одностенные углеродные нанотрубки названы так из-за полой структуры и количества стенок. Одностенные углеродные нанотрубки сделаны из наноуглеродистых листов толщиной в один атом, которые образуют трубку во время синтеза методом химического осаждения из газовой фазы и являются членами семейства фуллеренов.

Электронные, оптические, термические и механические свойства одностенных углеродных нанотрубок, которые в последние годы вызывают большой интерес, обусловленный их уникальными физическими свойства и структурой. Один слой атомов углерода удерживается вместе в структуре нанотрубки гибридизированными химическими sp^2-связями. В зависимости от того, как образуется нанотрубка, нанотрубки считаются полупроводниковыми или металлическими по своей природе. Одностенные углеродные нанотрубки инертны и могут использоваться для улучшения механических и проводящих свойств в других материалах.

Дисперсию одностенных углеродных нанотрубок обычно исследуют с помощью ультразвукового зонда с низкой амплитудой, и для стабилизации дисперсий может потребоваться использование поверхностно-активных веществ или высокофункционализированных одностенных углеродных нанотрубок. Также можно для исследования использовать ультразвуковой датчик мощностью 750 Вт, который необходимо включать и выключать каждые 30 секунд, чтобы предотвратить повреждение одностенных углеродных нанотрубок, и настраивать амплитуду звуковой волны примерно до 27%.

Уникальные физические свойства однослойных углеродных нанотрубок обусловлены их одномерным размером, формой, высоким соотношением сторон и sp^2-гибридизированными атомами углерода, расположенными в виде полой трубки. Они состоят из одной нанотрубки из атомов углерода, расположенных в виде шестиугольника, состоящего из пятичленных и шестичленных колец. Существуют различные типы одностенных углеродных нанотрубок, потому что графитовые листы могут быть выращены с разными киральными углами во время синтеза. Истинные одностенные углеродные нанотрубки имеют внешний диаметр 0.7 – 1.2 нм и могут быть длиной от 0.5 до 30 мкм. Более длинные углеродные нанотрубки доступны в виде массива, обладающего характерным размером до 500 мкм.

Одностенные углеродные нанотрубки могут быть использованы для поглощения света, флуоресценции и прозрачных проводящих свойств. Известно, что они успешно делают суперчёрные (светопоглощающие) материалы при использовании массива углеродных нанотрубок (отдельные углеродные нанотрубки, стоящие как лес), потому что свет попадает между отдельными углеродными нанотрубками и не может отра-

жаться обратно на протяжении всей длины нанотрубок, что приводит к поглощению света. Одностенные углеродные нанотрубки имеют настраиваемое ближнее инфракрасное излучение, которое реагирует на изменения локальной диэлектрической функции. Одностенные углеродные нанотрубки использовались при очень низких содержаниях 0.03 мас.% для изготовления прозрачных проводящих плёнок для дисплеев и солнечных элементов для замены оксида индия и олова, который имеет ограниченные глобальные ресурсы.

Одностенные углеродные нанотрубки можно рассматривать как свёрнутый графеновый лист с длинной оболочкой. Нанотрубки обычно имеют отношение длины к диаметру около 1000 и, следовательно, считаются почти одномерными структурами. Одностенные углеродные нанотрубки обычно имеют диаметр, близкий к 1 нм, и в несколько тысяч раз длиннее. Одностенные углеродные нанотрубки обладают отличными электронными свойствами по сравнению с вариантами многостенных углеродных нанотрубок, которые делают их наиболее подходящим кандидатом для миниатюризации электроники для замены микроэлектромеханических систем, которые в настоящее время являются основой современной электроники. Самым основным строительным блоком этих систем является электрический провод, и одностенные углеродные нанотрубки могут быть отличными проводниками. Несмотря на их широкий потенциал в разнообразных нанотехнологических применениях, одностенные углеродные нанотрубки попрежнему очень дороги в производстве, и разработка более доступных методов синтеза жизненно необходима для их применения в промышленных масштабах.

Углеродные нанотрубки с несколькими стенками состоят из нескольких слоёв графита, свернутых коаксиально для образования трубчатой формы. Они неизменно производятся с высокой частотой структурных дефектов. Многослойные углеродные нанотрубки являются структурно достаточно прочными; тем не менее, они часто содержат области структурного несовершенства. Например, структурный дефект, такой как микротрещина в стальной проволоке, приведет к катастрофическому разрушению при 1-2 % теоретической прочности на разрыв, которую можно было бы прогнозировать на основе фундаментальных химических принципов. Несмотря на недостатки, уникальные физические и химические свойства углеродных нанотрубок, такие как структурная жесткость и гибкость, продолжают вызывать значительный интерес. Кроме того, углеродные нанотрубки чрезвычайно прочны, примерно в 100 раз прочнее (устойчивее к нагрузкам), чем сталь, на одну шестую веса. Углеродные нанотрубки также могут действовать как проводники или полупроводники в зависимости от их хиральности и обладают собственной сверхпроводимостью. Это идеальные теплопроводники, которые также могут вести себя как полевые излучатели.

Хотя нативные углеродные нанотрубки без какой-либо модификации всё ещё обладают большим потенциалом для многих других применений, было обнаружено, что функционализированные углеродные нанотрубки имеют отличные биомедицинские применения.

Различные углеродные нанотрубки и нанокомпозиты, созданные на основе нанотрубок, являются наиболее часто упоминаемыми строительными блоками нанотехнологий. С удвоенной прочностью на растяжение стали, теплопроводностью лучше, чем у всех, кроме самого чистого алмаза, и электрической проводимостью, подобной меди, но способной проводить гораздо более высокие электрические токи, углеродные нанотрубки кажутся удивительным материалом.

На самом деле нанотрубки бывают разных видов: длинные, короткие, одностенные, многостенные, открытые, закрытые, с различными типами спиральной структуры. Каждый тип имеет свои специфические производственные затраты и области применения. Некоторые были произведены в больших количествах в течение многих лет, в то

время как другие только сейчас производятся в промышленных масштабах с достойной чистотой и в количествах, превышающих несколько грамм. Одной из основных классификаций углеродных нанотрубок являются одностенные разновидности, которые имеют единственную цилиндрическую стенку, и многостенные разновидности, которые имеют цилиндры внутри цилиндров.

В конце 1991 года было предсказано, что углеродные нанотрубки в зависимости от их структуры и диаметра могут быть металлическими или полупроводниковыми. На основании теоретических исследований было указано, что нанотрубки могут демонстрировать экзотическое квантово-механическое поведение в присутствии магнитного поля. В отсутствие чистого материала было трудно интерпретировать теоретический расчёт, сделанный для электронных свойств нанотрубок. Позже, модифицированные пути синтеза для получения чистого материала и эффективные методы очистки позволили электронное измерение нанотрубок на индивидуальном уровне. Научные публикации, появившиеся на нанотрубках, к настоящему времени показали, что электронные свойства нанотрубок могут довольно широко варьироваться в зависимости от степени их кристаллического порядка. Многие группы исследовали удельное сопротивление отдельных нанотрубок и их температурную зависимость.

Одностенные углеродные нанотрубки представляют собой цилиндрические графитовые трубки диаметром около 1 нм. Они обладают металлическими или полупроводниковыми характеристиками в зависимости от того, как прокатаны графитовые листы. Ожидается, что из-за их замечательных электрических характеристик одностенные углеродные нанотрубки будут использоваться в широком диапазоне применений, таких как полевые транзисторы и проводящие плёнки. В таких приложениях в устройствах изготавливаются сети из одностенных углеродных нанотрубок. Таким образом, фундаментальное понимание свойств электрического транспорта в таких сетях имеет большое значение для улучшения характеристик устройства.

В статье был произведён оценочный теоретический расчёт сильного взаимодействия в жгутах многослойных углеродных нанотрубок [1]. В статье был проведён теоретический анализ методов определения по индексам хиральности для определения электропроводности однослойных углеродных нанотрубок [2].

Благодаря уникальным физическим и химическим свойствам многостенных углеродных нанотрубок, двустенных углеродных нанотрубок и одностенных углеродных нанотрубок одностенные углеродные нанотрубки могут найти применение в различных областях, включая наноэлектронные устройства следующего поколения [3]. Электронные свойства одностенных углеродных нанотрубок зависят от их атомной структуры. Недавние исследования углеродных нанотрубок были направлены на изменение электронных свойств одностенных углеродных нанотрубок путём ковалентной и нековалентной модификации их внешней поверхности, замены атомов углерода чужеродными атомами, интеркалирования пучков и заполнения каналов нанотрубок [4, 5]. Последний способ особенно перспективен, поскольку различные вещества с различными свойствами могут быть заключены в оболочку из одностенных углеродных нанотрубок. Заполнение одностенных углеродных нанотрубок фуллереном C_{60} [6] и $RuCl_3$ [7] впервые было выполнено в 1998 году, и с тех пор эта тема привлекает всё большее внимание.

Разработка теоретической части онлайн-курса по углеродным материалам в рамках учебной дисциплины «Индивидуальный проект»

Опишем результаты разработки части онлайн-курса по учебной дисциплине «Индивидуальный проект» в Google Classroom. Часть онлайн-курса посвящена изучению

физических свойств углеродных наноматериалов.

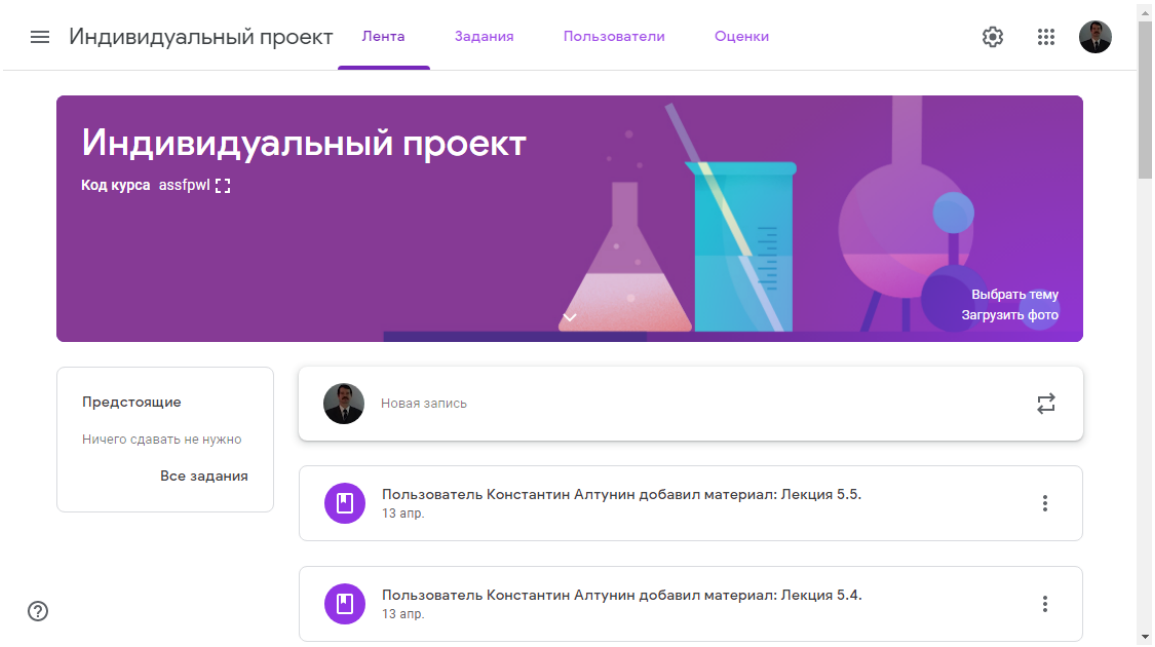


Рис. 1. Лента курса «Индивидуальный проект» в Google Classroom.

Лента курса «Индивидуальный проект» в Google Classroom показана на рис. 1. Лента курса «Индивидуальный проект» служит для индикации обновления элементов курса таких, как материалы, задания, задания с тестами, вопросы.

В качестве преподавателей онлайн-курса по учебной дисциплине «Индивидуальный проект» выступают два человека: соискатель магистерской диссертации и научный руководитель. В качестве учащихся онлайн-курса по учебной дисциплине «Индивидуальный проект» в Google Classroom выступают два школьника 10 Б класса из университетских классов при ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный педагогический университет имени И. Н. Ульянова». В онлайн-курс Google Classroom можно, как приглашать пользователей по адресу электронной почте на Google почте или использовать самостоятельную записать пользователей по коду курса, который указана на главной странице курса.

Материалы онлайн-курса по учебной дисциплине «Индивидуальный проект»

Опишем основные материалы курса по учебной дисциплине «Индивидуальный проект», созданные в Google Classroom. Материалы курса по учебной дисциплине «Индивидуальный проект» могут быть созданы на основе документов, презентаций и таблиц, размещённых в формате Google на Google диске преподавателей курса.

На рис. 2 показана структура лекционного курса из темы по углеродным наноматериалам в составе онлайн-курса по учебной дисциплине «Индивидуальный проект» в Google Classroom. Лекционный курс направлен на усвоение основных понятий наносистем и нанотехнологий, механических и электрических свойств углеродных нанотрубок, описания особенностей взаимодействия углеродных наноматериалов друг с другом и с других материалами, описания особенностей взаимодействия углеродных нанотрубок с учётом проблемы агломераций.

Лекции по теме, связанной с изучением углеродных наноматериалов, размещены в виде материалов «Индивидуальный проект» в Google Classroom. При загрузке файлы лекций преобразованы в формат документов Google.

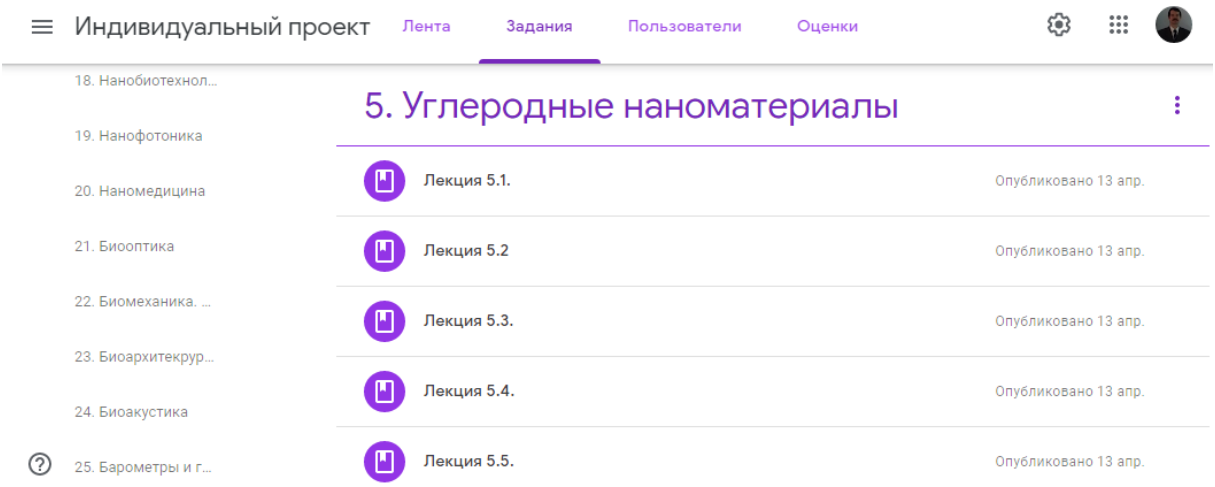


Рис. 2. Структура лекционного курса из темы по углеродным наноматериалам курса «Индивидуальный проект» в Google Classroom.

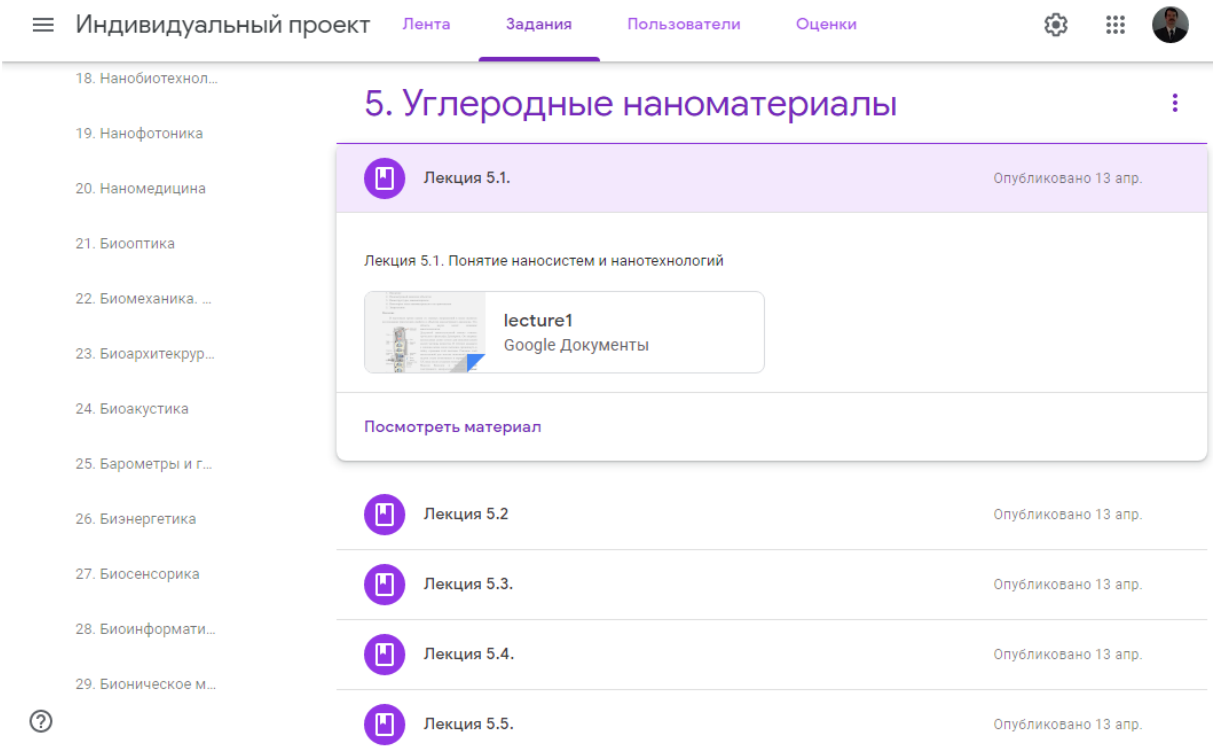
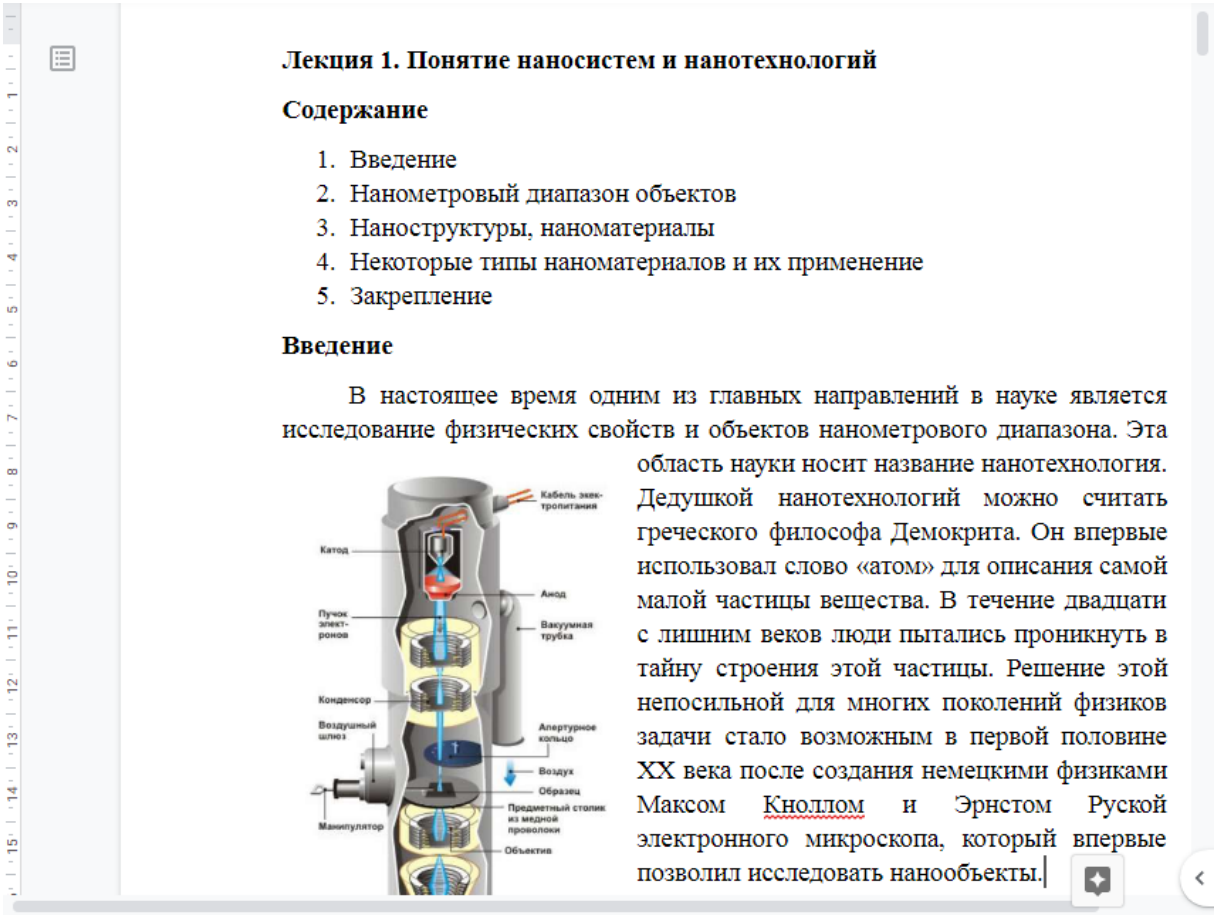


Рис. 3. Лекция 5.1 в составе темы по углеродным наноматериалам курса «Индивидуальный проект» в Google Classroom.

На рис. 3 показан материал онлайн-курса «Индивидуальный проект» в Google Classroom, содержащий лекцию 5.1. Лекция 5.1 посвящена изучению понятий наносистем и нанотехнологий.



Лекция 1. Понятие наносистем и нанотехнологий

Содержание

1. Введение
2. Нанометровый диапазон объектов
3. Наноструктуры, наноматериалы
4. Некоторые типы наноматериалов и их применение
5. Закрепление

Введение

В настоящее время одним из главных направлений в науке является исследование физических свойств и объектов нанометрового диапазона. Эта область науки носит название нанотехнология. Дедушкой нанотехнологий можно считать греческого философа Демокрита. Он впервые использовал слово «атом» для описания самой малой частицы вещества. В течение двадцати с лишним веков люди пытались проникнуть в тайну строения этой частицы. Решение этой непосильной для многих поколений физиков задачи стало возможным в первой половине XX века после создания немецкими физиками Максом Кноллом и Эрнстом Руской электронного микроскопа, который впервые позволил исследовать нанообъекты.

Рис. 4. Развернутый материал элемента лекции 5.1 в составе темы по углеродным наноматериалам в онлайн-курсе по учебной дисциплине «Индивидуальный проект» в Google Classroom.

На рис. 4 представлен развернутый материал элемента лекции 5.1 по изучению понятий наносистем и нанотехнологий в составе темы по углеродным наноматериалам в онлайн-курсе по учебной дисциплине «Индивидуальный проект», созданный при помощи инструментария Google Classroom.

Опишем основные элементы онлайн-курса по учебной дисциплине «Индивидуальный проект» в рамках направления по физике в Google Classroom, которые предназначены для контроля теоретических знаний по курсу.

На рис. 5 представлен материал в виде презентации по нанообъектам на основе углерода в составе темы по углеродным наноматериалам курса «Индивидуальный проект» в Google Classroom.

На рис. 6 представлена презентация по нанообъектам на основе углерода в составе темы по углеродным наноматериалам курса «Индивидуальный проект» в Google Classroom.

Элементы контроля в онлайн-курсе по учебной дисциплине «Индивидуальный проект»

Опишем основные элементы для контроля знаний в онлайн-курсе «Индивидуальный проект» в Google Classroom, которые предназначены для контроля теоретических

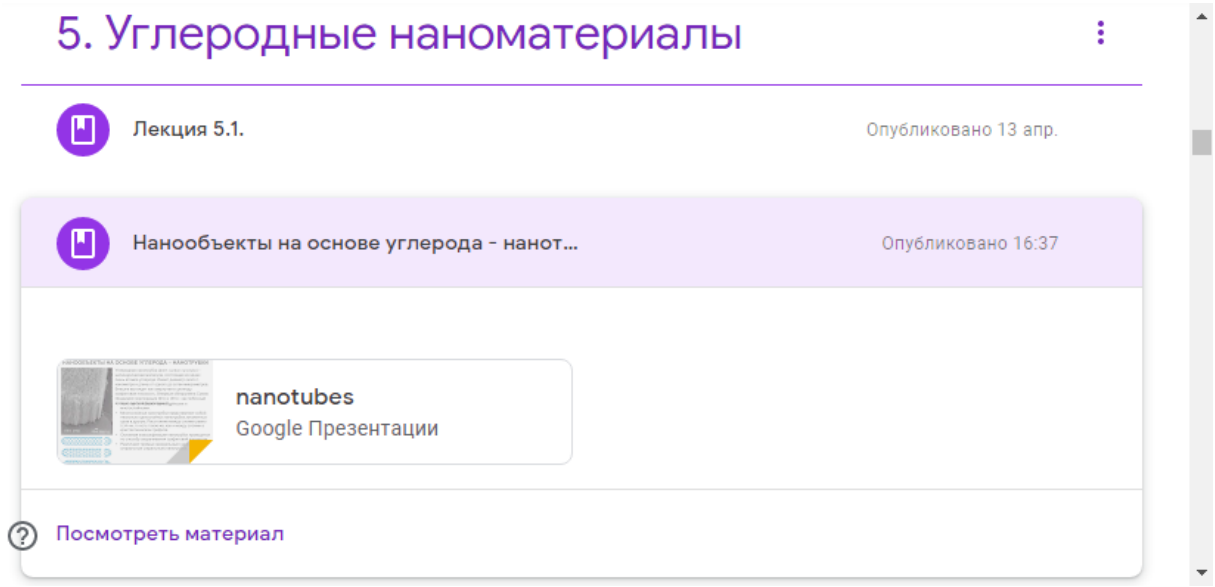


Рис. 5. Материал в виде презентации по нанообъектам на основе углерода в составе темы по углеродным наноматериалам курса «Индивидуальный проект» в Google Classroom.

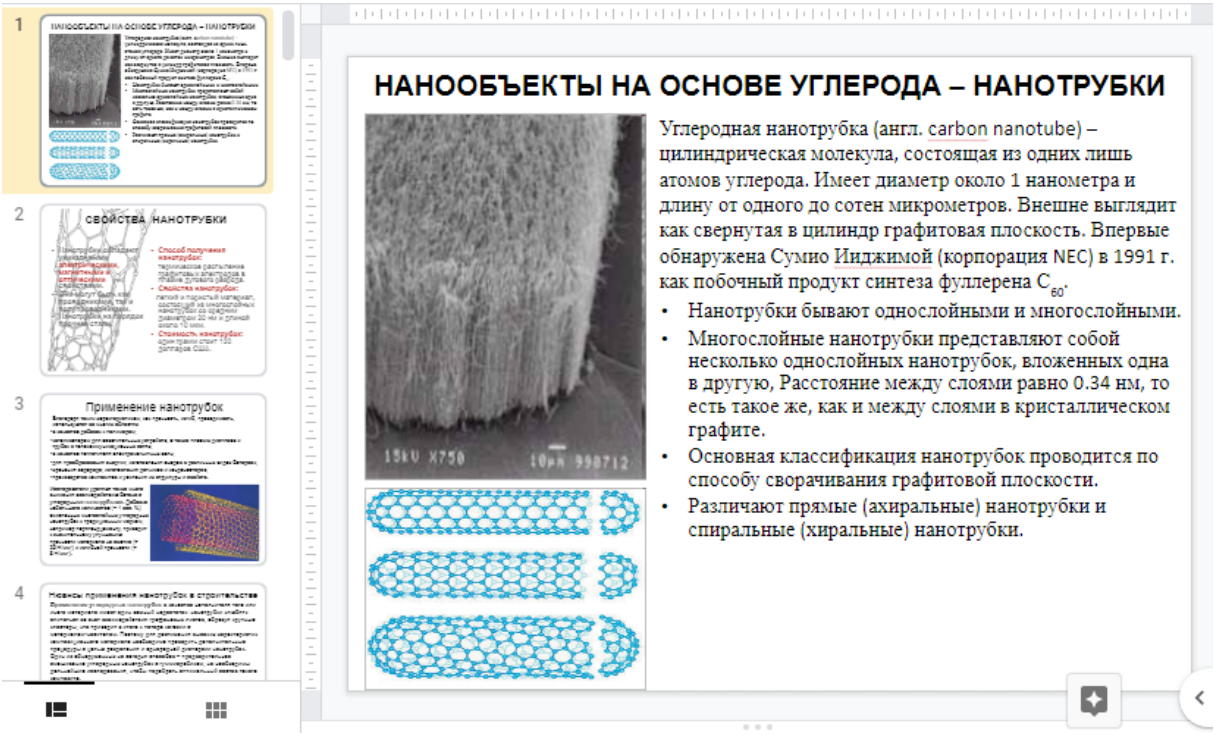


Рис. 6. Презентация по нанообъектам на основе углерода в составе темы по углеродным наноматериалам курса «Индивидуальный проект» в Google Classroom.

знаний по курсу. Для контроля знаний по теме, связанной с изучением углеродных материалов, созданы следующие элементы контроля.

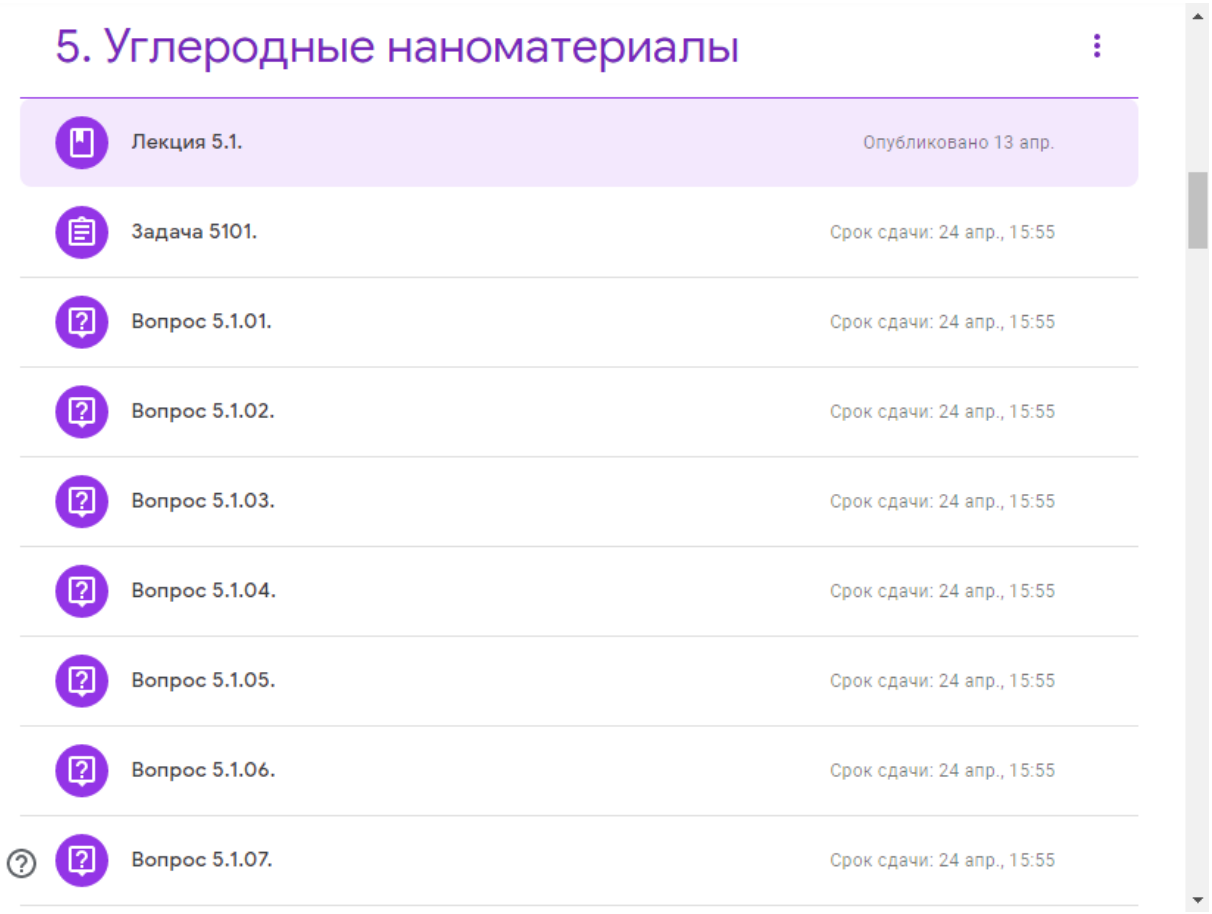


Рис. 7. Задача и вопросы по лекции 5.1 в составе темы по углеродным наноматериалам курса «Индивидуальный проект» в Google Classroom.

На рис. 7 представлены задача и контрольные вопросы по материалу лекции 5.1 в составе темы по углеродным наноматериалам онлайн-курса по учебной дисциплине «Индивидуальный проект» в Google Classroom.

На рис. 8 представлено задание с условием задачи 5101 в составе темы по углеродным наноматериалам курса «Индивидуальный проект».

На рис. 9 представлен вопрос 5.1.01 по основным понятиям о наносистемах и нанотехнологиях в составе темы по углеродным наноматериалам курса «Индивидуальный проект» в Google Classroom.

На рис. 10 представлен вопрос 5.1.02 по основным понятиям о наносистемах и нанотехнологиях в составе темы по углеродным наноматериалам в составе онлайн-курса по учебной дисциплине «Индивидуальный проект», созданный при помощи инструментария Google Classroom.

На рис. 11 представлен вопрос 5.1.03 в составе темы по углеродным наноматериалам курса «Индивидуальный проект» в Google Classroom.

На рис. 12 представлен вопрос 5.1.04 в составе темы по углеродным наноматериалам в составе онлайн-курса по учебной дисциплине «Индивидуальный проект», созданный при помощи инструментария Google Classroom.

На рис. 13 представлен вопрос 5.1.05 в составе темы по углеродным наноматериалам курса «Индивидуальный проект» в Google Classroom.

На рис. 14 представлен вопрос 5.1.06 в составе темы по углеродным наноматериалам курса «Индивидуальный проект» в Google Classroom.

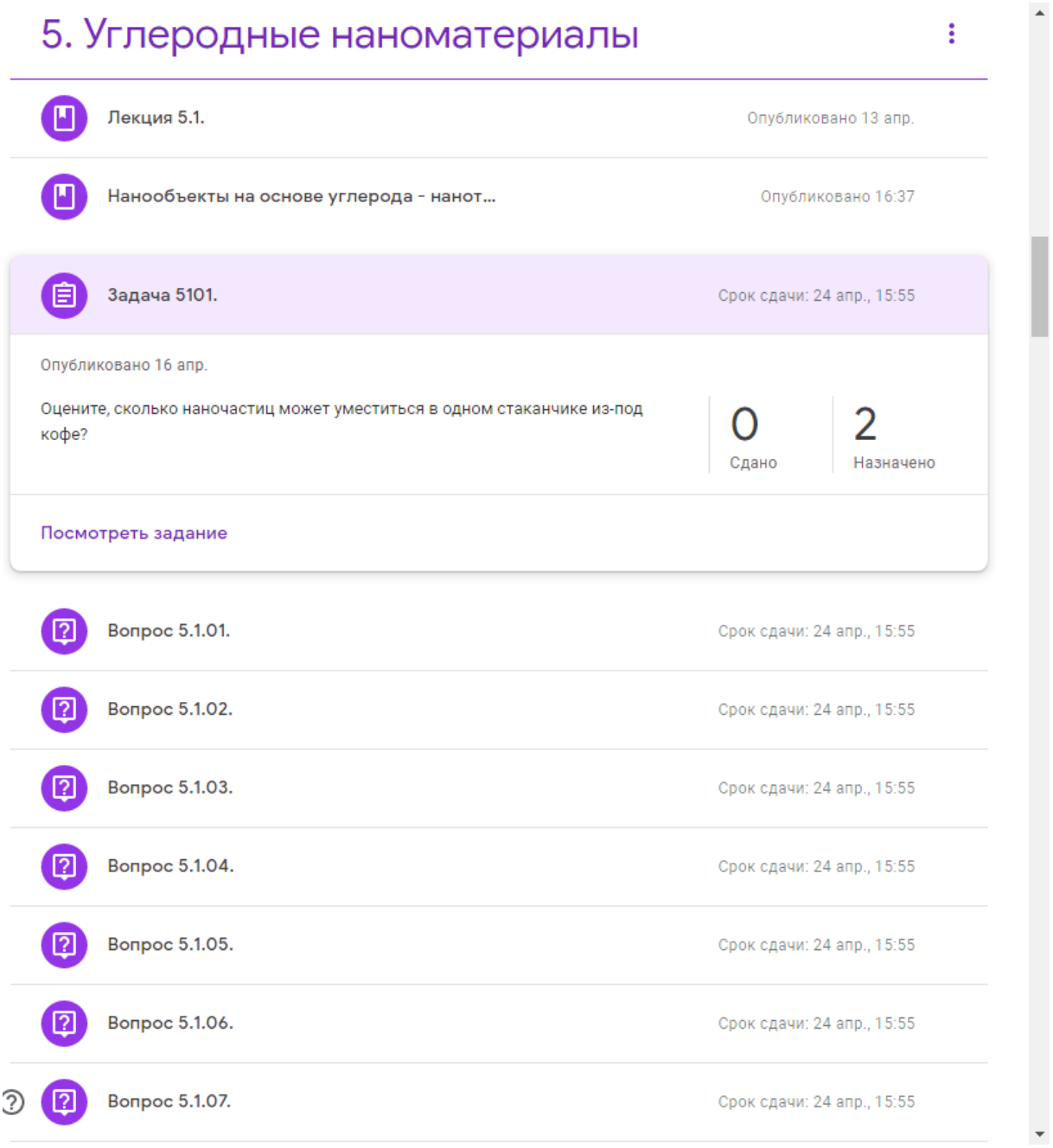


Рис. 8. Задание с условием задачи 5101 в составе темы по углеродным наноматериалам курса «Индивидуальный проект» в Google Classroom.

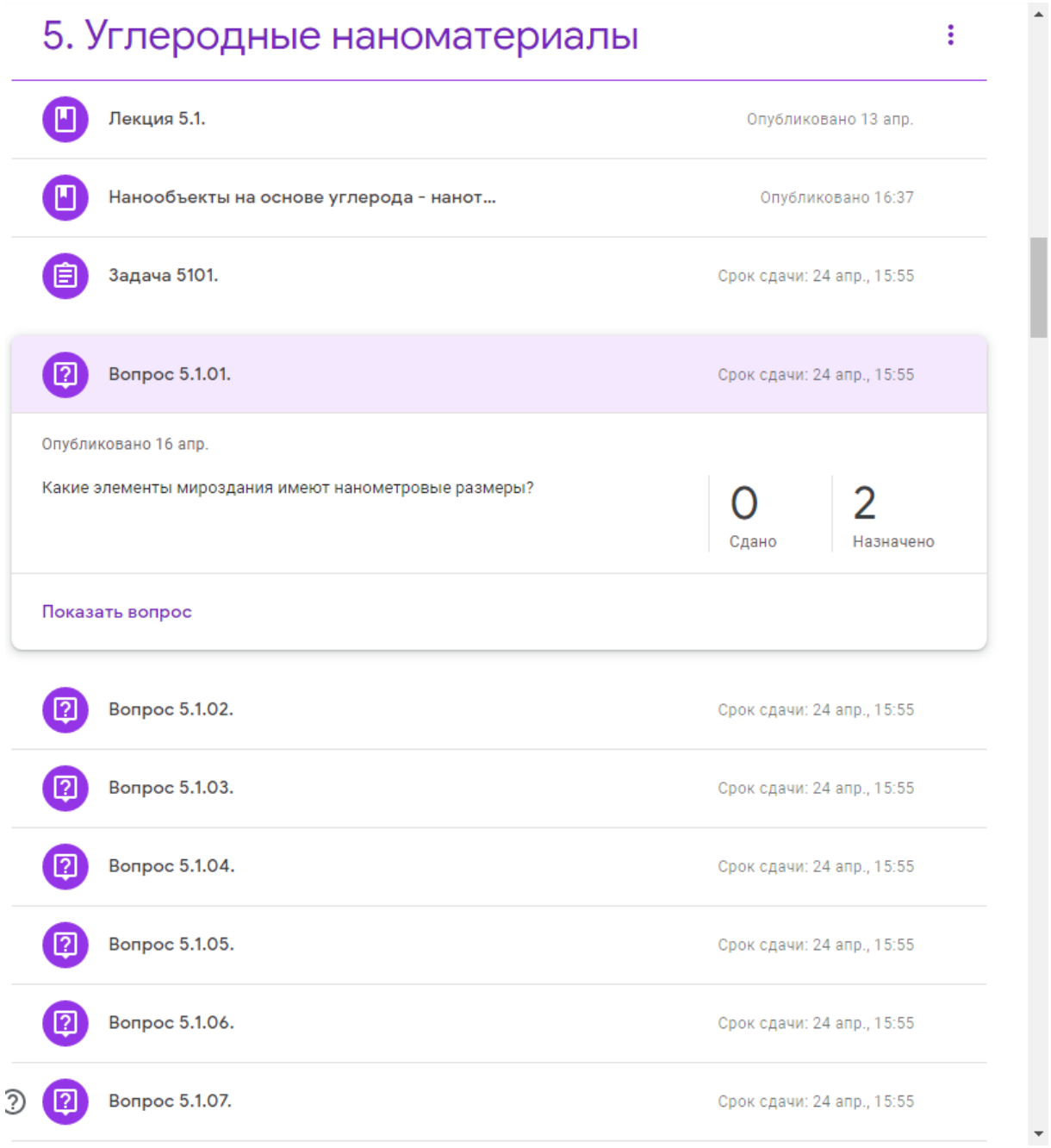


Рис. 9. Вопрос 5.1.01 по основным понятиям о наносистемах и нанотехнологиях в составе темы по углеродным наноматериалам курса «Индивидуальный проект» в Google Classroom.

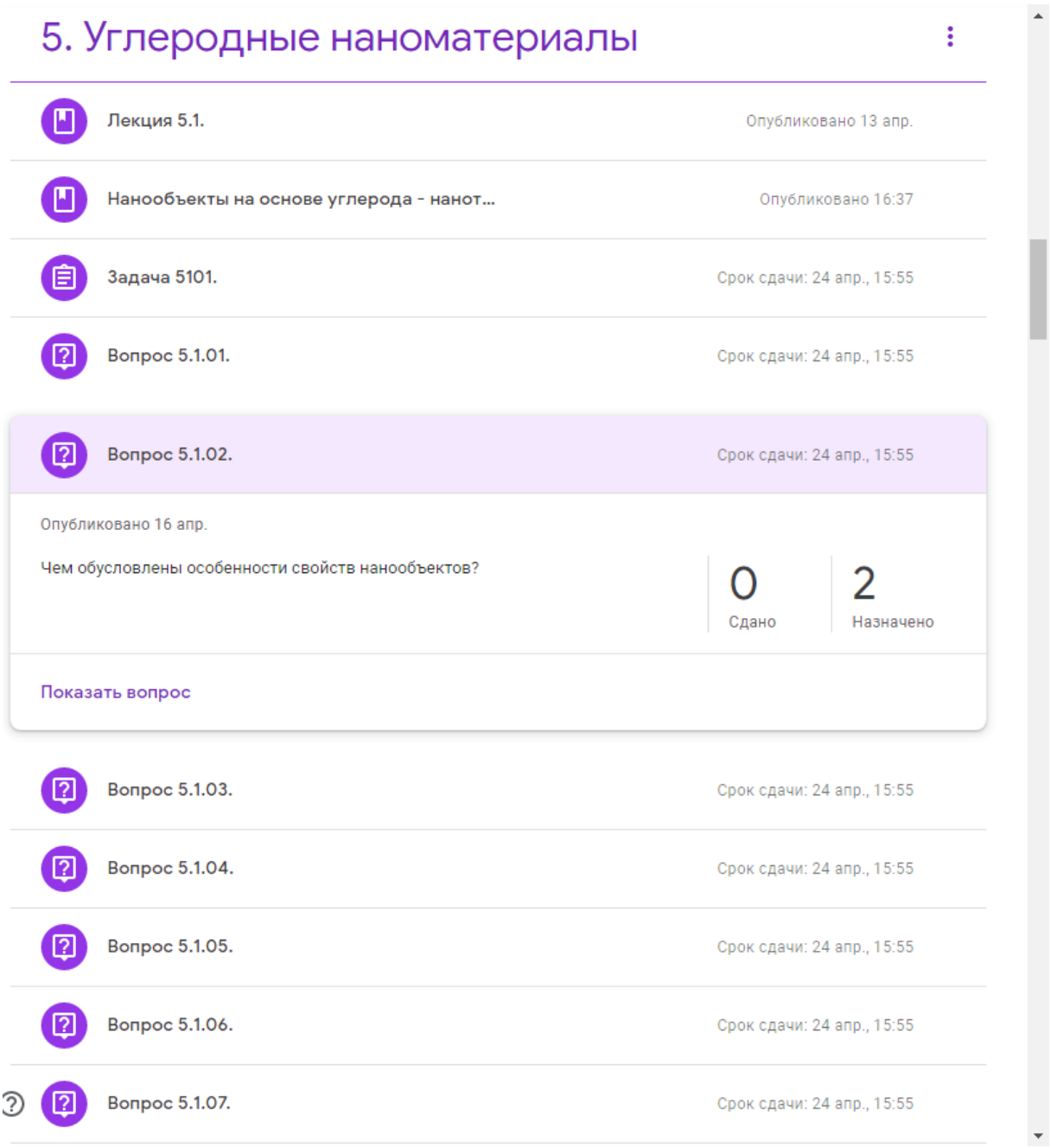


Рис. 10. Вопрос 5.1.02 по основным понятиям о наносистемах и нанотехнологиях в составе темы по углеродным наноматериалам в составе онлайн-курса по учебной дисциплине «Индивидуальный проект» в Google Classroom.

На рис. 15 представлен вопрос 5.1.07 в составе темы по углеродным наноматериалам курса «Индивидуальный проект» в Google Classroom.

На рис. 16 представлен вопрос 5.1.08 в составе темы по углеродным наноматериалам курса «Индивидуальный проект» в Google Classroom.

На рис. 17 представлен Google документ с условием олимпиадной задачи по плоским нанотрубкам в составе темы по углеродным наноматериалам курса «Индивидуальный проект» в Google Classroom.

На рис. 18 изображена диаграмма, поясняющая структуру первого блока контроля знаний по лекции 5.1 в составе темы по углеродным наноматериалам из курса по учебной дисциплине «Индивидуальный проект» в Google Classroom.

На рис. 19 изображена диаграмма, поясняющая структуру второго блока контро-

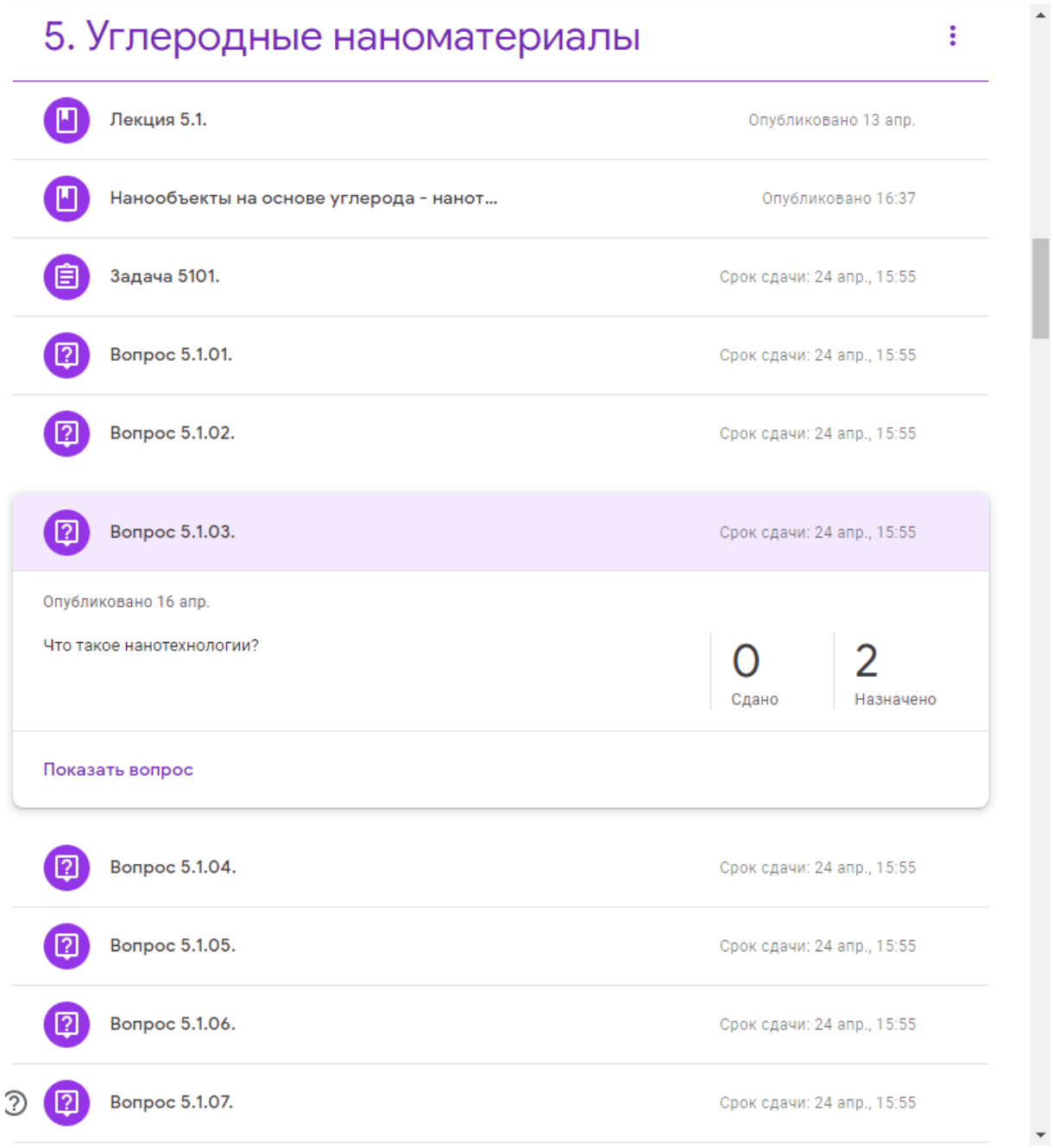


Рис. 11. Вопрос 5.1.03 в составе темы по углеродным наноматериалам курса «Индивидуальный проект» в Google Classroom.

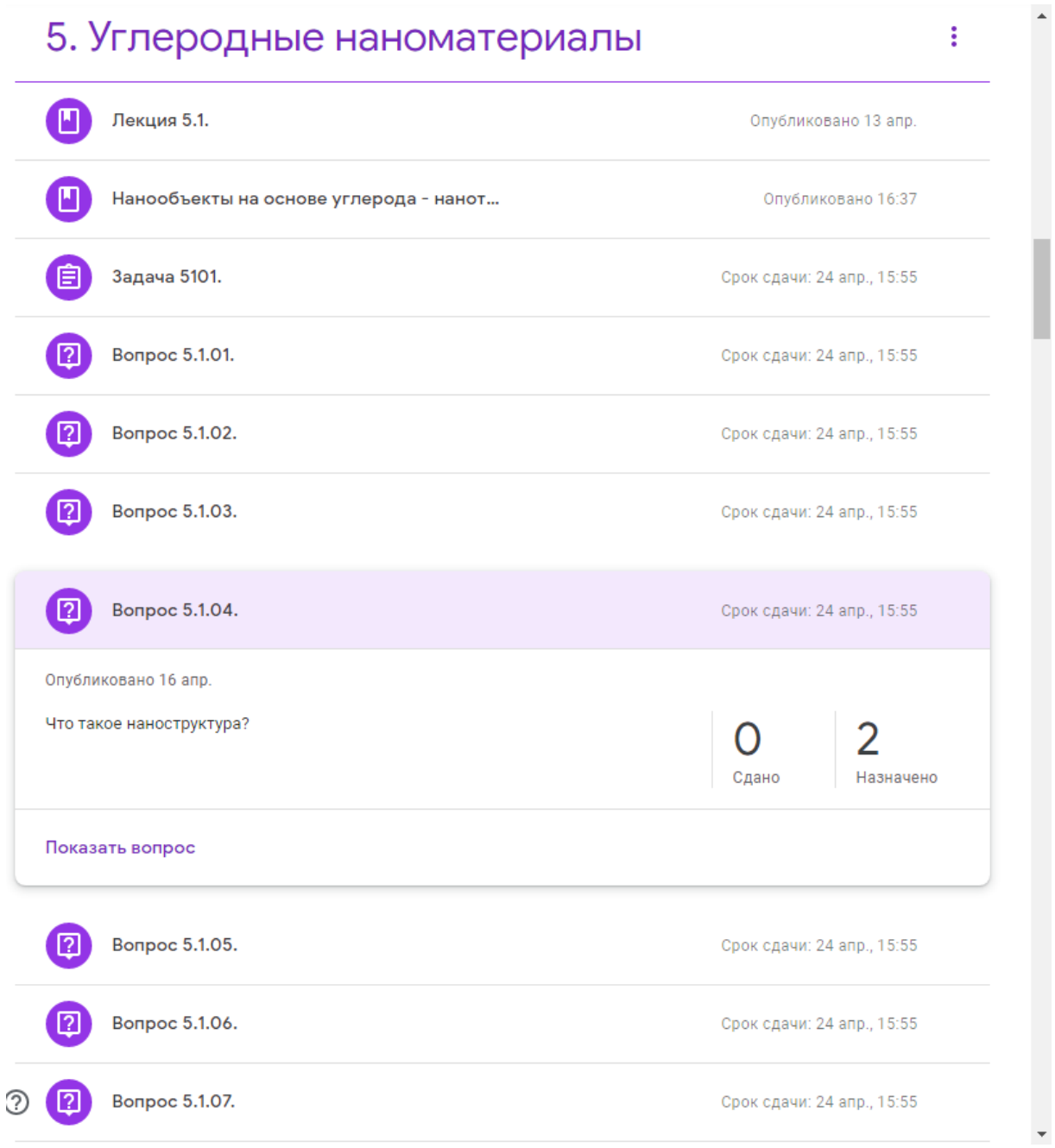


Рис. 12. Вопрос 5.1.04 в составе темы по углеродным наноматериалам в составе онлайн-курса по учебной дисциплине «Индивидуальный проект» в Google Classroom.

ля знаний по лекции 5.2 в составе темы по углеродным наноматериалам из курса по учебной дисциплине «Индивидуальный проект» в Google Classroom.

На рис. 20 изображена диаграмма, поясняющая структуру третьего блока контроля знаний по лекции 5.3 в составе темы по углеродным наноматериалам из курса по учебной дисциплине «Индивидуальный проект» в Google Classroom.

На рис. 21 изображена диаграмма, поясняющая структуру четвёртого блока контроля знаний по лекции 5.4 в составе темы по углеродным наноматериалам из курса по учебной дисциплине «Индивидуальный проект» в Google Classroom.

На рис. 22 изображена диаграмма, поясняющая структуру пятого блока контроля знаний по лекции 5.5 в составе темы по углеродным наноматериалам из курса по учебной дисциплине «Индивидуальный проект» в Google Classroom.

Разработанная тема, посвящённая изучению физических свойств углеродных нано-

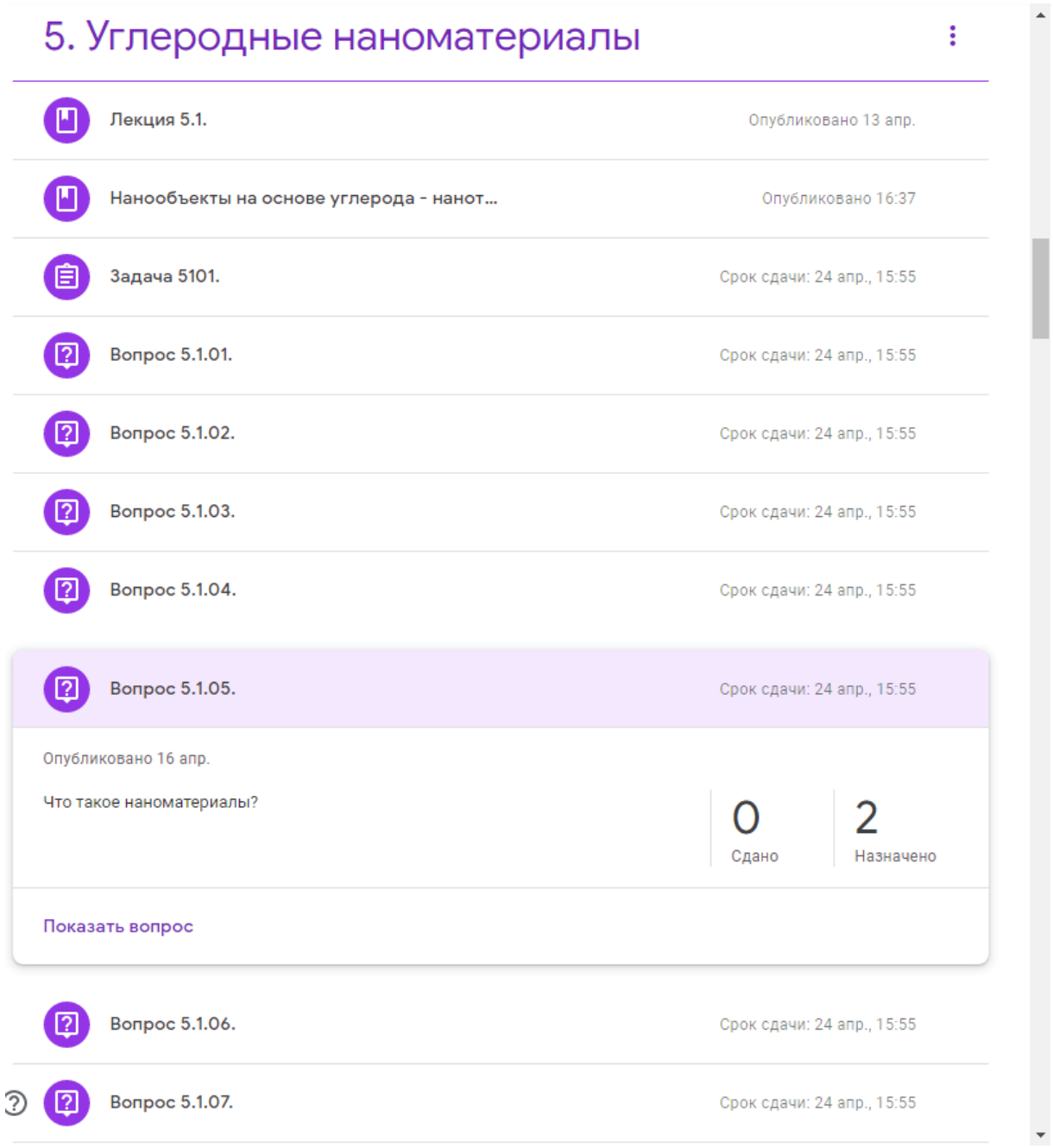


Рис. 13. Вопрос 5.1.05 в составе темы по углеродным наноматериалам курса «Индивидуальный проект» в Google Classroom.

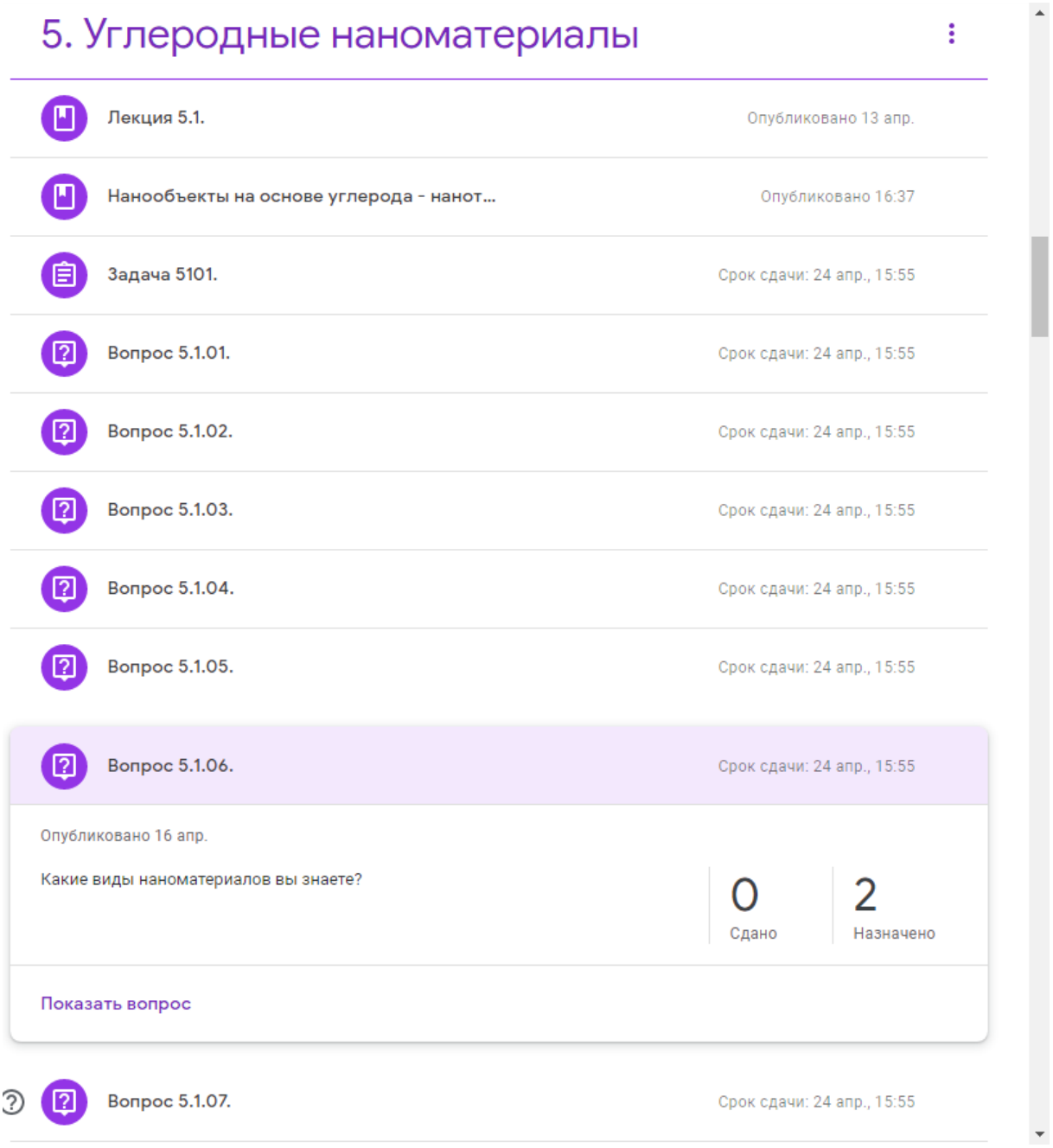


Рис. 14. Вопрос 5.1.06 в составе темы по углеродным наноматериалам курса «Индивидуальный проект» в Google Classroom.

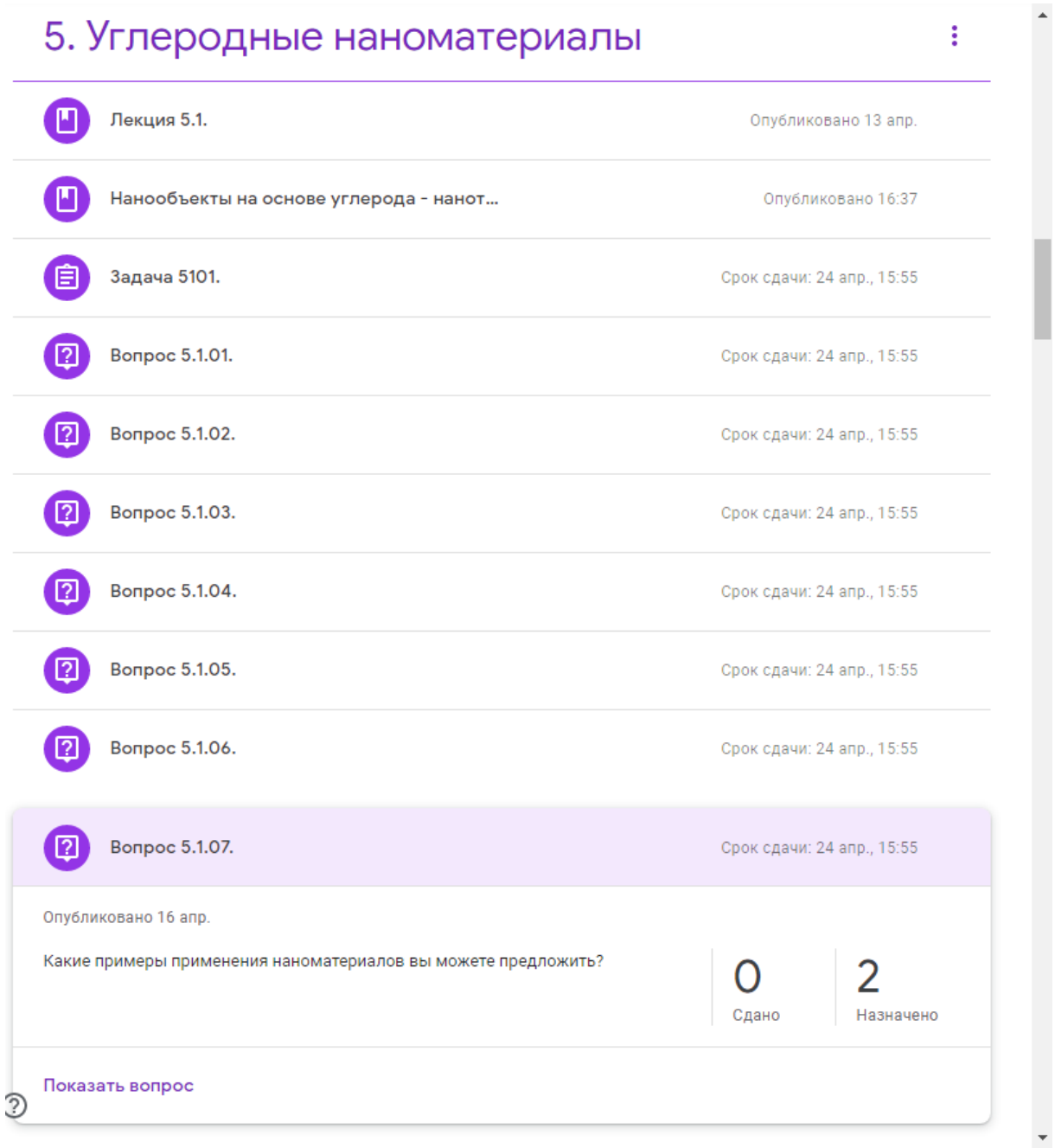


Рис. 15. Вопрос 5.1.07 в составе темы по углеродным наноматериалам курса «Индивидуальный проект» в Google Classroom.

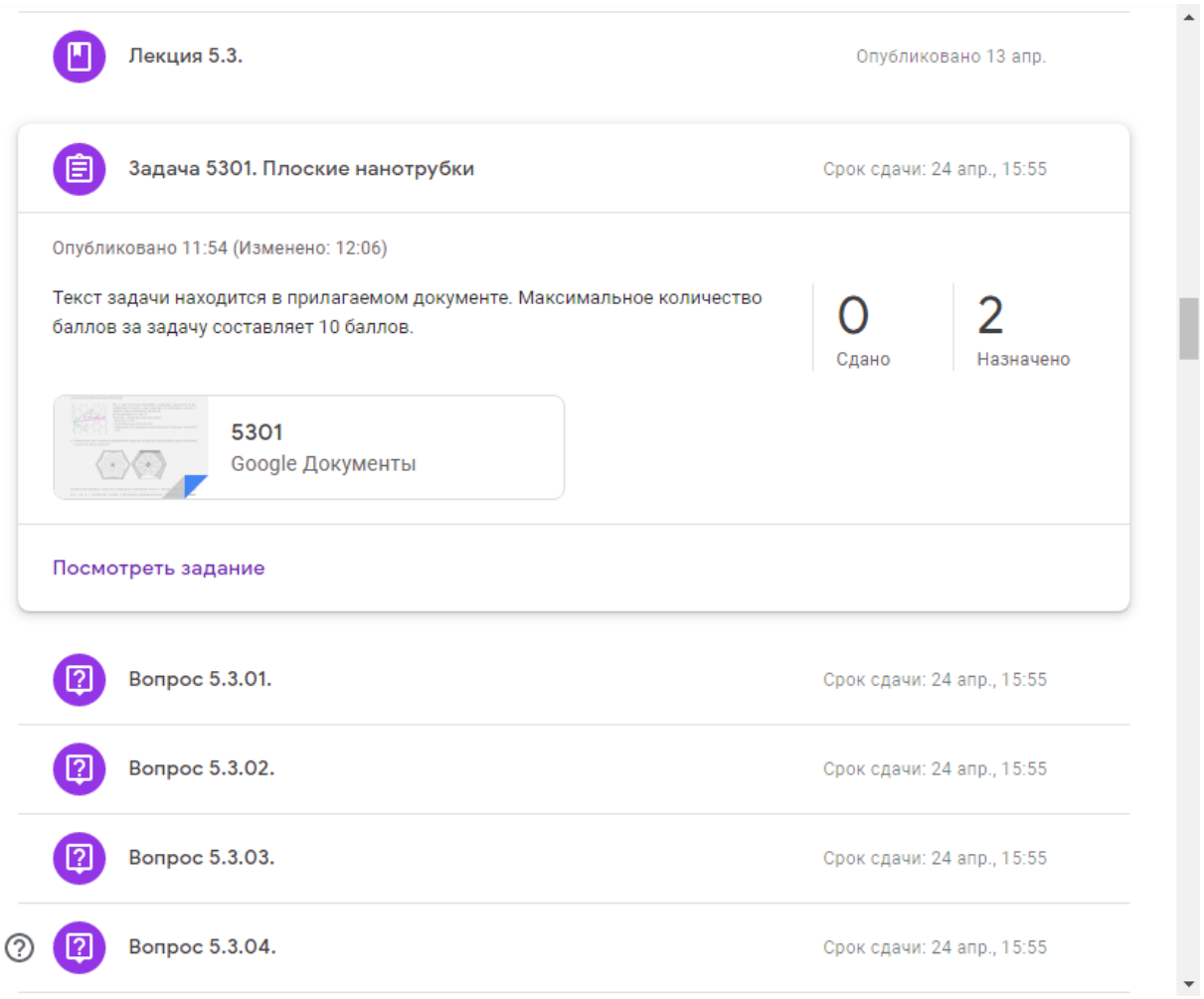
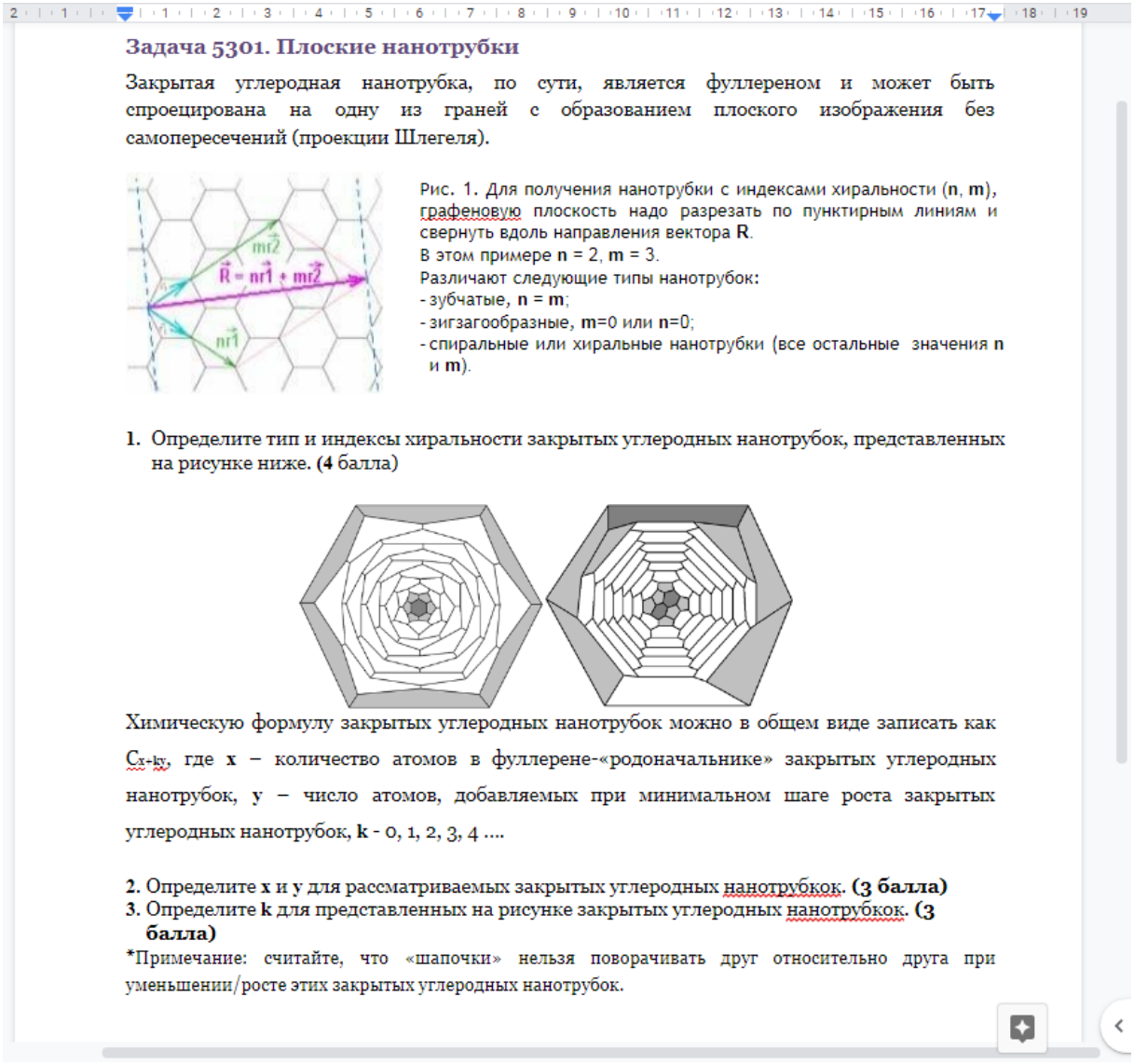


Рис. 16. Вопрос 5.1.08 в составе темы по углеродным наноматериалам курса «Индивидуальный проект» в Google Classroom.



Задача 5301. Плоские нанотрубки

Закрытая углеродная нанотрубка, по сути, является фуллереном и может быть спроецирована на одну из граней с образованием плоского изображения без самопересечений (проекции Шлегеля).

Рис. 1. Для получения нанотрубки с индексами хиральности (**n**, **m**), графеновую плоскость надо разрезать по пунктирным линиям и свернуть вдоль направления вектора **R**.
В этом примере **n** = 2, **m** = 3.
Различают следующие типы нанотрубок:
- зубчатые, **n** = **m**;
- зигзагообразные, **m**=0 или **n**=0;
- спиральные или хиральные нанотрубки (все остальные значения **n** и **m**).

1. Определите тип и индексы хиральности закрытых углеродных нанотрубок, представленных на рисунке ниже. **(4** балла)

Химическую формулу закрытых углеродных нанотрубок можно в общем виде записать как $C_{x\text{-}ky}$, где **x** – количество атомов в фуллерене-«родоначальнике» закрытых углеродных нанотрубок, **y** – число атомов, добавляемых при минимальном шаге роста закрытых углеродных нанотрубок, **k** - 0, 1, 2, 3, 4 ....

2. Определите **x** и **y** для рассматриваемых закрытых углеродных нанотрубок. **(3 балла)**
3. Определите **k** для представленных на рисунке закрытых углеродных нанотрубок. **(3 балла)**

*Примечание: считайте, что «шапочки» нельзя поворачивать друг относительно друга при уменьшении/росте этих закрытых углеродных нанотрубок.

Рис. 17. Документ с условием олимпиадной задачи по плоским нанотрубкам в составе темы по углеродным наноматериалам курса «Индивидуальный проект» в Google Classroom.

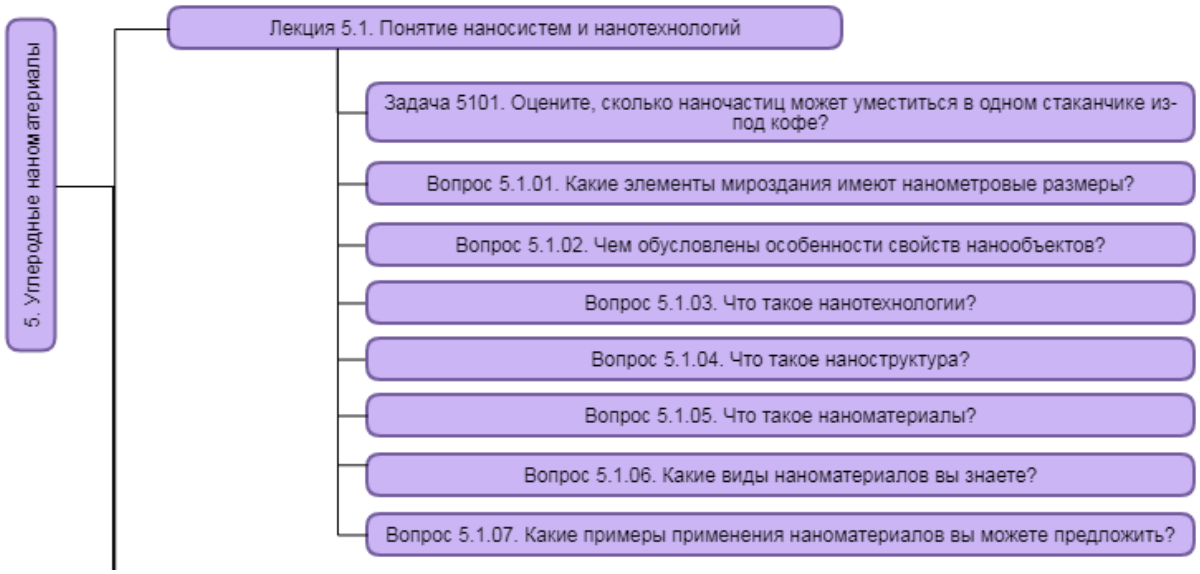


Рис. 18. Диаграмма, поясняющая структуру первого блока контроля знаний по лекции 5.1 в составе темы по углеродным наноматериалам из курса «Индивидуальный проект» в Google Classroom.

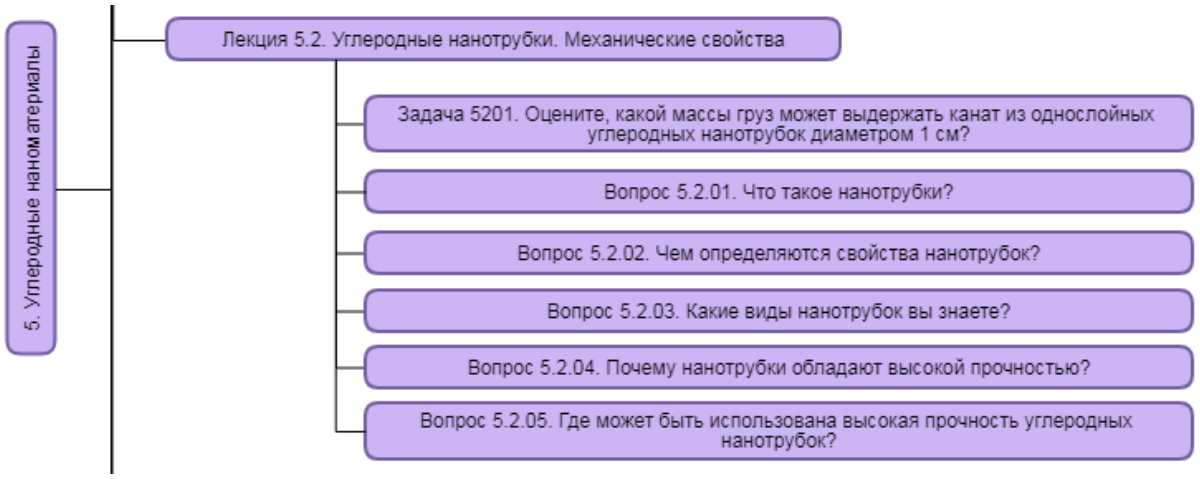


Рис. 19. Диаграмма, поясняющая структуру второго блока контроля знаний по лекции 5.2 в составе темы по углеродным наноматериалам из курса «Индивидуальный проект» в Google Classroom.

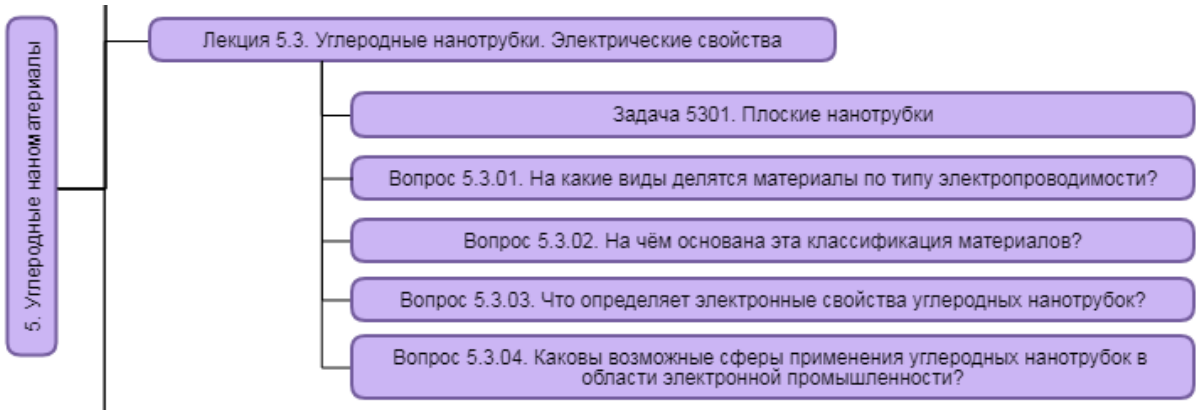


Рис. 20. Диаграмма, поясняющая структуру третьего блока контроля знаний по лекции 5.3 в составе темы по углеродным наноматериалам из курса «Индивидуальный проект» в Google Classroom.

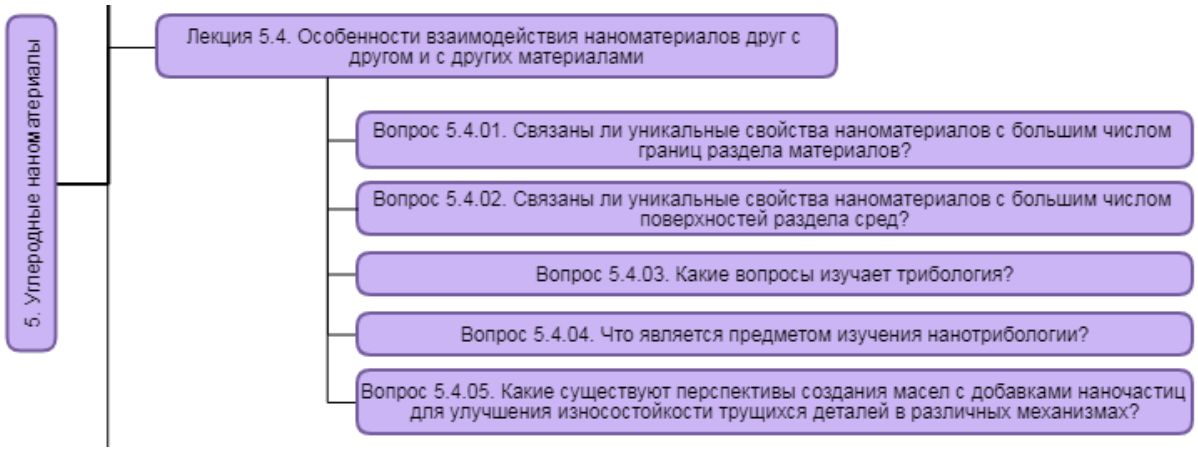


Рис. 21. Диаграмма, поясняющая структуру четвёртого блока контроля знаний по лекции 5.4 в составе темы по углеродным наноматериалам из курса «Индивидуальный проект» в Google Classroom.

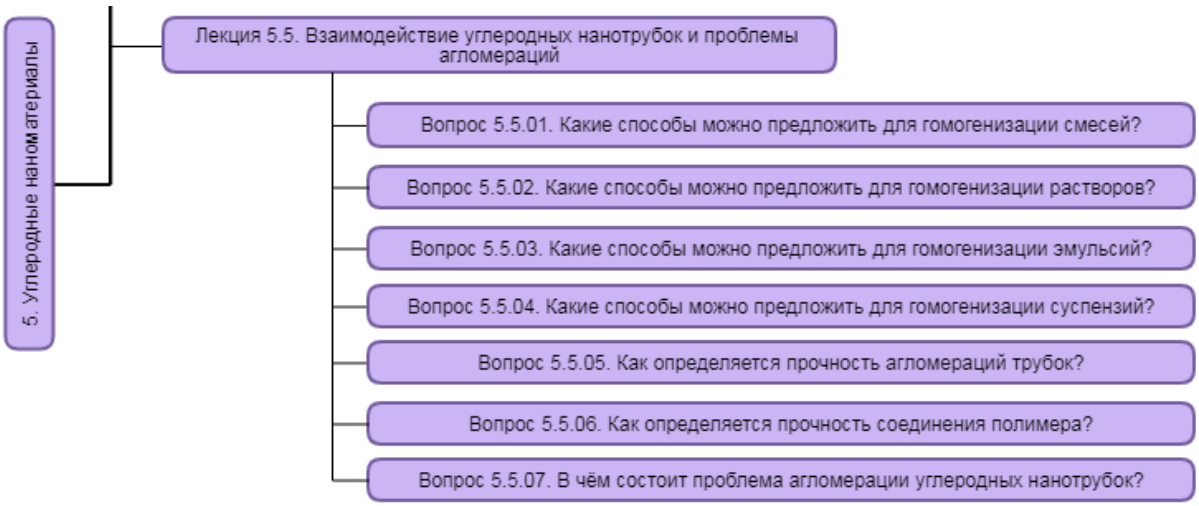


Рис. 22. Диаграмма, поясняющая структуру пятого блока контроля знаний по лекции 5.5 в составе темы по углеродным наноматериалам из курса «Индивидуальный проект» в Google Classroom.

материалов, может быть предложена, как школьникам старших классов с углубленным изучением физико-математических предметов или естественнонаучных предметов, так и студентам педагогических вузов, обучающимся по профилю, связанному с физикой.

В данном параграфе проведено описание разработанного электронного образовательного ресурса в виде онлайн-курса по углеродным нанотрубкам. Использование части онлайн-курса в ходе изучения учебной дисциплины «Индивидуальный проект» в университетских классах показало необходимость постоянного обеспечения информационной поддержки изучения темы, связанной с углеродными нанотрубками, в рамках учебной дисциплины «Индивидуальный проект».

Заключение

Даже после более чем двух десятилетий всесторонних фундаментальных исследований с момента их открытия углеродные нанотрубки продолжают удивлять исследователей потенциальными новыми приложениями и интересными открытиями новых физических явлений и свойств. Из-за огромного стремления найти практическое применение, исследования углеродных нанотрубок активно проводятся в различных областях, включая накопление энергии, молекулярную электронику, наномеханические устройства, композиты, а также химическое сенсирование и биосенсирование.

В современной технологии материалов углеродные нанотрубки стали кандидатами для изготовления новых устройств и систем доставки лекарств. Они были успешно реализованы для разработки новых систем доставки лекарств. Углеродные нанотрубки демонстрируют многочисленные возможности в областях применения, таких как терапия, биомедицинские применения, инженерия костной ткани. Кроме того, некоторые стратегии химической модификации углеродных нанотрубок также обсуждались с точки зрения ковалентных и нековалентных связей. Углеродные нанотрубки всё ещё обладают большим потенциалом для применения в биомедицинских приложениях благодаря гибкости их модификации, проводимости и эластичности. Из-за таких уникальных свойств углеродные нанотрубки стали интересной областью исследований для разработки новых систем доставки лекарств для лучшего высвобождения терапевтических агентов.

Уникальные свойства углеродных нанотрубок открыли новую эпоху создания современных многофункциональных нанокомпозитов. Включение углеродных нанотрубок в полимерные матрицы дает материалы, которые можно использовать для многих высокопроизводительных инженерных задач. Исследования на основе полимерных нанокомпозитов на основе углеродных нанотрубок показывают, что углеродные нанотрубки имеют большой потенциал для изменения свойств полимерных нанокомпозитов. Качество углеродных нанотрубок, армированных полимерными нанокомпозитами, зависит от нескольких факторов, таких как тип углеродных нанотрубок, хиральность, дисперсия, выравнивание, чистота, соотношение сторон, функционализация и межфазное взаимодействие между углеродными нанотрубками и полимерной матрицей.

В работе описаны результаты разработки теоретической части и элементов контроля Google курса по углеродным нанотрубкам в рамках учебной дисциплины «Индивидуальный проект». Разработанные теоретические материалы и элементы для контроля знаний в рамках темы, посвящённой изучению физических свойств углеродных наноматериалов, использованы для создания онлайн-курса для школьников старших классов с углубленным изучением естественнонаучных предметов. Использование части онлайн-курса в ходе изучения учебной дисциплины «Индивидуальный проект» в университетских классах показало необходимость постоянного обеспечения информационной поддержки изучения темы, связанной с углеродными нанотрубками, в рамках учебной дисциплины «Индивидуальный проект».

Список использованных источников

1. Шмыгова И. С., Чаадаев А. А. Сильное взаимодействие в жгутах многослойных углеродных нанотрубок: оценочный теоретический расчёт // Наука online. — 2018. — № 2 (3). — С. 92–100.

2. Шмыгова И. С., Чаадаев А. А. Электропроводность однослойных углеродных нанотрубок: теоретический анализ методов определения по индексам хиральности // Наука online. — 2017. — С. 128–136.

3. Endo Morinobu, Strano Michael S., Ajayan Pulickel M. Potential Applications of Carbon Nanotubes // Topics in Applied Physics. — Springer Berlin Heidelberg, 2007. — P. 13–62. — URL: https://doi.org/10.1007/978-3-540-72865-8_2.

4. Kharlamova M. V. Electronic properties of pristine and modified single-walled carbon nanotubes // Physics-Uspekhi. — 2013. — nov. — Vol. 56, no. 11. — P. 1047–1073. — URL: https://doi.org/10.3367/ufne.0183.201311a.1145.

5. Kharlamova M. V. Advances in tailoring the electronic properties of single-walled carbon nanotubes // Progress in Materials Science. — 2016. — apr. — Vol. 77. — P. 125–211. — URL: https://doi.org/10.1016/j.pmatsci.2015.09.001.

6. Smith Brian W., Monthioux Marc, Luzzi David E. Encapsulated C_{60} in carbon nanotubes // Nature. — 1998. — nov. — Vol. 396, no. 6709. — P. 323–324. — URL: https://doi.org/10.1038/24521.

7. The opening and filling of single walled carbon nanotubes (SWTs) / Jeremy Sloan [et al.] // Chemical Communications. — 1998. — no. 3. — P. 347–348. — URL: https://doi.org/10.1039/a707632k.

Сведения об авторах:

Ирина Сергеевна Шмыгова — магистрант факультета физико-математического и технологического образования ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный педагогический университет имени И. Н. Ульянова».

E-mail: shmygova.is@gmail.com

ORCID iD 0000-0001-5383-9983

Web of Science ResearcherID AAZ-8127-2020

Константин Константинович Алтунин — кандидат физико-математических наук, доцент, доцент кафедры физики и технических дисциплин ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный педагогический университет имени И. Н. Ульянова».

E-mail: kostya_altunin@mail.ru

ORCID iD 0000-0002-0725-9416

Web of Science ResearcherID I-5739-2014

SCOPUS ID 57201126207

Development of an online course on carbon materials

I. S. Shmygova, K. K. Altunin

Ulyanovsk State Pedagogical University, 432071, Ulyanovsk, Russia

Submitted June 29, 2020
Resubmitted September 27, 2020
Published October 10, 2020

Abstract. An online course on carbon materials has been developed as part of the academic discipline "Individual project". The initial testing of the online course on carbon materials within the academic discipline "Individual project" in university classes was carried out.

Keywords: physics, education, distance technologies, carbon materials, nanotubes

References

1. Shmygova I. S., Chaadaev A. A. Strong Interaction in Multiwalled Carbon Nanotube Bundles: Estimated Theoretical Calculation // Science online: electronic scientific journal. — 2018. — no. 2 (3). — P. 92–100.

2. Shmygova I. S., Chaadaev A. A. Electrical conductivity of single-walled carbon nanotubes: theoretical analysis of methods for determination by chirality indices // Science online: electronic scientific journal. — 2017. — P. 128–136.

3. Endo Morinobu, Strano Michael S., Ajayan Pulickel M. Potential Applications of Carbon Nanotubes // Topics in Applied Physics. — Springer Berlin Heidelberg, 2007. — P. 13–62. — URL: https://doi.org/10.1007/978-3-540-72865-8_2.

4. Kharlamova M. V. Electronic properties of pristine and modified single-walled carbon nanotubes // Physics-Uspekhi. — 2013. — nov. — Vol. 56, no. 11. — P. 1047–1073. — URL: https://doi.org/10.3367/ufne.0183.201311a.1145.

5. Kharlamova Marianna V. Advances in tailoring the electronic properties of single-walled carbon nanotubes // Progress in Materials Science. — 2016. — apr. — Vol. 77. — P. 125–211. — URL: https://doi.org/10.1016/j.pmatsci.2015.09.001.

6. Smith Brian W., Monthioux Marc, Luzzi David E. Encapsulated C_{60} in carbon nanotubes // Nature. — 1998. — nov. — Vol. 396, no. 6709. — P. 323–324. — URL: https://doi.org/10.1038/24521.

7. The opening and filling of single walled carbon nanotubes (SWTs) / Jeremy Sloan [et al.] // Chemical Communications. — 1998. — no. 3. — P. 347–348. — URL: https://doi.org/10.1039/a707632k.

Information about authors:

Irina Sergeevna Shmygova — Master's student of the Faculty of Physics, Mathematics and Technological Education of the Ulyanovsk State Pedagogical University.

E-mail: shmygova.is@gmail.com

ORCID iD 0000-0001-5383-9983

Web of Science ResearcherID AAZ-8127-2020

Konstantin Konstantinovich Altunin – PhD in Physics and Mathematics, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Physics and Technical Disciplines of the Ulyanovsk State Pedagogical University.

E-mail: kostya_altunin@mail.ru

ORCID iD 0000-0002-0725-9416

Web of Science ResearcherID I-5739-2014

SCOPUS ID 57201126207

УДК 530.1
ББК 22.31
ГРНТИ 29.31.21
ВАК 01.04.05

Разработка дистанционного курса по оптике антибликовых покрытий

Я. С. Замлелова [1]

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ульяновский государственный педагогический университет имени И. Н. Ульянова», 432071, Ульяновск, Россия

Поступила в редакцию 7 сентября 2020 года
После переработки 3 октября 2020 года
Опубликована 10 октября 2020 года

Аннотация. Рассматривается результат размещения разработанных теоретических материалов в составе дистанционного курса по оптике антибликовых покрытий. Описан результат разработки материалов дистанционного курса по оптике антибликовых покрытий.

Ключевые слова: оптика, антибликовое покрытие, дистанционные технологии, курс, физико-математическое образование

Введение

В настоящее время одним из наиболее перспективных и быстро развивающихся направлений в оптике является исследование оптических характеристик антибликовых покрытий. В связи с этим становится актуальной задача разработки курса по новым теоретическим материалам оптики антибликовых покрытий.

Целью работы является исследование технологии разработки онлайн-курса по оптике антиотражающих покрытий.

Задачей работы является разработка теоретических материалов и элементов контроля знаний в составе онлайн-курса по оптике антиотражающих покрытий.

Объектом исследования является процесс разработки курса по оптике антиотражающих покрытий.

Предметом исследования является процесс разработки курса по оптике антиотражающих покрытий с использованием инструментария Google Classroom.

Гипотеза исследования состоит в том, что если проводить занятия по оптике антиотражающих покрытий с использованием онлайн-курса, то можно компенсировать часть аудиторных занятий в условиях дистанционного обучения. Можно обеспечить использование схемных и знаковых моделей учебного материала по оптике антиотражающих покрытий, что будет способствовать значительной интенсификации учебного процесса по оптике антиотражающих покрытий.

[1] E-mail: zamlelowa1998@mail.ru

Обзор работ по интенсификации процесса обучения физике

Процесс решения физических задач является одной из составляющих образования школьников по физике.

По мнению известных методистов, главное назначение физических задач заключается в изучении физических явлений, формировании понятий, развитии физического мышления учащихся и привитии им умений применять свои знания на практике [1].

Психологи утверждают, что мышление человека реализуется через видение и решение задач, при этом оно всегда связано с задачей, выступающей объектом, управляющим процессом мышления человека [2, 3]. Одной из характеристик мышления является его стиль, как нормы научного подхода к исследованиям и его результатам. Сформировать стиль мышления можно, опираясь на методологию фундаментальных наук, которые в качестве исследования процессов используют множественность описания, а это язык и модели. Математика является языком физики, обеспечивающая адекватный выбор математического аппарата для решения физических задач. Использование математического аппарата интенсифицирует процесс решения задач по физике. Деятельность школьника организуется в рамках концентрированного обучения [4] таким образом, что освобождается время для решения более сложных задач и изучения теоретических вопросов по физике.

В последние два десятилетия широкое распространение получили так называемые активные методы обучения, побуждающие обучающихся к самостоятельному добыванию знаний, активизирующие их познавательную деятельность, развитие мышления, формирование практических умений и навыков. Именно на решение этих задач направлены проблемно-поисковые и творческие воспроизводящие методы.

Интенсификация образовательного процесса включает активизацию познавательной деятельности и межнаучных связей. Как вид познавательной деятельности умение решать задачи у школьника должно быть обобщённым. Это предполагает последовательное системное продвижение в процессе обучения от умения решать задачи по конкретной теме до обобщённых умений, когда возможно применение навыков в измененной ситуации. Способность выполнить эту операцию зависит от того, насколько верно была организована деятельность школьника, составляет ли она систему или носит стихийный характер.

Среди известных методик по интенсификации обучения центральное место занимает методика опорных конспектов В. Ф. Шаталова [5], которая заключается в использовании моделирования совокупности информации посредством отражения её в знаках, символах.

Фреймовый подход применяется для интенсификации образовательного процесса, обеспечивающего освоение таких же объёмов учебной информации в более короткие сроки. Необходимость применения интенсивных методов обусловлена дефицитом учебного времени на изучение физики [6]. Фрейм является центральным понятием когнитивной науки [7], предметом изучения которой является когниция — знание и познание, которые рассматриваются неотделимо от речи и мыслительной деятельности, ментальных процессов, дающих описания типовых объектов и событий. Фреймы выражаются в текстовом виде как фреймы-сценарии и в графическом – в виде схем [8]. Анализ использования фреймов в практике обучения позволяет сформулировать основные положения фреймового подхода [6, 9, 10].

В [11] рассматриваются различные методические аспекты применения компьютеров при решении физических задач по оптике.

В [12] описан результат разработки электронных образовательных ресурсов в педагогическом университете при помощи инструментов Google Site и MOODLE, а также проведено сравнение возможностей платформ Google Site и MOODLE для создания

электронных образовательных ресурсов по физике.

В [13] описан результат исследования информационных образовательных сред и электронных образовательных ресурсов по физике на примере темы по фотоэффекту, созданных с использованием инструментов Google Sites.

В [14] описан результат разработки и внедрения электронного образовательного ресурса по нанооптике. Рассматриваемый в этой работе электронный образовательный ресурс по нанооптике имеет структуру сайта.

Материалы онлайн-курса по оптике антибликовых покрытий

В работе создана часть онлайн-курса по антибликовым покрытиям, которая наполнена разработанными теоретическими материалами и элементами контроля в виде задач и вопросов по оптике антибликовых покрытий. Разработка части онлайн-курса по антибликовым покрытиям выполнялась при помощи инструментария Google Classroom. Разработанная часть онлайн-курса по антибликовым покрытиям может быть использована в процессе преподавания физики в университете.

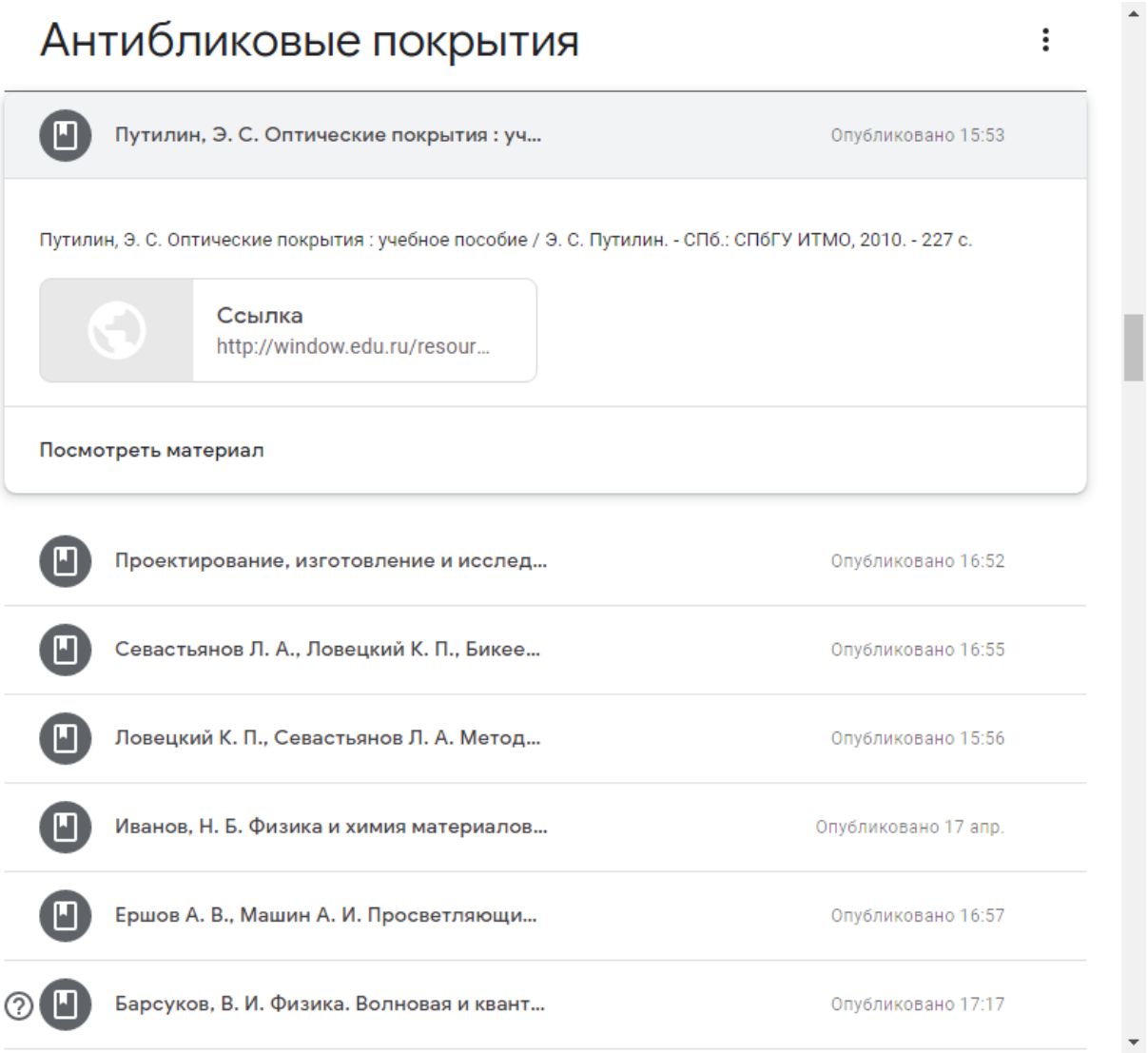


Рис. 1. Теоретические материалы темы по оптике антибликовых покрытий.

На рис. 1 изображены теоретические материалы темы по оптике антибликовых покрытий в составе онлайн-курса в Google Classroom. В виде материалов части онлайн-

курса представлены гипертекстовые ссылки на учебные пособия по оптическим покрытиям, представленные в свободном доступе в едином образовательном окне.

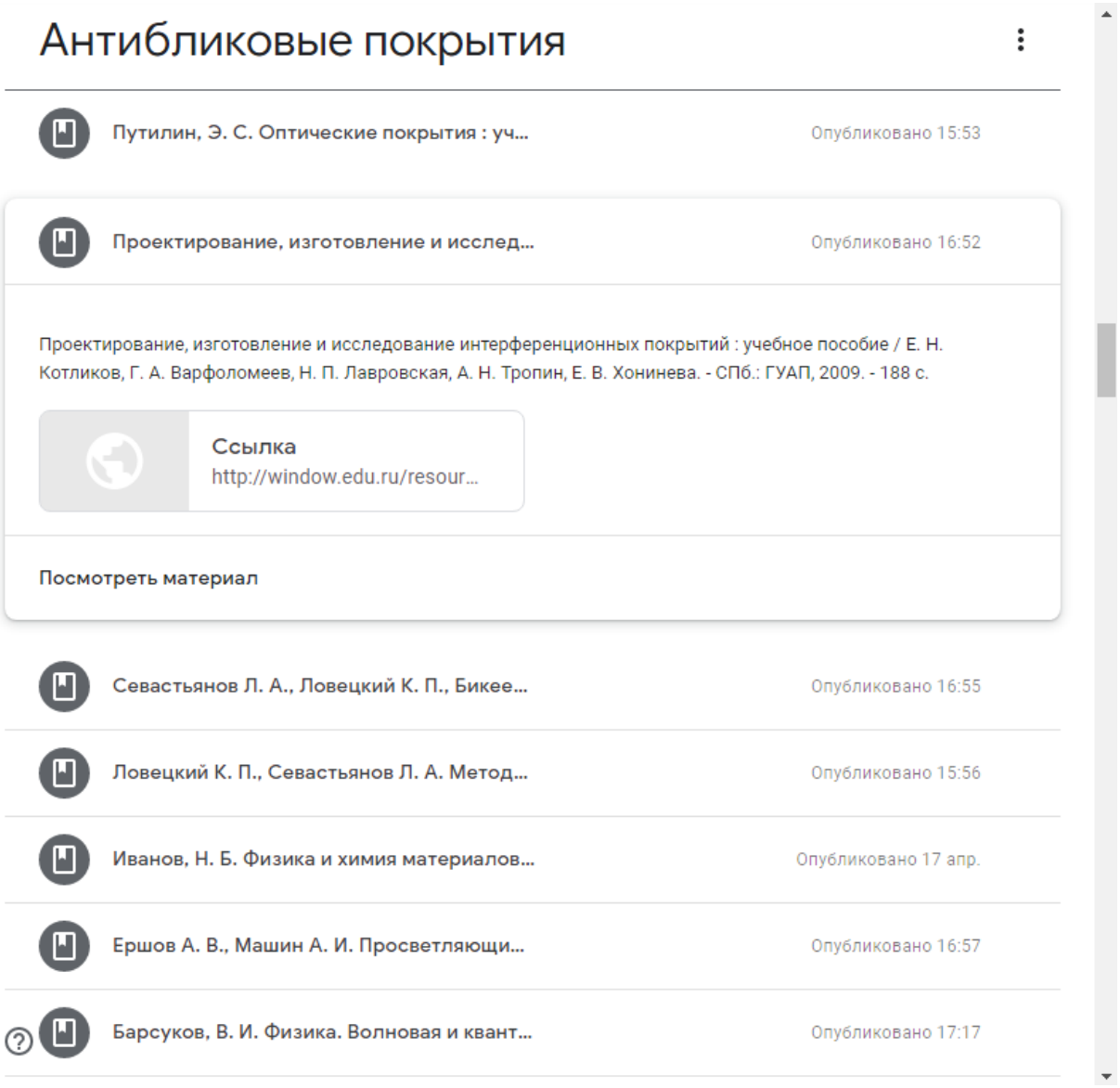


Рис. 2. Теоретические материалы темы по оптике антибликовых покрытий.

На рис. 2 изображены теоретические материалы темы по оптике антибликовых покрытий в составе онлайн-курса в Google Classroom. Теоретические материалы могут способствовать более глубокому изучению процессов проектирования и изготовления интерференционных оптических покрытий, в том числе антибликовых покрытий.

Для текущего контроля знаний по оптике антибликовых покрытий разработаны элементы контроля в виде задач на расчёт оптических характеристик тонких плёнок и антибликовых покрытий. На рис. 3 изображён элемент с заданием в виде задачи 1101 по оптике антибликовых покрытий в составе онлайн-курса в Google Classroom.

На рис. 4 изображён элемент с заданием в виде задачи 1102 по оптике антибликовых покрытий в составе онлайн-курса в Google Classroom.

Для текущего контроля знаний по оптике антибликовых покрытий разработаны элементы контроля в виде контрольных вопросов по оптическим свойствам антибликовых покрытий. На рис. 5 изображён вопрос 110001 по оптике антибликовых покрытий в составе онлайн-курса в Google Classroom. В ответ на поставленный вопрос учащиеся

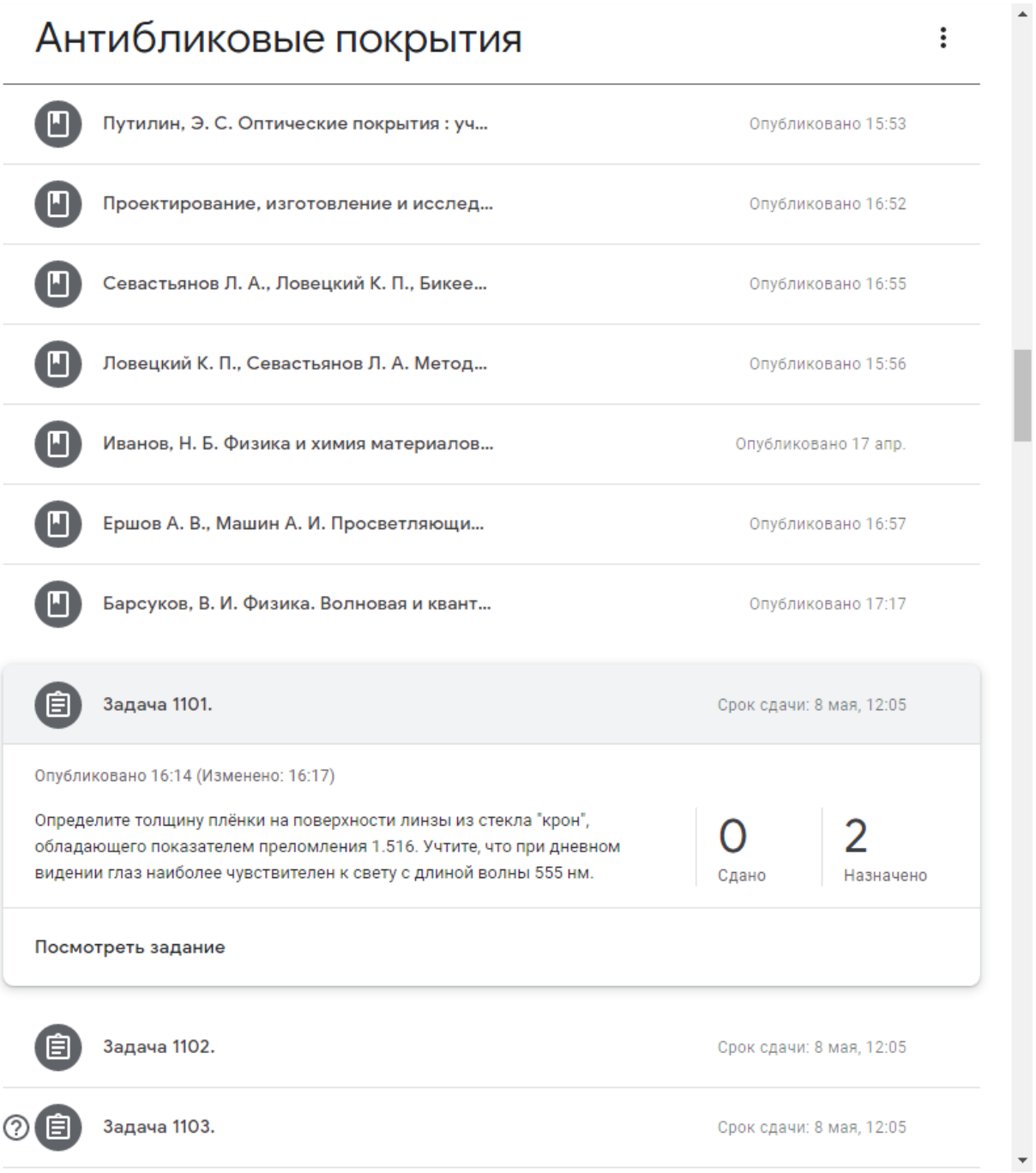


Рис. 3. Элемент с заданием в виде задачи 1101 по оптике антибликовых покрытий.

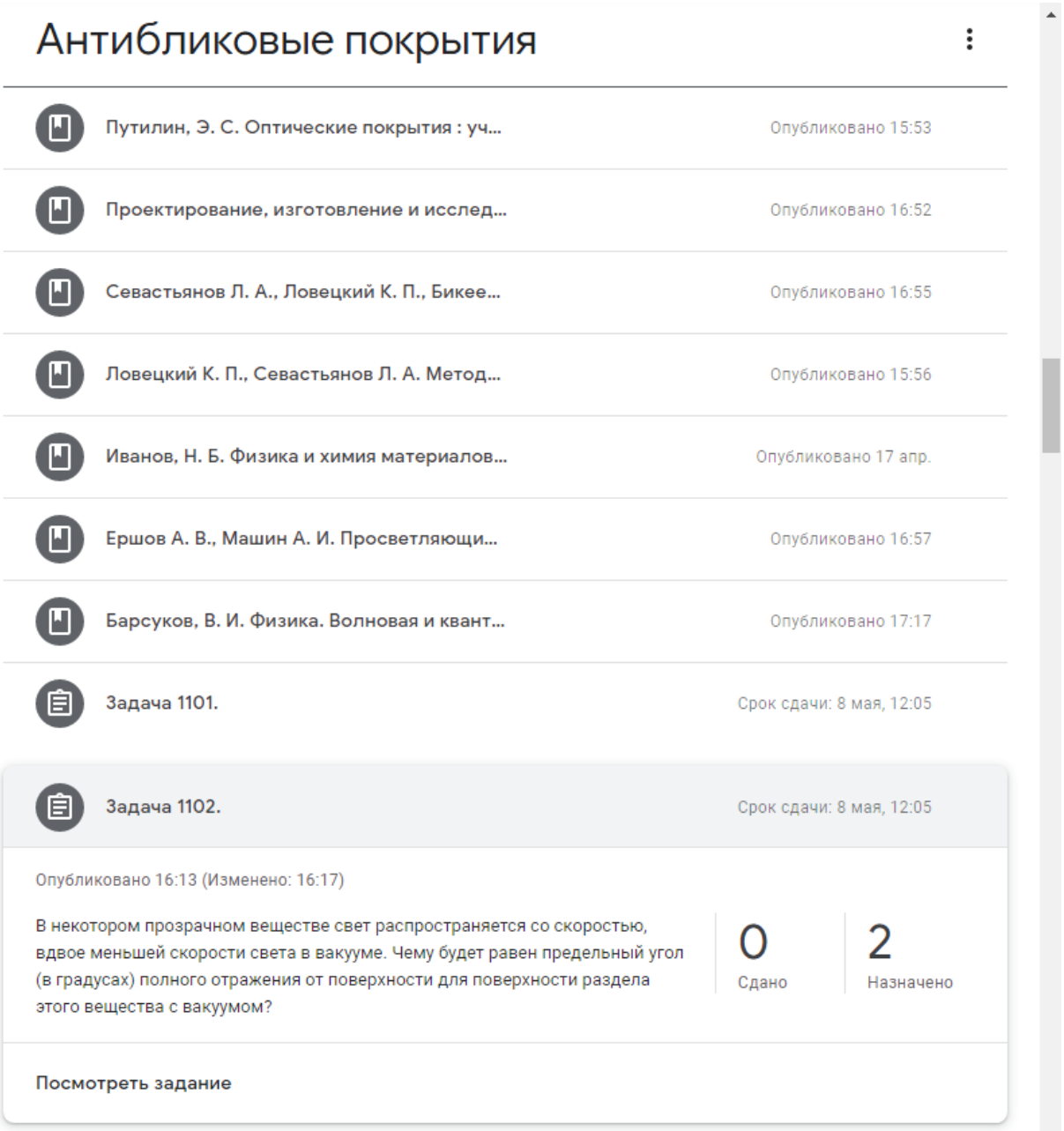


Рис. 4. Элемент с заданием в виде задачи 1102 по оптике антибликовых покрытий.

должны написать краткий ответ. Возможно организовать обсуждение ответов на вопросы путём комментирования ответов учителем и другими учащимися. Такая форма обсуждения в форме комментирования ответов позволяет выявить уровень понимания теоретического материала по оптике антиотражающих покрытий.

На рис. 6 изображён вопрос 110002 по оптике антибликовых покрытий.

На рис. 7 изображён вопрос 110011 темы по оптике антибликовых покрытий в составе онлайн-курса.

На рис. 8 изображён материал онлайн-курса по оптике антибликовых покрытий в виде презентации по просветляющим покрытиям очковых линз и многослойным покрытиям в виде элемента онлайн-курса, созданный при помощи инструментария Google Classroom. Данный теоретический материал в виде презентации по просветляющим покрытиям очковых линз и многослойным покрытиям можно использовать при проведении дистанционной лекции и последующего самостоятельного повторения материала по просветляющим покрытиям очковых линз и многослойным покрытиям.

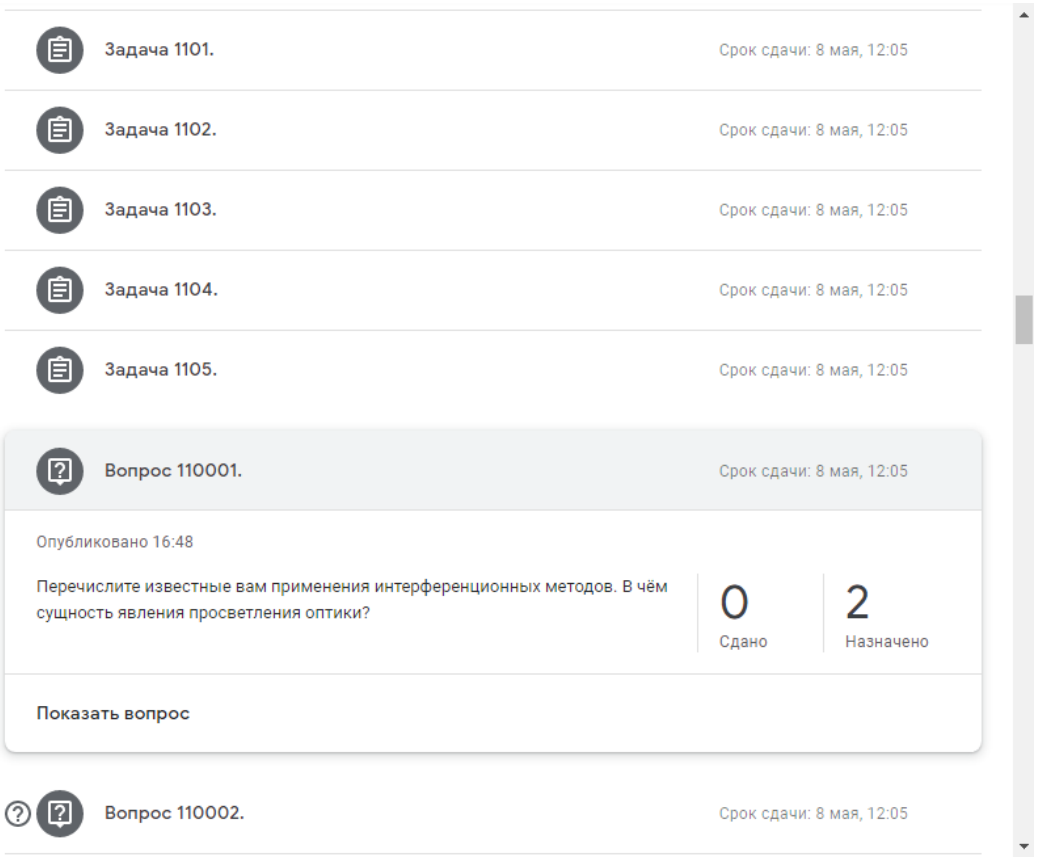


Рис. 5. Вопрос 110001 по оптике антибликовых покрытий.

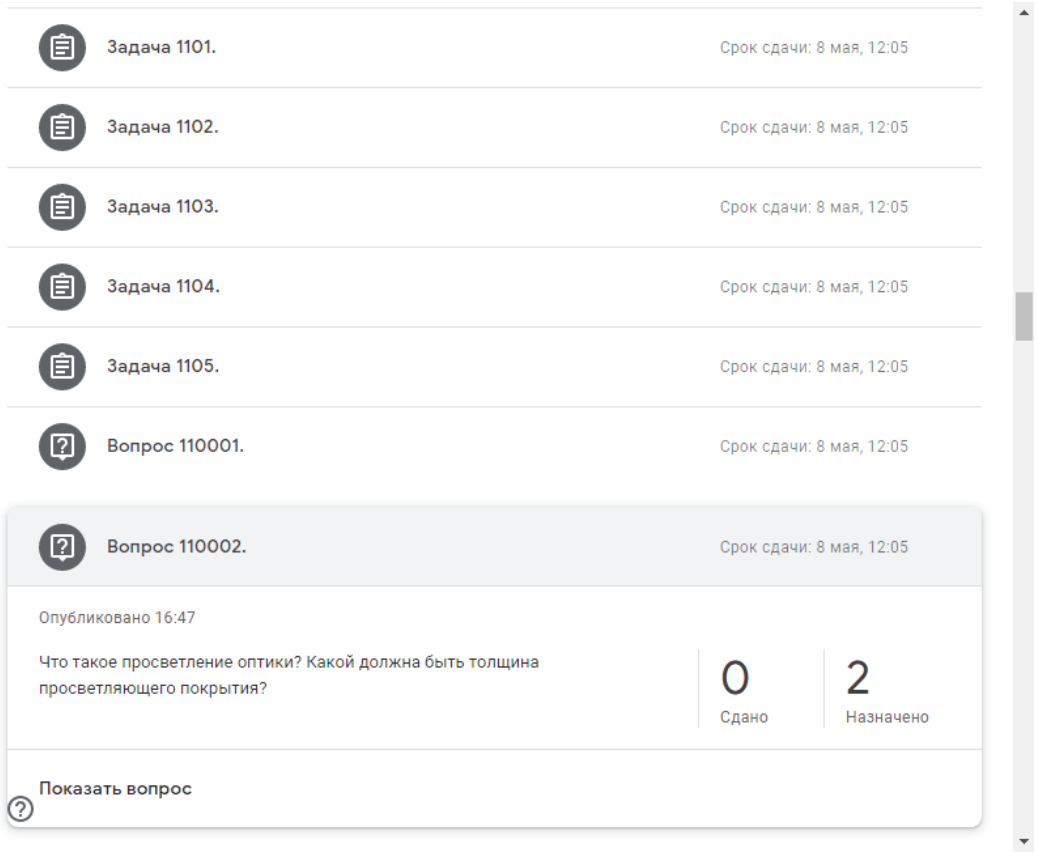


Рис. 6. Вопрос 110002 по оптике антибликовых покрытий.

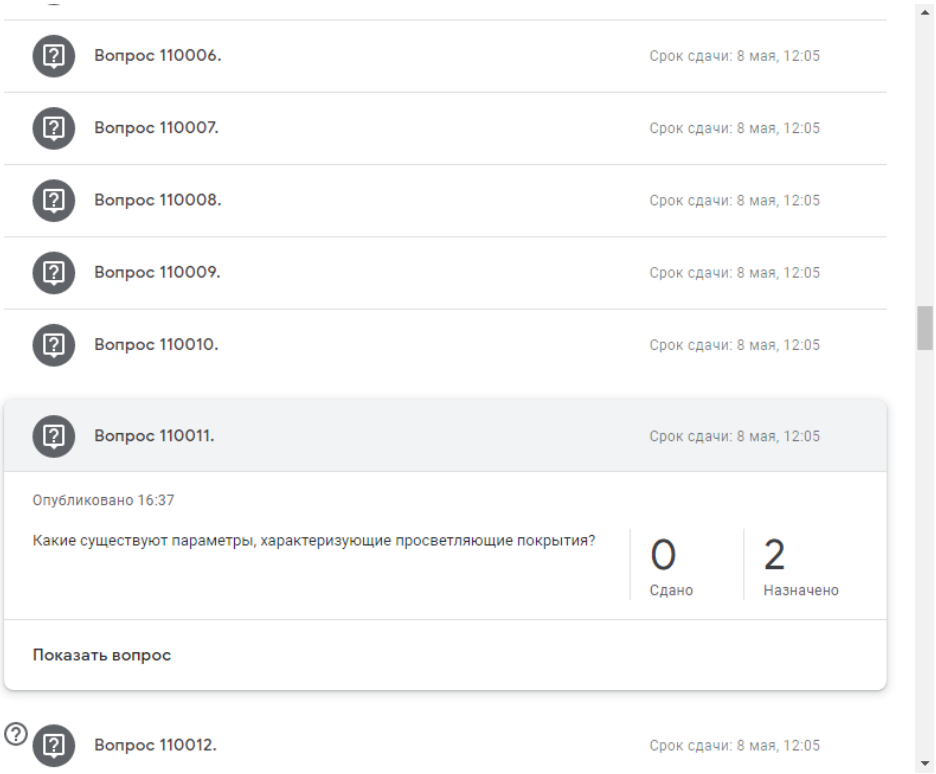


Рис. 7. Вопрос 110011 по оптике антибликовых покрытий.

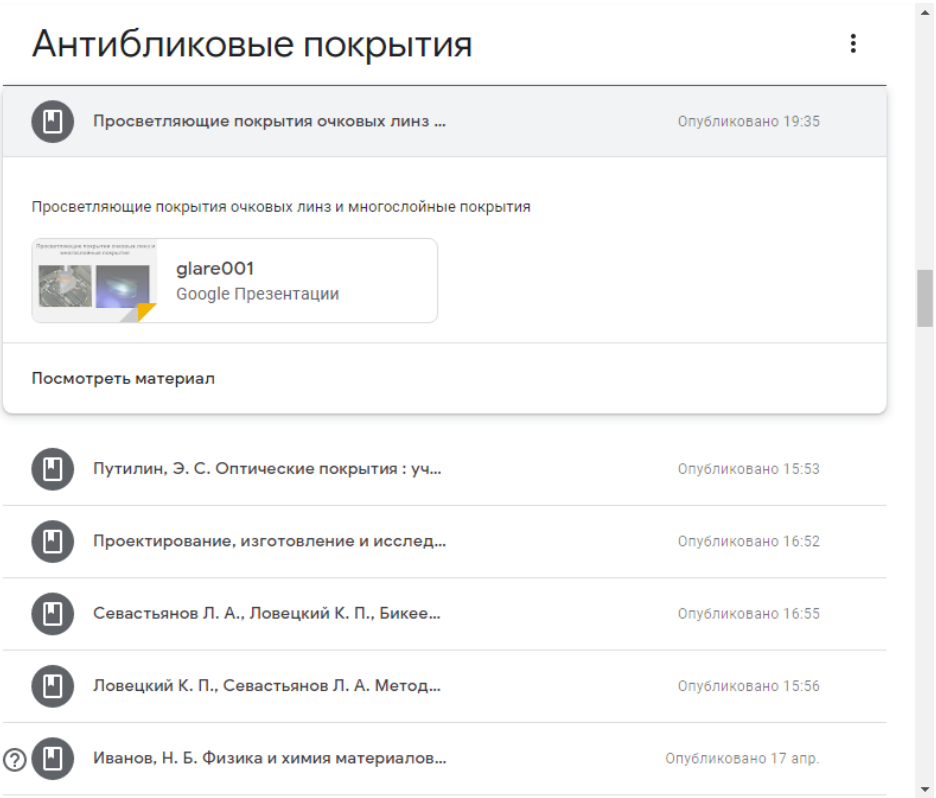


Рис. 8. Материал онлайн-курса по оптике антибликовых покрытий в виде презентации по просветляющим покрытиям очковых линз и многослойным покрытиям.

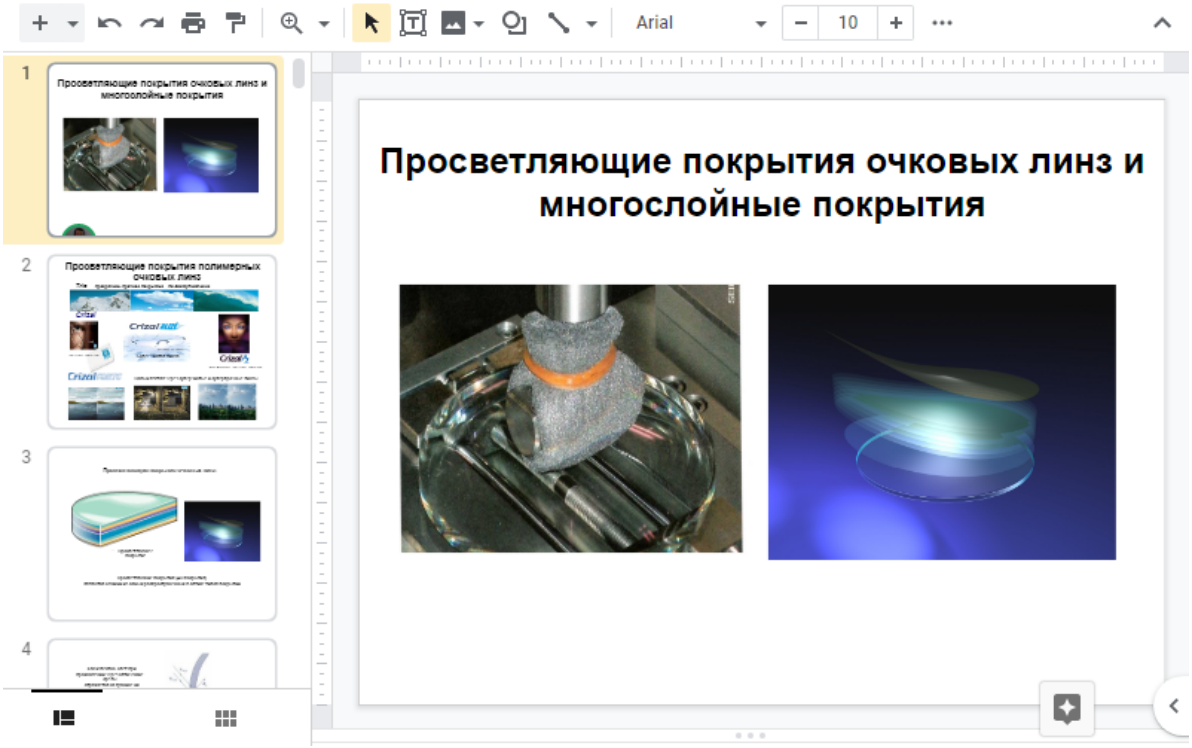


Рис. 9. Материал онлайн-курса по оптике антибликовых покрытий в виде презентации по просветляющим покрытиям очковых линз и многослойным покрытиям.

На рис. 9 изображён материал онлайн-курса по оптике антибликовых покрытий в виде презентации по просветляющим покрытиям очковых линз и многослойным покрытиям в раскрытом виде, созданный при помощи инструментария Google Classroom.

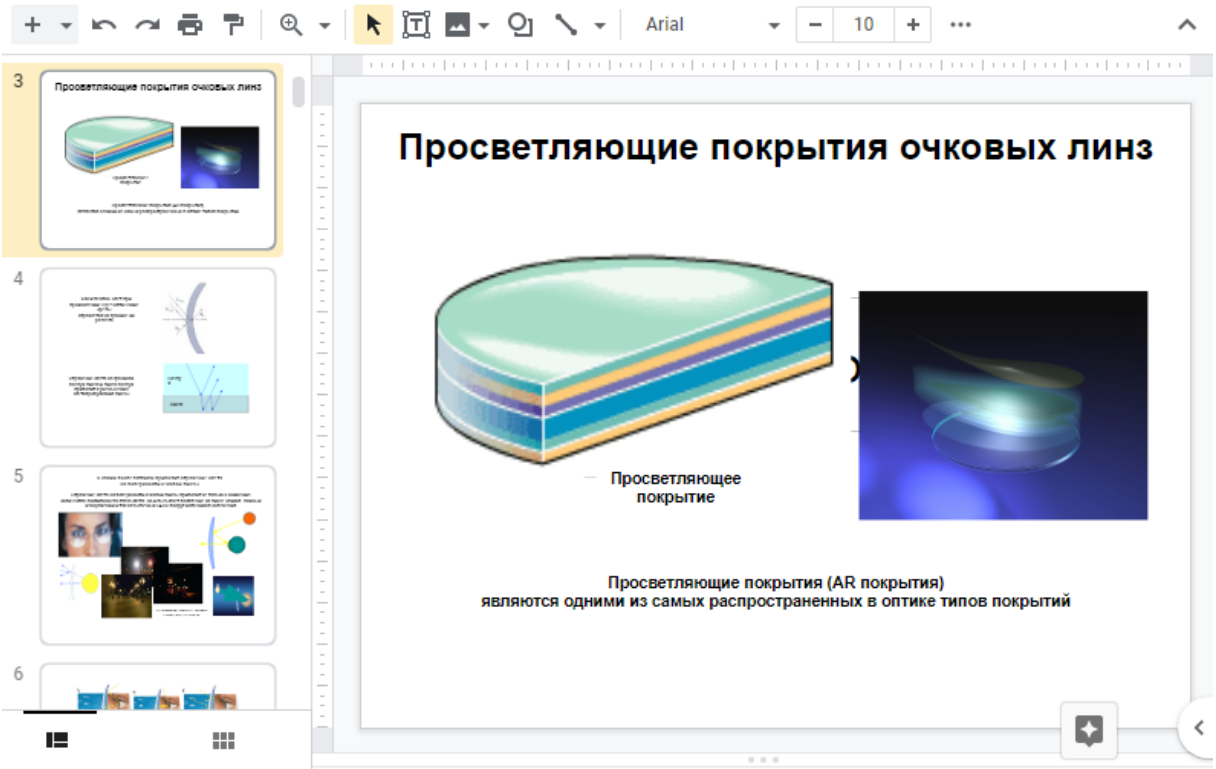


Рис. 10. Один из слайдов презентации по просветляющим покрытиям очковых линз и многослойным покрытиям.

На рис. 10 изображён один из слайдов презентации по просветляющим покрытиям очковых линз и многослойным покрытиям, созданный при помощи инструментария Google Classroom.

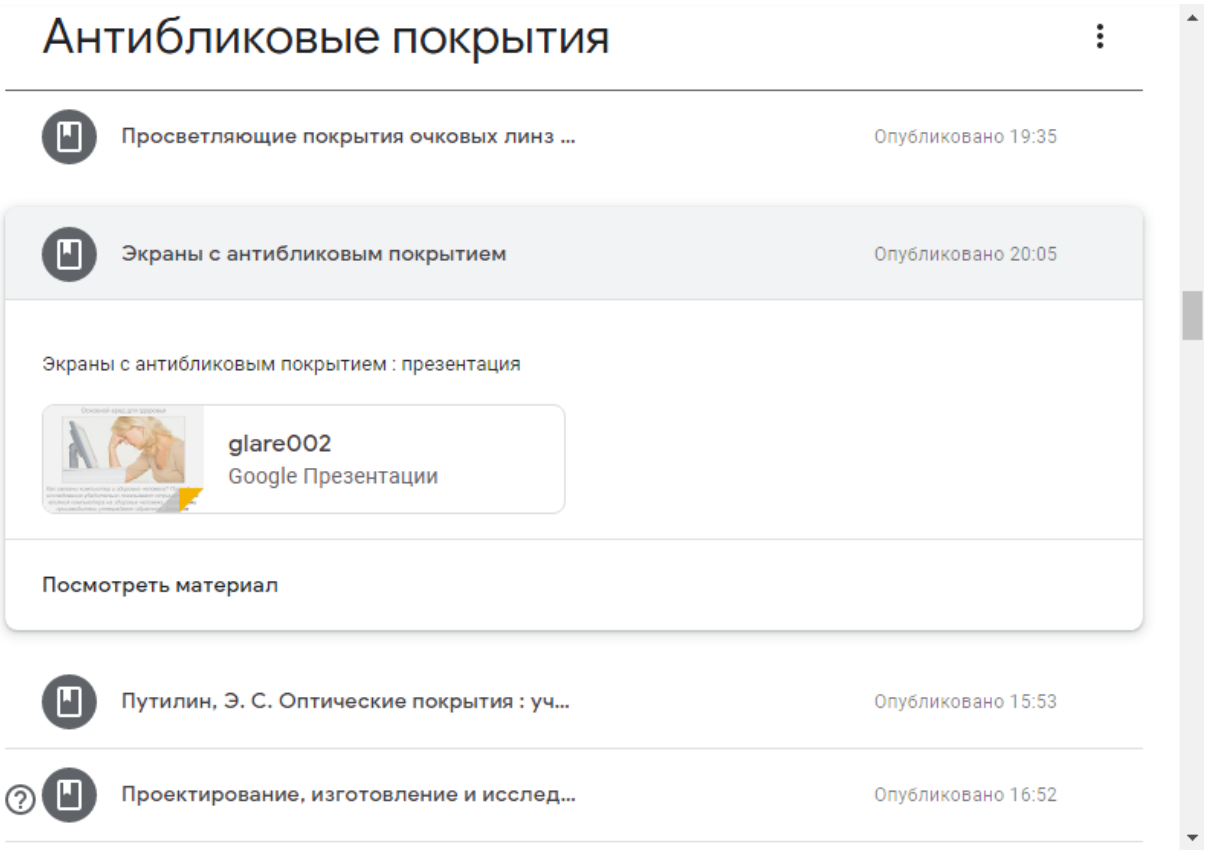


Рис. 11. Материал онлайн-курса по оптике антибликовых покрытий в виде презентации по экранам с антибликовым покрытием.

На рис. 11 изображён материал онлайн-курса по оптике антибликовых покрытий в виде презентации по экранам с антибликовым покрытием в раскрытом виде, созданный при помощи инструментария Google Classroom.

На рис. 12 изображён один из слайдов презентации по экранам с антибликовым покрытием, созданный при помощи инструментария Google Classroom.

Антибликовые покрытия изготавливаются из чрезвычайно тонких слоёв различных диэлектрических материалов, которые наносятся в высоком вакууме на обе поверхности линзы. Качество антибликового покрытия зависит от количества слоёв, нанесённых на линзу. Ранние покрытия имели только один слой фторида магния или, возможно, два, но в настоящее время большинство антибликовых покрытий имеют по меньшей мере шесть слоёв, и известны как широкополосные покрытия.

Одной из характеристик антибликового покрытия является цвет остаточного отражения (около 1%) на линзе. На современных широкополосных объективах без отражений его можно настроить на мягкий зелёный или синий цвет излучения без ущерба для качества антиотражающих свойств покрытия. Антибликовое покрытие не следует путать с постоянным оттенком линзы. Антибликовое покрытие незаметно, и его можно увидеть, только если держать объектив под солнечным светом или искусственным светом.

Стекла с антибликовыми покрытиями являются наиболее важной частью объектива без отражений. Оъёктив состоит из интерференционных слоёв на четверть длины волны излучения из чередующихся материалов с высоким и низким показателем преломления.

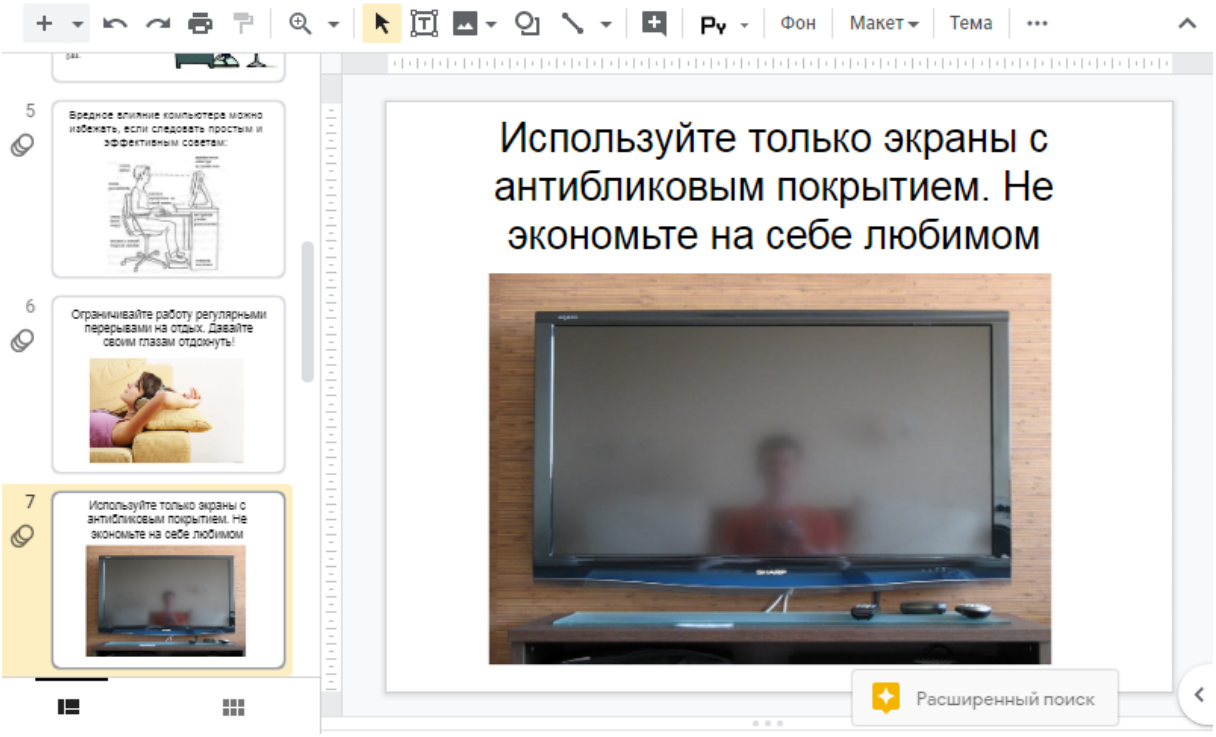


Рис. 12. Один из слайдов презентации по экранам с антибликовым покрытием.

Обычными материалами являются диоксид кремния с низким показателем преломления, равным 1.45, и диоксид титана с более высоким показателем преломления, равным 2.25. Для завершения конструкции покрытия используются другие материалы, которые помогают склеивать, создавать стойкие к истиранию свойства и водоотталкивающий верхний слой антибликового покрытия.

Антиотражающие покрытия — это, как правило, оптические пленки, которые используются на линзах и оптоэлектронных устройствах для уменьшения отражения света и смягчения его вредных воздействий. Антиотражающие покрытия широко используются в приложениях, где необходимо максимально увеличить пропускание света через оптический носитель, таких как устранение побочных изображений для плоских дисплеев, увеличение коэффициента пропускания оптических линз, уменьшение блеска на автомобильных приборных панелях и повышение эффективности преобразования солнечных элементов.

В традиционных четвертьволновых антиотражающих покрытиях используются два критерия: показатель преломления материала и толщина плёнки. Оптическое отражение от поверхностей в значительной степени определяется разницей показателей преломления на границах раздела материалов. Степень отражения можно теоретически рассчитать с помощью уравнения Френеля. Чтобы максимизировать подавление отражения, показатель преломления плёнки, помещенной между двумя материалами, должен быть геометрическим средним их показателей преломления. Толщина плёнки должна составлять четверть длины волны (то есть четверть длины волны света в конкретном месте, где требуется уменьшение отражения), чтобы использовать преимущества помех. Свет, который отражается на границе раздела покрытия и подложки, будет на половине длины волны не в фазе от падающего света, который отражается от границы раздела покрытия с воздухом, что приводит к разрушительным помехам и снижению отражательной способности.

Одним из важных применений четвертьволновых антиотражающих покрытий является повышение эффективности преобразования солнечных элементов. Солнечные

элементы собирают фотоны от солнечного света и преобразуют их в электроэнергию.

Антибликовое покрытие было впервые разработано для улучшения характеристик и улучшения обзора мощных телескопов, микроскопов и объективов камер. Антибликовое покрытие состоит из нескольких слоёв оксидов металлов, нанесённых на переднюю, а иногда и на заднюю поверхность линзы. Этот эффект наложения уменьшает отраженный свет и позволяет большему количеству света проходить через объектив.

Сегодня практически все поверхности стеклянных линз имеют антиотражающее покрытие для улучшения светопропускания и устранения побочных изображений. Поскольку многие линзы могут быть покрыты вместе в большом колпаке, процесс на удивление недорог. Однако для наиболее полного устранения поверхностного отражения в широком диапазоне длин волн требуется многослойное покрытие, и стоимость немедленно возрастает. За последние несколько десятилетий были достигнуты большие успехи в разработке и производстве высокоэффективных антиотражающих покрытий для оптического материала как в видимом, так и в инфракрасном спектрах.

Плёнка оксида кремния, обладающая показателем преломления $n_1 = 1.45$, наносится на поверхность кремниевых солнечных батарей, обладающих показателем преломления $n_2 = 3.5$ для уменьшения отражения от них солнечных лучей, то есть для максимального преобразования солнечной энергии в электрическую энергию.

Антиотражающие покрытия, наиболее распространённые оптические покрытия, используемые в мире, варьируются от одноволнового режима (для узкополосных лазеров) до покрытий, работающих в очень широких спектральных полосах, таких как, например, от 380 нм до 1550 нм или от 3 до 12 мкм. Независимо от того, изготовлены ли они из одного слоя или даже десятков слоёв, основные характеристики идеальных антиотражающих покрытий и их аппроксимации в реальных условиях можно описать с точки зрения коэффициента отражения и коэффициента пропускания в зависимости от длины волны. Отражение в зависимости от толщины и показатель преломления в зависимости от толщины — это лишь некоторые из характеристик, которые помогают проиллюстрировать как возможности, так и ограничения современной технологии антиотражающих покрытий.

Антибликовые покрытия наносятся на очки с помощью ряда слоёв, приклеенных к передней и задней части линз. Эти слои блокируют определенные длины волн света, помогая уменьшить отражение.

Антибликовое покрытие добавлено к линзам, чтобы уменьшить блики, вызванные попаданием света на заднюю часть линз. Это современное изобретение улучшает зрение и делает ваши очки более привлекательными. Антибликовое покрытие практически устраняет все отражения от передней и задней поверхностей ваших линз. Без мешающих отражений больше света может проходить через ваши линзы, что оптимизирует ваше зрение. Видно меньше отвлекающих факторов (особенно в темноте), а линзы едва заметны. Большинство людей согласны с тем, что антибликовое покрытие на стеклах определенно стоит дополнительных затрат.

Антибликовое покрытие делает стекло менее отражающим (отсюда и название), и это может сделать ваши очки более привлекательными на фотографиях и при ярком освещении. Есть некоторые споры о том, насколько они помогают с бликами, хотя многие утверждают, что они уменьшают блики, по крайней мере, до некоторой степени. Некоторые антибликовые покрытия также имеют дополнительные преимущества, например, делают стекла менее подверженными царапинам.

Антиотражающие покрытия являются важнейшим компонентом повышения эффективности сбора солнечной энергии. Хотя был достигнут значительный прогресс в борьбе с отражением света на границе раздела кремния и герметика, включая коммерчески успешные методы, долговечные антиотражающие покрытия на границе раздела воз-

духа и стекла всё ещё необходимо разрабатывать и проверять. Скорее всего, удачное воздушно-стеклянное покрытие будет сочетать как антиотражающие, так и грязезащитные свойства. Однако требуется более глубокое понимание того, как покрытия могут препятствовать загрязнению. Кроме того, необходимы дополнительные исследования, чтобы проверить долговечность покрытий с верхней поверхностью, чтобы гарантировать их долговременную функциональность как грязезащитные, так и антиотражающих покрытий. Хотя спрос на покрытия, которые сочетают в себе как антирефлексные, так и грязезащитные функции, возрос, исследования для решения этих проблем всё ещё продолжаются и представляют потенциально богатую область для будущих инноваций в сообществах фотоэлектрических систем.

Заключение

В работе описаны результаты разработки материалов онлайн-курса по оптике антибликовых покрытий. Создан онлайн-курс по оптике антибликовых покрытий в системе на платформе Google Classroom, позволяющий изучать теоретические материалы оптике антибликовых покрытий и контролировать результаты обучения. Онлайн-курс по оптике антибликовых покрытий содержит элементы теоретического содержания такие, как лекции, гипертекстовые страницы, а также различные элементы контроля знаний такие, как база тестовых вопросов и заданий, набор задач и заданий к семинарам.

В результате работы показано, что можно проводить занятия по оптике антиотражающих покрытий с использованием онлайн-курса, что позволяет успешно компенсировать часть аудиторных занятий в условиях дистанционного обучения. Показано, что возможно обеспечить использование схемных и знаковых моделей учебного материала по оптике антиотражающих покрытий, что способствует интенсификации учебного процесса по оптике антиотражающих покрытий.

Использование электронных образовательных ресурсов изменяет способы получения информации. Способы получения информации сводятся к исследованию теоретических сведений о физических явлениях в интерактивном режиме. По сравнению с изучением текстовых описаний физических явлений, процессов и объектов. Наиболее очевидны новые возможности при физических представлений о макромирах и микромирах, многих других физических объектов и процессов, которые не удаётся или в принципе невозможно наблюдать. Использовать на практике разнообразные электронные образовательные ресурсы позволяют современные компьютерные сети. Расширение использования сети Интернет и локальных компьютерных сетей в школах и других учебных заведениях настоятельно требует разработки и применения новых электронных пособий, содержащих учебный материал по телекоммуникационным системам и технологиям.

Список использованных источников

1. Каменецкий С. Е. Теория и методика обучения физике в школе: общие вопросы. Учебное пособие для студентов высших педагогических учебных заведений. — Москва : Издательский центр «Академия», 2000. — 368 с.

2. Петровский А. В. Общая психология: учебное пособие для педагогических институтов. — Москва : Просвещение, 1970. — 432 с.

3. Крутецкий В. А. Психология обучения и воспитания школьников. Книга для учителей и классных руководителей. — Москва : Просвещение, 1976. — 303 с.

4. Остапенко А. А. Концентрированное обучение: модели образовательной технологии // Завуч. — 1999. — № 4. — С. 84–118.

5. Шаталов В. Ф., Шейман В. М., Хаит А. М. Опорные конспекты по кинематике и динамике. Из опыта работы. Книга для учителя. — Москва : Просвещение, 1989. — 143 с.

6. Гурина Р. В., Ларина Т. В. Теоретические основы и реализация фреймового подхода в обучении: монография. В 2 частях. Часть 2. Естественнонаучная область знаний: физика, астрономия, математика. — Ульяновск : УлГУ, 2008. — 264 с.

7. Ухтомский А. А. Учение о доминанте. — Ленинград : Ленинградский университет им. А. А. Жданова, 1950. — 330 с.

8. Гурина Р. В., Соколова Е. Е. Фреймовое представление знаний. — Москва : Народное образование, НИИ школьных технологий, 2005. — 176 с.

9. Гурина Р. В. Фреймовые опоры: методическое пособие. — Москва : НИИ школы технологий, 2007. — 96 с.

10. Гурина Р. В. Фреймовый подход в обучении физике // Вестник Ишимского государственного педагогического института имени П. П. Ершова. — 2014. — № 6 (18). — С. 58–63.

11. Нестеров В. Н., Новокрещенов А. А. Применение компьютеров при решении физических задач оптики // Сборник научных трудов по материалам международной научно-практической конференции. — 2008. — Т. 1, № 3. — С. 46–48.

12. Алтунин К. К. Разработка электронного образовательного ресурса в университете при помощи инструментов Google Site и MOODLE // Поволжский педагогический поиск. — 2017. — № 3 (21). — С. 116–124.

13. Алтунин К. К., Коннова Т. С. Исследование информационных образовательных сред и электронных учебников на примере темы “Фотоэффект” // В сборнике: Актуальные вопросы преподавания технических дисциплин Материалы Всероссийской заочной научно-практической конференции. — 2016. — С. 11–16.

14. Алтунин К. К. Разработка и внедрение электронного курса по нанооптике // В книге: Актуальные проблемы физической и функциональной электроники материалы 19-й Всероссийской молодежной научной школы-семинара. — 2016. — С. 128–129.

Сведения об авторах:

Яна Сергеевна Замлелова — магистрант факультета физико-математического и технологического образования ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный педагогический университет имени И. Н. Ульянова».

E-mail: zamlelowa1998@mail.ru

ORCID iD 0000-0002-6761-5478

Web of Science ResearcherID ABA-5168-2020

Development of a distance course on optics of antireflective coatings

Ya. S. Zamlelova

Ulyanovsk State Pedagogical University, 432071, Ulyanovsk, Russia

Submitted September 7, 2020
Resubmitted October 3, 2020
Published October 10, 2020

Abstract. The result of the placement of the developed theoretical materials as part of the distance course on the optics of antireflective coatings is considered. The result of the development of materials for a distance course on the optics of antireflective coatings is described.

Keywords: optics, antireflective coating, distance technologies, online course, physics and mathematics education

References

1. Kamenetsky S. E. Theory and methods of teaching physics at school: general issues. Textbook for students of higher pedagogical educational institutions. — Moscow : Publishing Center “Academy”, 2000. — 368 p.

2. Petrovsky A. V. General Psychology: A Textbook for Pedagogical Institutes. — Moscow : Education, 1970. — 432 p.

3. Krutetsky V. A. Psychology of teaching and upbringing of schoolchildren. A book for teachers and class teachers. — Moscow : Education, 1976. — 303 p.

4. Ostapenko A. A. Concentrated Learning: Models of Educational Technology // Head teacher. — 1999. — no. 4. — P. 84–118.

5. Shatalov V. F., Sheiman V. M., Khait A. M. Basic notes on kinematics and dynamics. From work experience. Teacher’s book. — Moscow : Education, 1989. — 143 p.

6. Gurina R. V., Larina T. V. Theoretical foundations and implementation of the frame approach in teaching: monograph. In 2 parts. Part 2. Natural science area of knowledge: physics, astronomy, mathematics. — Ulyanovsk : UlSU, 2008. — 264 p.

7. Ukhtomsky A. A. Teaching about the dominant. — Leningrad : A. A. Zhdanov Leningrad University, 1950. — 330 p.

8. Gurin R. V., Sokolova E. E. Frame representation of knowledge. — Moscow : Public Education, Research Institute of School Technologies, 2005. — 176 p.

9. Gurin R. V. Frame supports: methodological guide. — Moscow : Research Institute of School of Technology, 2007. — 96 p.

10. Gurin R. V. Frame approach in teaching physics // Bulletin of the Ishim State Pedagogical Institute named after P. P. Ershov. — 2014. — no. 6 (18). — P. 58–63.

11. Nesterov V. N., Novokreshchenov A. A. Application of computers in solving physical problems of optics // Collection of scientific papers based on the materials of the international scientific and practical conference. — 2008. — Vol. 1, no. 3. — P. 46–48.

12. Altunin K. K. Development of an electronic educational resource at the university using the tools Google Site and MOODLE // Volga pedagogical search. — 2017. — no. 3 (21). — P. 116–124.

13. Altunin K. K., Konnova T. S. Research of information educational environments and electronic textbooks on the example of the topic "Photoeffect" // In the proceedings: Topical issues of teaching technical disciplines Materials of the All-Russian correspondence scientific and practical conference. — 2016. — P. 11–16.

14. Altunin K. K. Development and implementation of an electronic course on nanooptics // In the book: Actual problems of physical and functional electronics materials of the 19th All-Russian youth scientific school-seminar. — 2016. — P. 128–129.

Information about authors:

Yana Sergeevna Zamlelova — Master's student of the Faculty of Physics, Mathematics and Technological Education of the Ulyanovsk State Pedagogical University.

E-mail: zamlelowa1998@mail.ru

ORCID iD 0000-0002-6761-5478

Web of Science ResearcherID ABA-5168-2020

УДК 530.1
ББК 22.31
ГРНТИ 29.31.21
ВАК 01.04.05

Разработка дистанционного курса по оптике в системе управления обучением MOODLE

К. К. Алтунин, Е. А. Купреянова, Е. С. Штром [1]

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ульяновский государственный педагогический университет имени И. Н. Ульянова», 432071, Ульяновск, Россия

Поступила в редакцию 28 августа 2020 года
После переработки 5 сентября 2020 года
Опубликована 10 октября 2020 года

Аннотация. Исследован процесс создания дистанционного курса по оптике в системе управления обучением MOODLE. Описаны этапы проектирования дистанционного курса по оптике на системе управления обучением MOODLE. Дистанционный курс по оптике, разработанный в системе управления обучением MOODLE на образовательном портале университета, обеспечивает многовариантность, многоуровневость и разнообразие проверочных заданий и тестов по оптике.

Ключевые слова: оптика, дистанционный курс, проектирование дистанционного курса по оптике, система управления обучением MOODLE, тестовые задания по оптике

Введение

Работа посвящена исследованию процесса создания дистанционного курса по оптике на платформе MOODLE.

Актуальность изучения данной проблемы обусловлена тем, что происходит повсеместная информатизация образования, в том числе физического образования. Это в свою очередь интенсивно стимулирует разработку информационных ресурсов в соответствующих предметных областях знаний.

Целью выполнения работы является разработка электронного образовательного ресурса по оптике на платформе среды дистанционного обучения MOODLE.

Задачами исследования являются проектирование структуры электронного образовательного ресурса по оптике в среде дистанционного обучения MOODLE и банка тестовых заданий по оптике, проведение систематизации структурирования теоретического материала по оптике, наполнение тематическим содержанием дистанционного курса по оптике.

Объектом исследования является электронный образовательный ресурс по оптике в системе управления обучением MOODLE.

Предметом исследования являются информационные и методические аспекты создания электронного образовательного ресурса по оптике в системе управления обучением MOODLE. Создание электронного образовательного ресурса по оптике позволит повысить эффективность самостоятельной работы учащихся при изучении оптики, повысить

[1] E-mail: shtrom98@mail.ru

уровень мотивации к обучению в рамках изучения оптики, построить понятную визуализацию процесса обучения оптике, повысить эффективность управления обучением в процессе обучения оптике как одному из разделов физики.

Гипотеза исследования заключается в выявлении того, каковы возможности использования дистанционного курса по оптике в процессе преподавания оптики.

В качестве методов исследования: используются компьютерные методы создания дистанционных курсов в системе управления обучением MOODLE.

Материалы дистанционного курса по оптике в MOODLE

В настоящее время интенсивно различные системы дистанционного обучения и дистанционной поддержки обучения. В связи с этим становится актуальной задача разработки информационного обеспечения и сопровождения изучения электронного курса, созданного в системе дистанционного обучения. В работе будет проводиться описание разработки электронного образовательного ресурса по оптике.

На первом этапе разработки электронного образовательного ресурса по оптике выполнен анализ программ изучения оптики в школьном и вузовском курсе физики. Выполнен анализ программ по физике профильного и углубленного уровней, что позволило выделить максимальный объём материала, необходимого для создания и наполнения электронного образовательного ресурса по оптике. Первоначально выбор для создания электронного образовательного ресурса по оптике был сделан в пользу инструментальных возможностей бесплатной платформы MOODLE по причине изначальной ориентации этого инструмента на общение в процессе обучения физике при взаимодействии школьников или студентов.

На втором этапе разработки электронного образовательного ресурса по оптике выполнен подбор и анализ теоретического материала по оптике в рамках выбранного раздела и тем. Проведено всестороннее сравнение различных подходов к изложению теоретического материала по оптике.

На третьем этапе разработки электронного образовательного ресурса по оптике выполнено создание структуры электронного образовательного ресурса по оптике. Изначально был выбран модульный принцип построения электронного курса в MOODLE. Использование этого принципа позволяет открывать и закрывать модули от чтения или редактирования по мере необходимости изучения темы. Этот механизм, связанный с возможностью открывания и закрывания модулей, обеспечит ритмичное продвижение по курсу в процессе обучения оптике.

На четвёртом этапе разработки электронного образовательного ресурса по оптике выполнено наполнение модулей теоретическим содержанием по оптике, различными заданиями и задачами по оптике.

На пятом этапе разработки электронного образовательного ресурса по оптике будет необходимо записать пользователей на курс и организовать работу с журналом в системе MOODLE.

Технология создания электронного образовательного ресурса по оптике является достаточно трудоёмкой и включает такие этапы разработки, как определение целей и задач разработки, разработка структуры электронного образовательного ресурса по оптике, разработка содержания по модулям и темам электронного ресурса, подготовка сценариев работы с отдельными элементами электронного образовательного ресурса, программирование, апробация, корректировка содержания электронного курса по результатам апробации, подготовка методического пособия пользователя.

В работе создан электронный образовательный ресурс по оптике в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE Ульяновского государственного педагогического университета имени И. Н. Ульянова. Структура электронного курса по опти-

ке включает в себя темы по электромагнитным волнам, геометрической оптике, интерференции света, дифракции света, поляризации света, прохождению и отражению электромагнитных волн, дисперсии света, поглощению света и другие. представленная структура электронного курса по оптике соответствует примерным программам по физике и оптике.

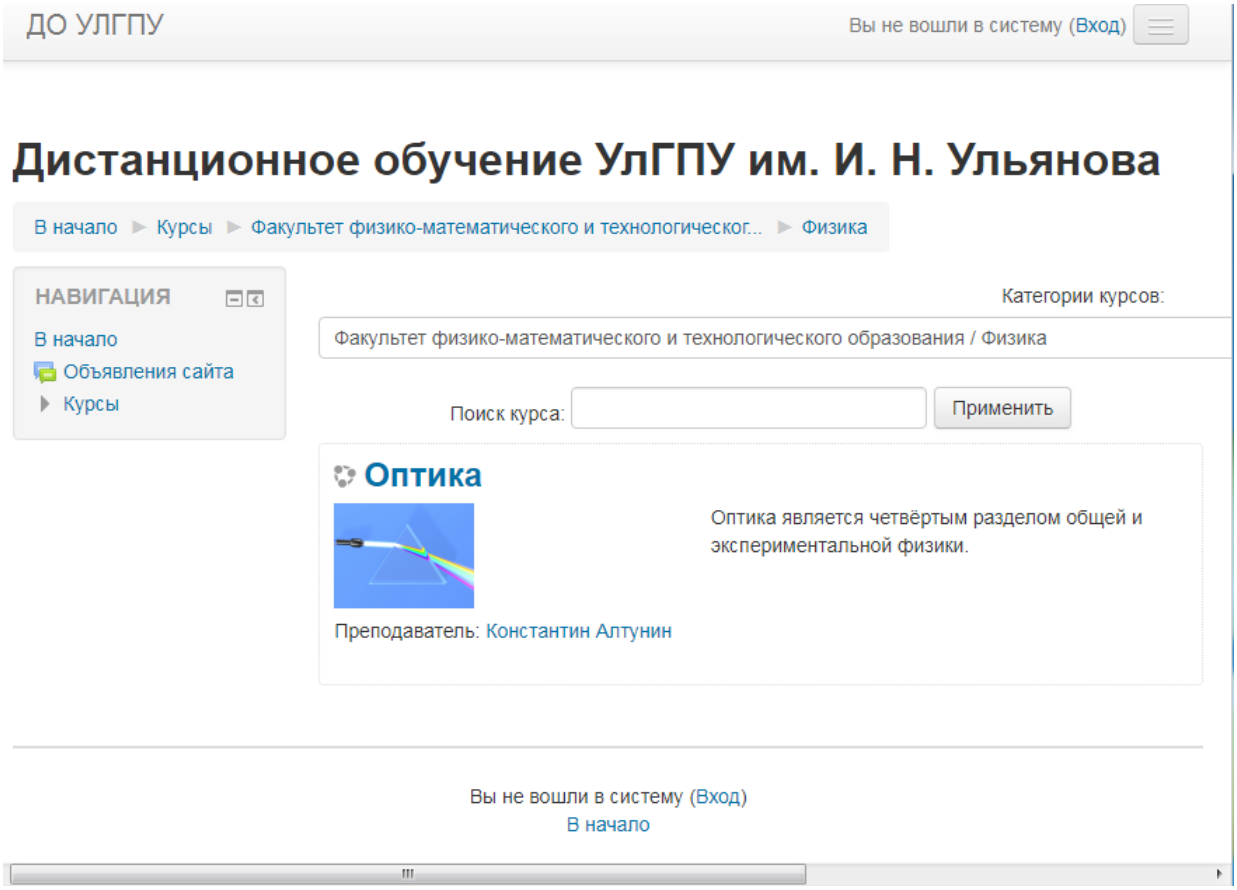


Рис. 1. Электронный образовательный ресурс по оптике в списке курсов системы дистанционного обучения на платформе MOODLE.

Изображение созданного электронного образовательного ресурса по оптике в списке курсов системы дистанционного обучения на платформе MOODLE показано на рис. 1. В списке курсов выводится название электронного курса, иконка электронного курса, сведения о преподавателях курса и дополнительные сведения о курсе, помогающие выбрать и войти в электронный курс по оптике. Электронный курс по оптике может находиться в скрытом состоянии в одном полугодии, и быть в открытом состоянии в другом полугодии, в течении которого он изучается.

На рис. 2 приведено изображение структуры электронного курса по оптике, созданного в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

Квантовая оптика и классическая оптика сосуществовали почти столетие как два разных, самосогласованных описания света. Какое влияние имело место между двумя областями, как правило, можно было сказать в одном направлении, поскольку концепции классической оптики были включены в раннее развитие квантовой теории. Но становится всё более очевидным, что на классической территории существует значительное квантовое присутствие, и в частности, что квинтэссенциальный квантовый атрибут, запутывание, можно увидеть, изучить и использовать в классической оптике.

В составе дистанционного курса по оптике имеется глоссарий в виде отдельной страницы и отдельного элемента. Глоссарий составляют основные термины и понятия клас-

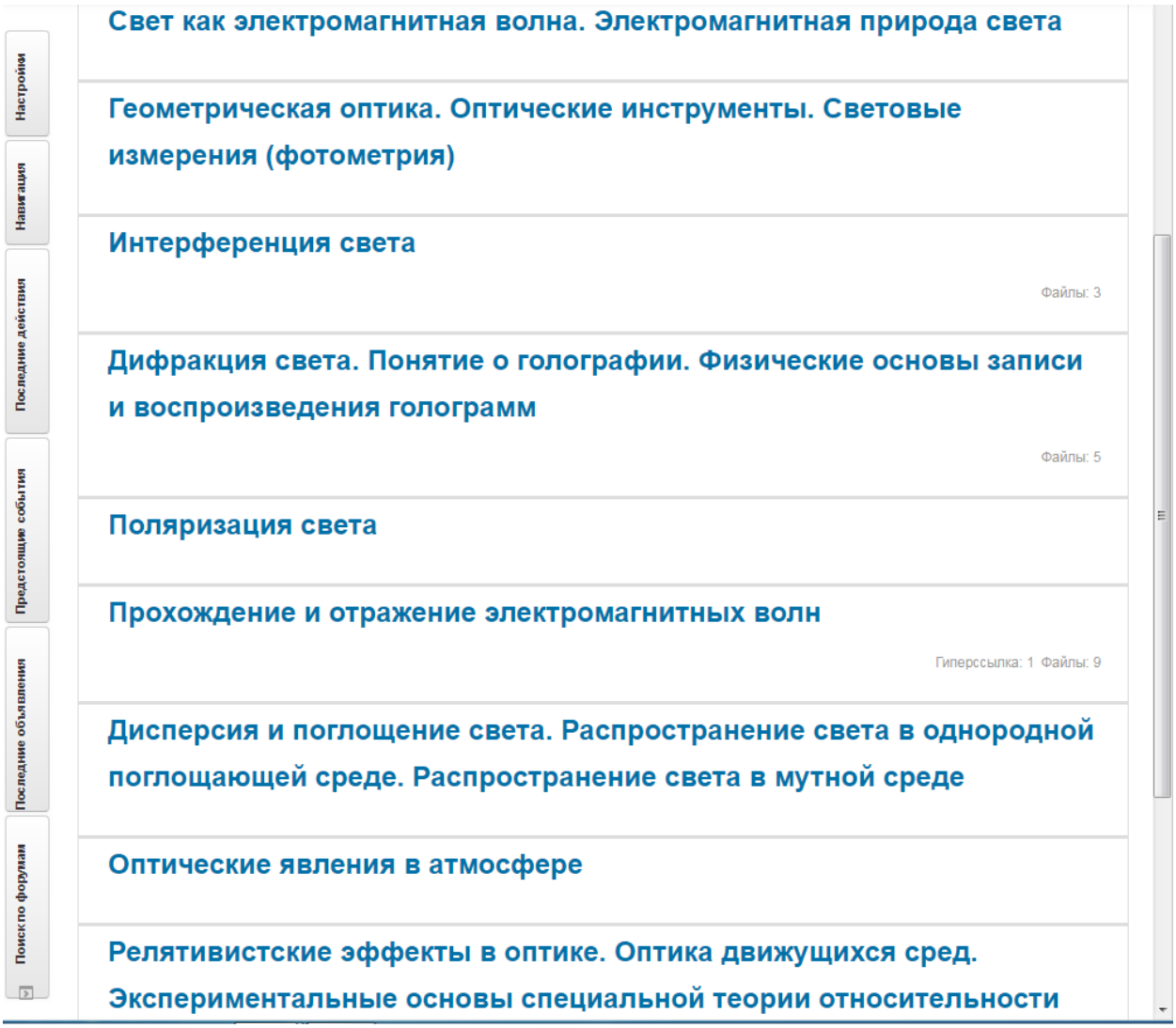


Рис. 2. Структура электронного образовательного ресурса по оптике в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

сической оптики. На рис. 3-7 приведены изображения страницы глоссария по оптике.

На рис. 8 приведено изображение структуры теоретических элементов темы “Электромагнитные волны” в составе дистанционного курса по оптике.

На рис. 9 приведено изображение структуры теоретических элементов темы “Интерференция света” в составе дистанционного курса по оптике. В составе темы, посвящённой интерференции света, рассматриваются вопросы по интерференции когерентных волн, пространственной и временной когерентности, а также интерференции в тонких плёнках. Эти элементы реализованы в виде отдельных файлов, содержащих теоретический материал.

На рис. 10 приведено изображение структуры теоретических элементов темы “Дифракция света” в составе дистанционного курса по оптике. В составе темы, посвящённой дифракции света, рассматриваются вопросы по дифракции Френеля, дифракции Фраунгофера, теории дифракционной решётки, дифракции рентгеновских лучей, голографии.

На рис. 11 приведено изображение структуры теоретических элементов темы “Прохождение и отражение электромагнитных волн” в составе дистанционного курса по оптике в системе управления обучением MOODLE. В составе темы, посвящённой прохождению и отражению электромагнитных волн, рассматриваются вопросы от законов

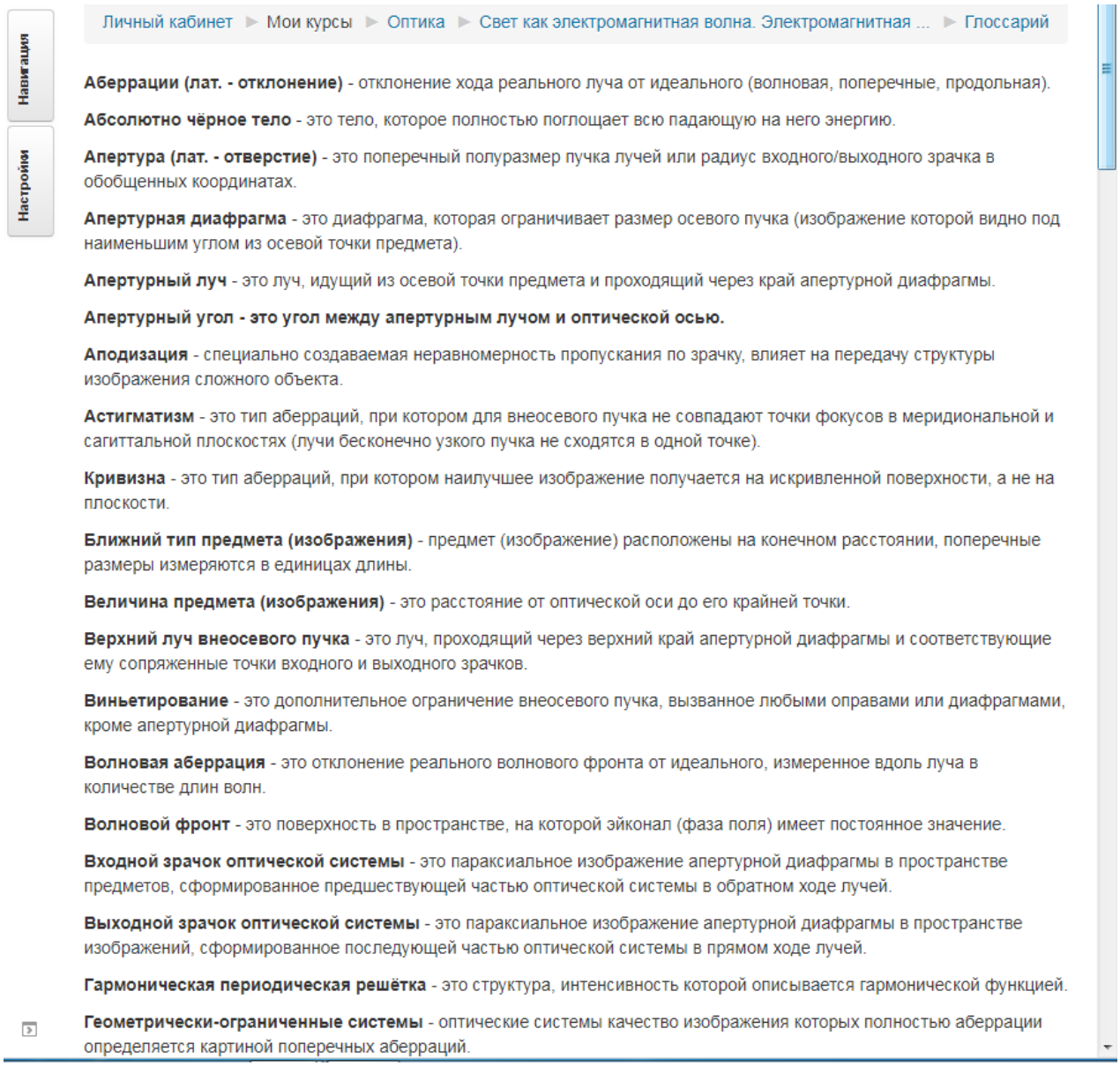


Рис. 3. Первая часть страницы глоссария по оптике.

отражения и преломления электромагнитных волн до рассеяния света. Кроме того, особое внимание уделено рассмотрению формул Френеля. Страницы темы дистанционного курса содержат элементы навигации по дистанционному курсу, позволяющие переходить на предыдущий или последующий элементы в разделе дистанционного курса по оптике.

На рис. 12 приведено изображение раздела электронного курса по оптике, содержащего ссылки на литературу из доступных электронных библиотечных систем. Доступ к электронным библиотечным системам осуществляется по подписке организации. В электронных библиотечных системах имеются как новые издания, так и классические издания, и даже раритетные издания книг по оптике.

В составе электронного курса по оптике находятся также скомпонованные электронные учебники по отдельным разделам, темам и вопросам. Например, на рис. 13 представлен результат загрузки скомпонованного справочника по оптике в виде файла-справки, который может быть скачан и прочитан на компьютере. Файл справочника содержит собственные элементы навигации. Например, из файла справочника можно найти следующие формулы оптики: скорость света в среде, формула линзы и зеркала,

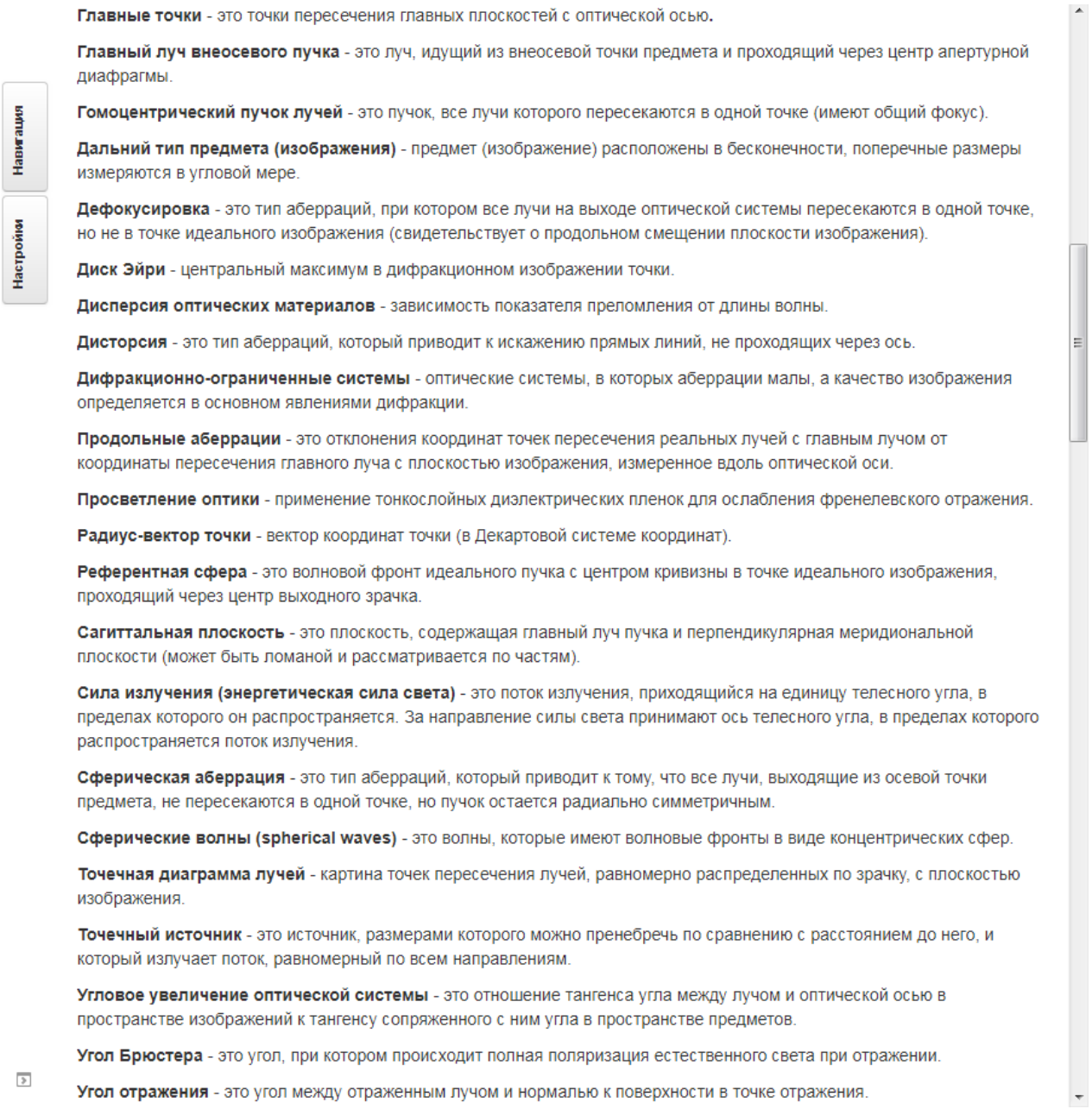


Рис. 4. Вторая часть страницы глоссария по оптике.

формула освещённости, формулы для вычисления положения максимумов и минимумов интерференции, формула для вычисления положений максимумов дифракционной решётки и другие формулы.

Разработка тестовых заданий дистанционного курса по оптике на платформе MOODLE

Рассмотрим результат разработки банка тестовых заданий дистанционного курса по оптике в системе управления обучением MOODLE. В рамках дистанционного курса по оптике планируется осуществлять планомерный и систематический контроль теоретических знаний по оптике. В составе электронного курса по оптике, разработанного на платформе MOODLE, создан банк вопросов для контроля репродуктивного уровня усвоения теоретических знаний по оптике. Каждый вопрос по оптике имеет уникальный номер, состоящий из номера темы и порядкового номера в составе данной темы.

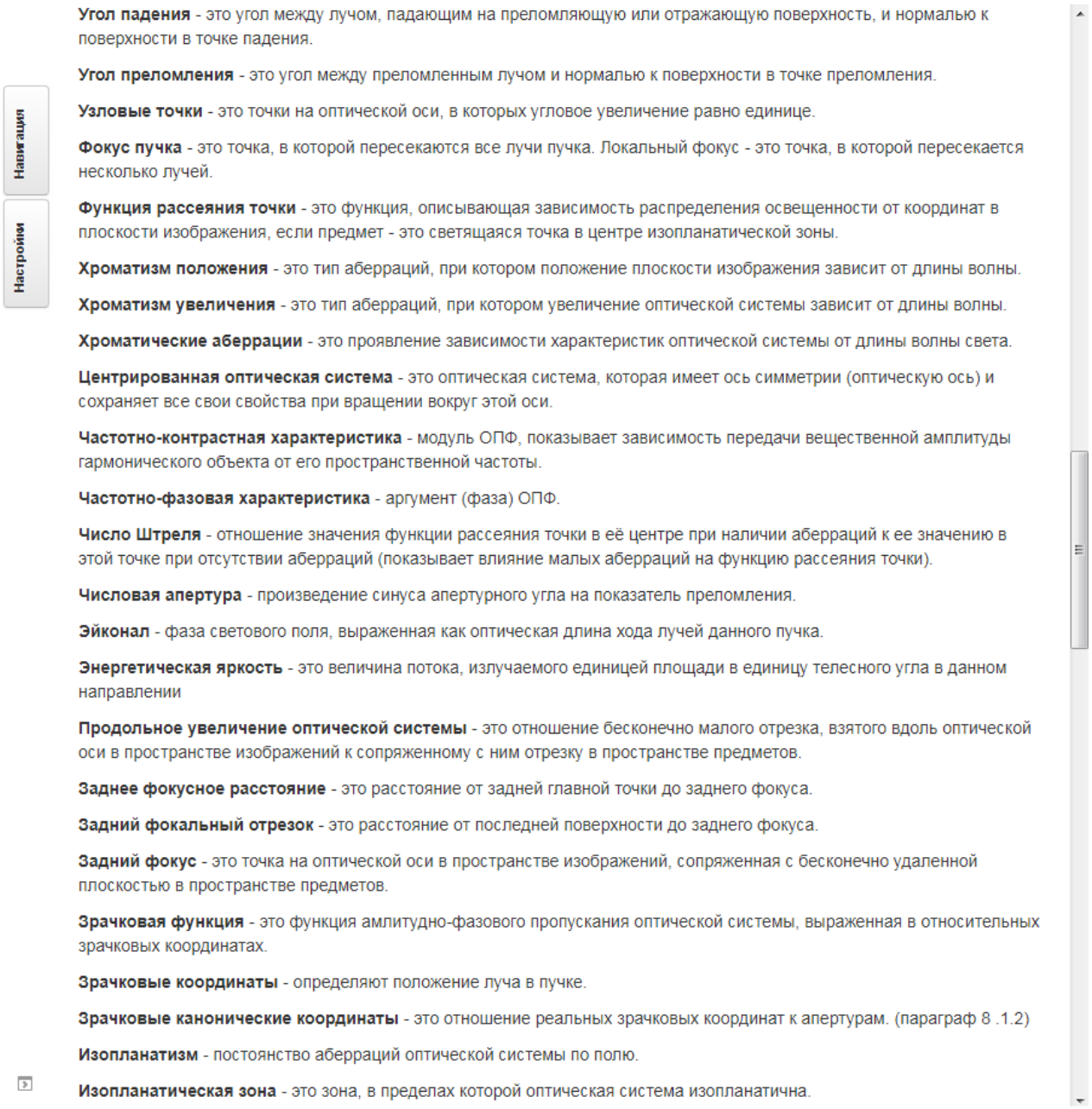


Рис. 5. Третья часть страницы глоссария по оптике.

это принцип нумерации вопросов облегчает добавлению вопросов по оптике из банка вопросов в тематический тест в составе конкретной темы дистанционного курса по оптике.

Наглядность в электронном образовательном ресурсе по оптике значительно выше, чем в печатном учебнике. Причём достигается высокая наглядность и оперативность в выставлении и получении оценок за выполненные задания и проделанные работы в электронном курсе по оптике. Наглядность обеспечивается использованием при создании электронных образовательных ресурсов различных современных мультимедийных технологий таких, как гиперссылок, видеосюжетов, анимации, звукового сопровождения и т.п.

На рис. 14 представлено изображение страницы списка вопросов по оптике в составе банка вопросов дистанционного курса по оптике в системе управления обучением MOODLE. Используя вопросы, входящие в банк вопросов по оптике, можно генерировать тестовые задания по разным темам дистанционного курса по оптике.

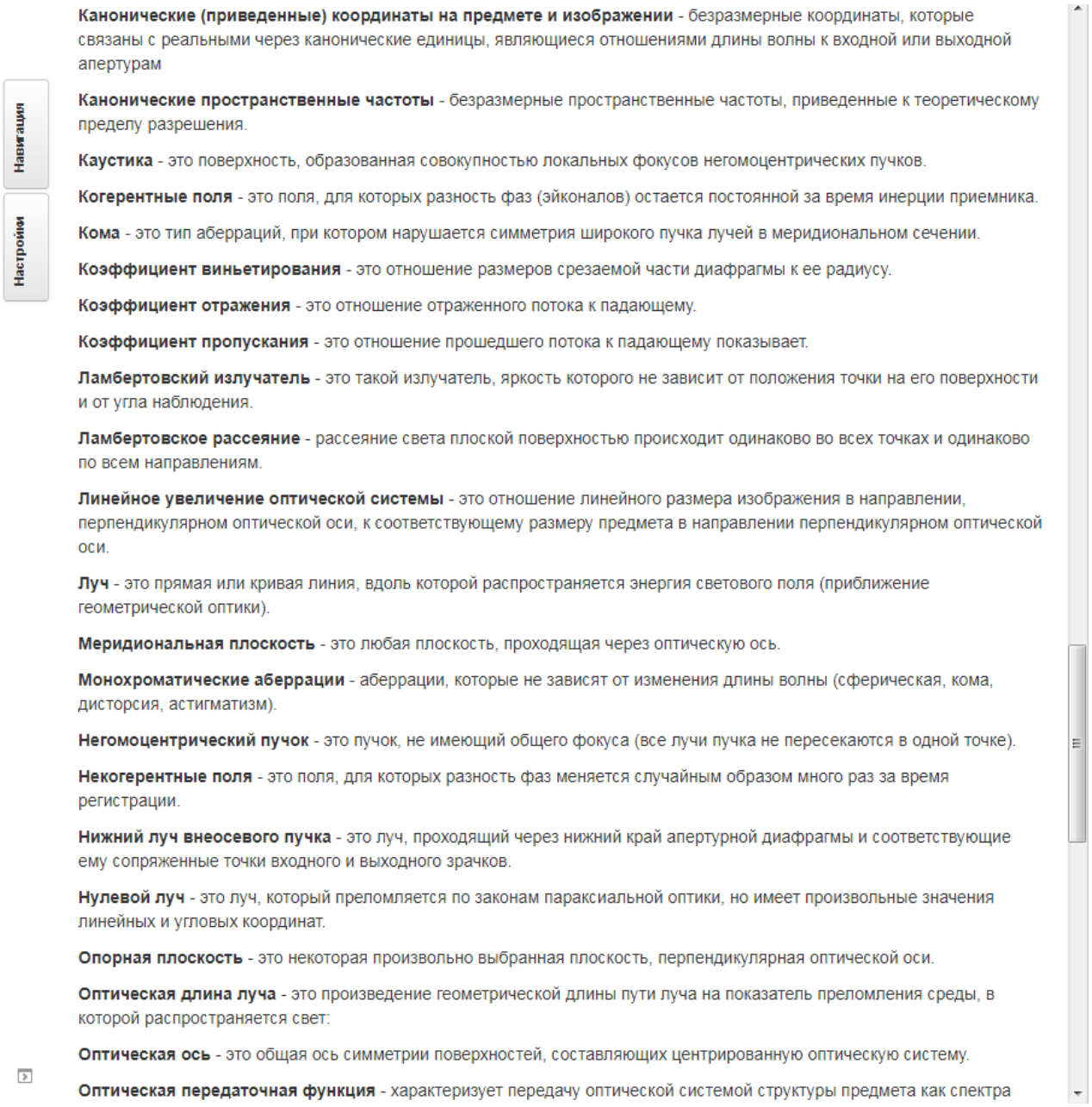


Рис. 6. Четвёртая часть страницы глоссария по оптике.

На рис. 15 представлено изображение вопроса по оптике 1-001 в составе банка вопросов дистанционного курса по оптике.

На рис. 16 представлено изображение вопроса по оптике 1-002 в составе банка вопросов дистанционного курса по оптике. Вопрос посвящён изучению уравнения электромагнитной волны.

На рис. 17 представлено изображение вопроса по оптике 2-001 в составе банка вопросов дистанционного курса по оптике. Вопрос посвящён изучению интерференции света.

На рис. 18 представлено изображение вопроса по оптике 3-001 в составе банка вопросов дистанционного курса по оптике в системе управления обучением MOODLE. Вопрос посвящён изучению интерференции света.

На рис. 19 представлено изображение вопроса по оптике 3-001 в составе банка вопросов дистанционного курса по оптике в системе управления обучением MOODLE.

На рис. 20 представлено изображение вопроса по оптике 4-002 в составе банка во-

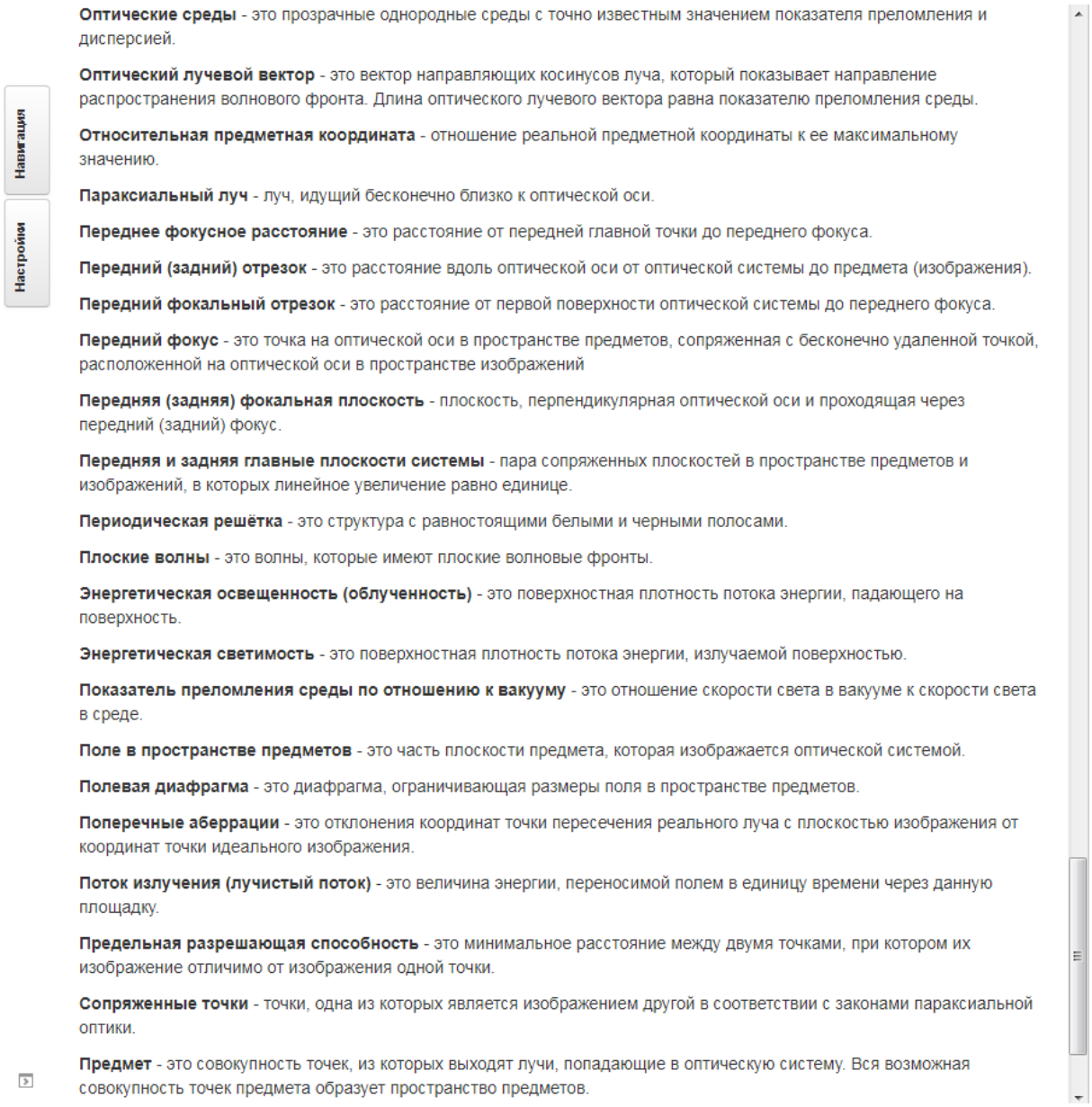


Рис. 7. Пятая часть страницы глоссария по оптике.

просов дистанционного курса по оптике в системе управления обучением MOODLE. Вопрос посвящён изучению дифракции света.

На рис. 21 представлено изображение вопроса по оптике 4-001 в составе банка вопросов дистанционного курса по оптике в системе управления обучением MOODLE. Вопрос посвящён изучению дифракции света.

На рис. 22 представлено изображение вопроса по оптике 4-003 в составе банка вопросов дистанционного курса по оптике в системе управления обучением MOODLE. Вопрос посвящён изучению дифракции света.

На рис. 23 представлено изображение вопроса по оптике 5-001 в составе банка вопросов дистанционного курса по оптике в системе управления обучением MOODLE. Вопрос посвящён изучению поляризации света.

На рис. 24 представлено изображение вопроса по оптике 5-002 в составе банка вопросов дистанционного курса по оптике. Вопрос посвящён изучению поляризации света.

На рис. 25 представлено изображение вопроса по оптике 6-001 в составе банка вопросов дистанционного курса по оптике в системе управления обучением MOODLE.

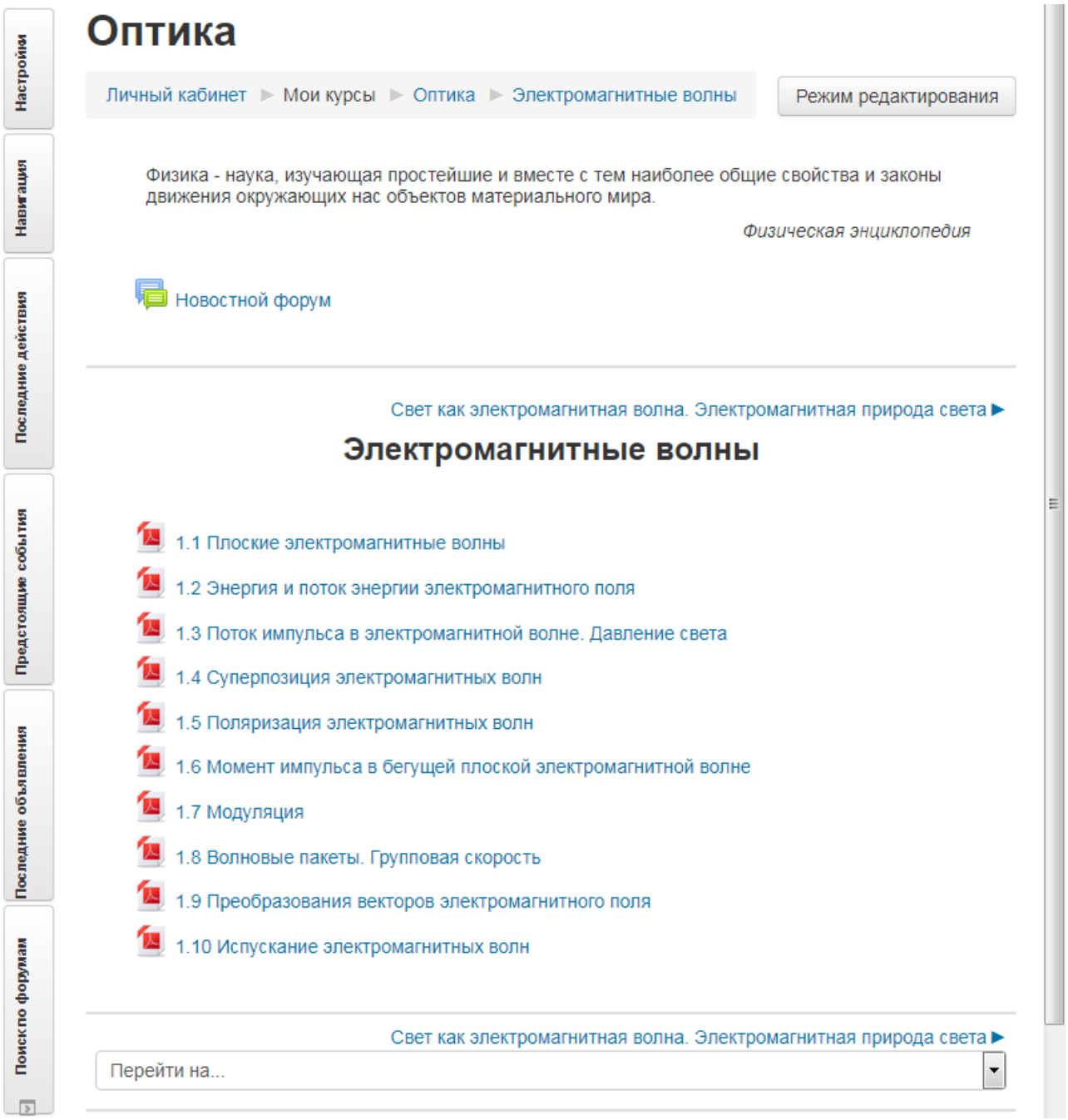


Рис. 8. Структура теоретических элементов темы “Электромагнитные волны” в составе дистанционного курса по оптике.

Вопрос посвящён изучению дисперсии света.

Разработанная база тестовых заданий по оптике обеспечивает многовариантность, многоуровневость и разнообразие проверочных заданий и тестов по оптике Разработанная база тестовых заданий по оптике может быть использована для тестирования студентов по оптике. Если есть компьютер с доступом во всемирную сеть, то можно получить доступ к созданному дистанционному курсу по оптике.

Реализуемая сегодня идеология организации обучения с пониженной аудиторной нагрузкой в случае изучения физики требует дальнейшего развития электронных средств и дистанционных средств сопровождения индивидуальной работы студентов. В этой связи возникает потребность адаптации имеющихся электронных учебных ресурсов, допускающих поисковую учебно-исследовательскую работу учащихся для решения задачи

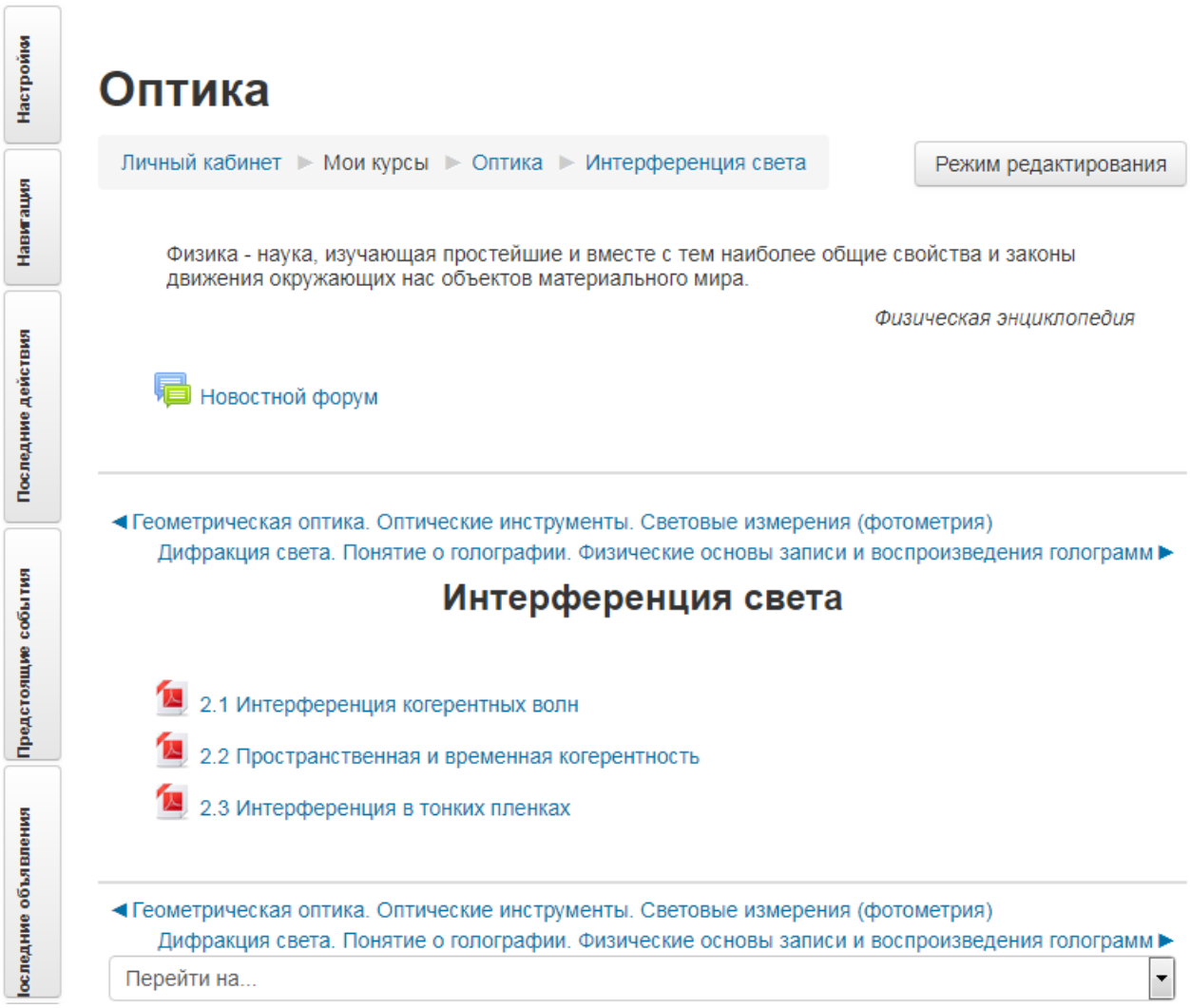


Рис. 9. Структура теоретических элементов темы “Интерференция света” в составе дистанционного курса по оптике.

сопровождения самостоятельного повторения и изучения углубленных курсов физики [1].

Проблема сочетания фундаментального подхода в изложении базовых курсов по физике и математике с МООС-форматом была решена за счёт создания многоуровневого курса. Каждая тема излагалась в трёх дополняющих и не перекрывающих друг друга вариантах: для учащихся школ, технических колледжей и бакалавриатов физических факультетов университетов. Такая структура должна минимизировать повторения и предоставить возможность формирования индивидуализированных образовательных траекторий, допускающих возможности как восполнения пробелов усвоения материала на предшествующих уровнях обучения, так и углубленного и опережающего образования.

В [2] описан процесс создания пакета оригинальных компьютерных программ электронных конструкторов, позволяющих создавать собственные оригинальные виртуальные интерактивные модели изучаемых систем без использования программирования. В основу был положен принцип физического объектно-ориентированного программирования, являющиеся естественной адаптацией общих идей объектно-ориентированного программирования к формализму описания сложных систем в рамках приближений классической и релятивистской физики. Автоматизация разработки учебных электронных моделей для виртуальных демонстраций и исследований позволяет создавать биб-

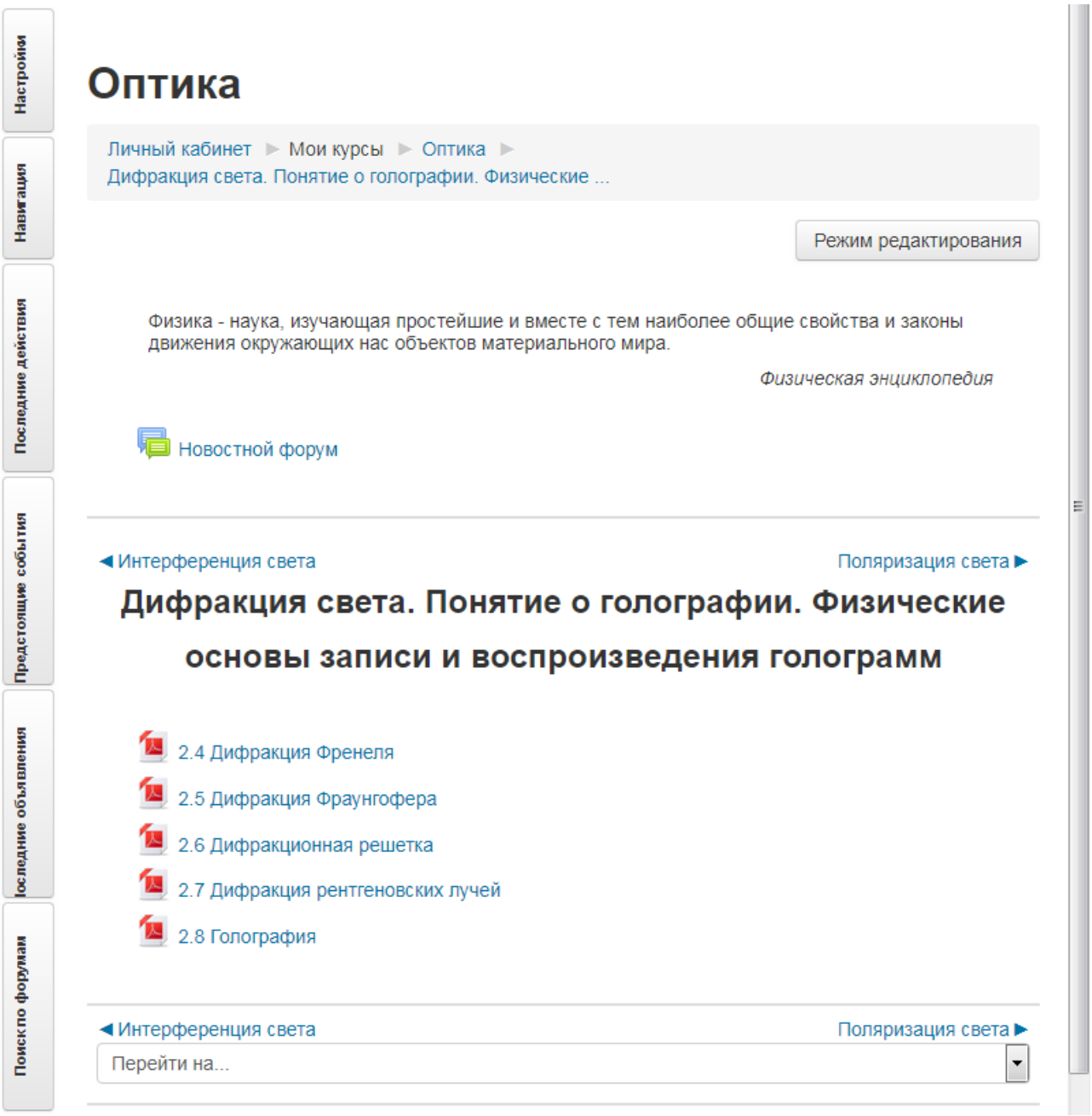


Рис. 10. Структура теоретических элементов темы “Дифракция света” в составе дистанционного курса по оптике.

лиотеки таких ресурсов по курсам механики, электродинамике, оптики и статистической физики, реализуемым на разных уровнях обучения: как в старших классах школ, так и в университетах.

Сейчас под электронными образовательными ресурсами понимают любые электронные ресурсы, состоящие из сведений образовательного характера [3–5]. Электронными учебными ресурсами считаются электронные ресурсы, состоящие из систематизированных указаний научного и практического характера, имеющие определённую форму, и предназначенные для учения и обучения, для обучающихся различного возраста и уровня. Известно, что понятие электронного образовательного ресурса достаточно объёмно, оно включает в себя: электронный учебник, электронное пособие, электронную энциклопедию, электронный каталог, виртуальную лабораторию; сайты, порталы, служащие учебному процессу и другие подобного рода ресурсы.

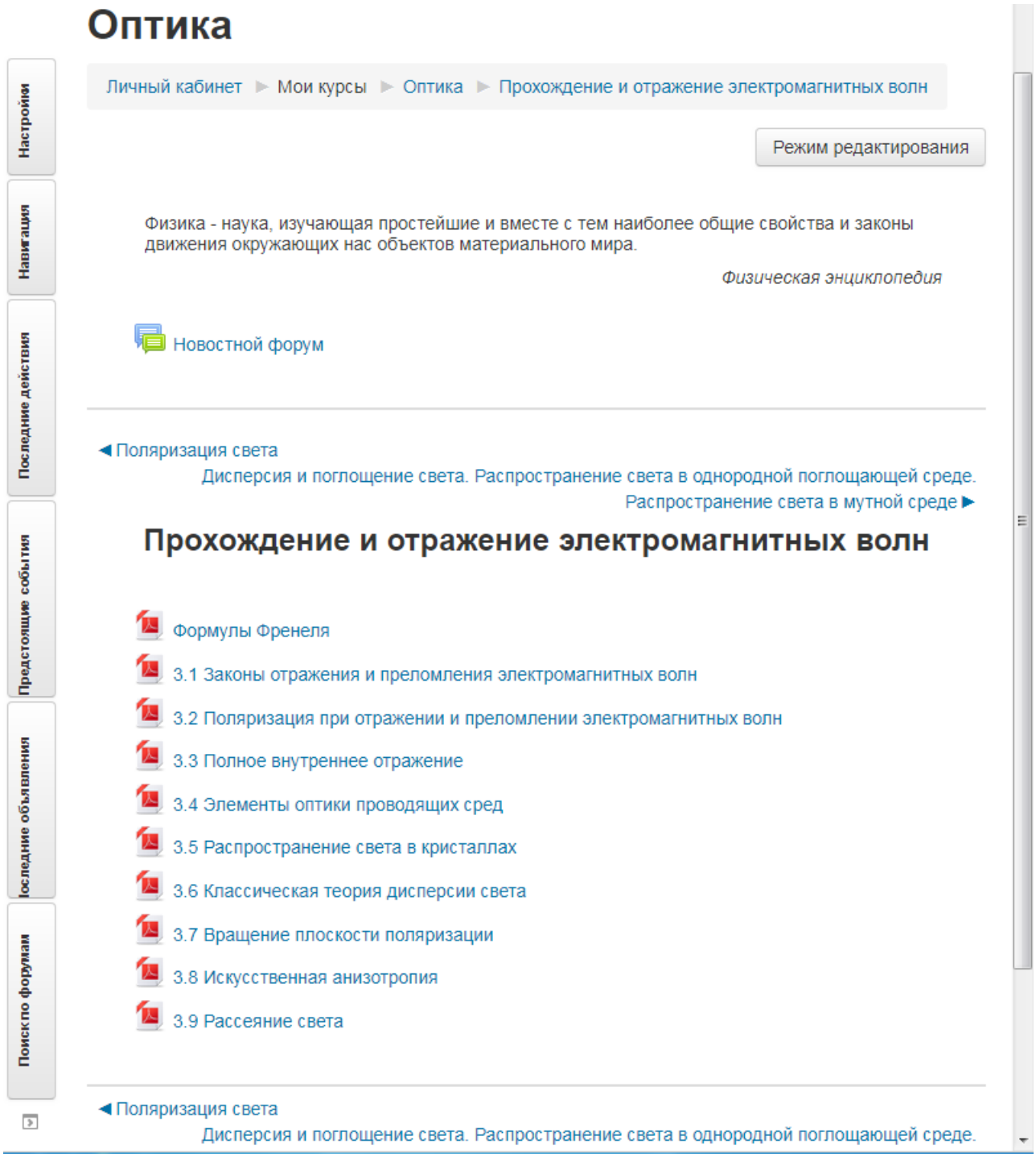


Рис. 11. Структура теоретических элементов темы “Прохождение и отражение электромагнитных волн” в составе дистанционного курса по оптике в системе управления обучением MOODLE.

В [6] рассматриваются различные методические аспекты применения компьютеров при решении физических задач по оптике.

В [7] описана разработка электронного образовательного ресурса в университете при помощи инструментов Google Site и MOODLE, а также проведено сравнение возможностей платформ Google Site и MOODLE для создания электронных образовательных ресурсов по физике.

В [8] проведено исследование информационных образовательных сред и электронных образовательных ресурсов по физике на примере темы “Фотоэффек”, созданных с

Рис. 12. Раздел электронного курса по оптике, содержащий ссылки на литературу из электронных библиотечных систем.

использованием инструментов Google Sites.

В [9] описана разработка и внедрение электронного курса по нанооптике. Рассматриваемый в этой работе электронный курс по нанооптике имеет структуру сайта.

В [10] представлен один из путей формирования культуры будущего учителя физики: изучение историко-биографических сведений в курсе физики. В этом процессе широкие возможности имеют современные информационные технологии. Показан опыт изучения историко-биографических сведений на примере развития волновой оптики.

В [11] обобщен практический опыт создания и использования в обучении физике на

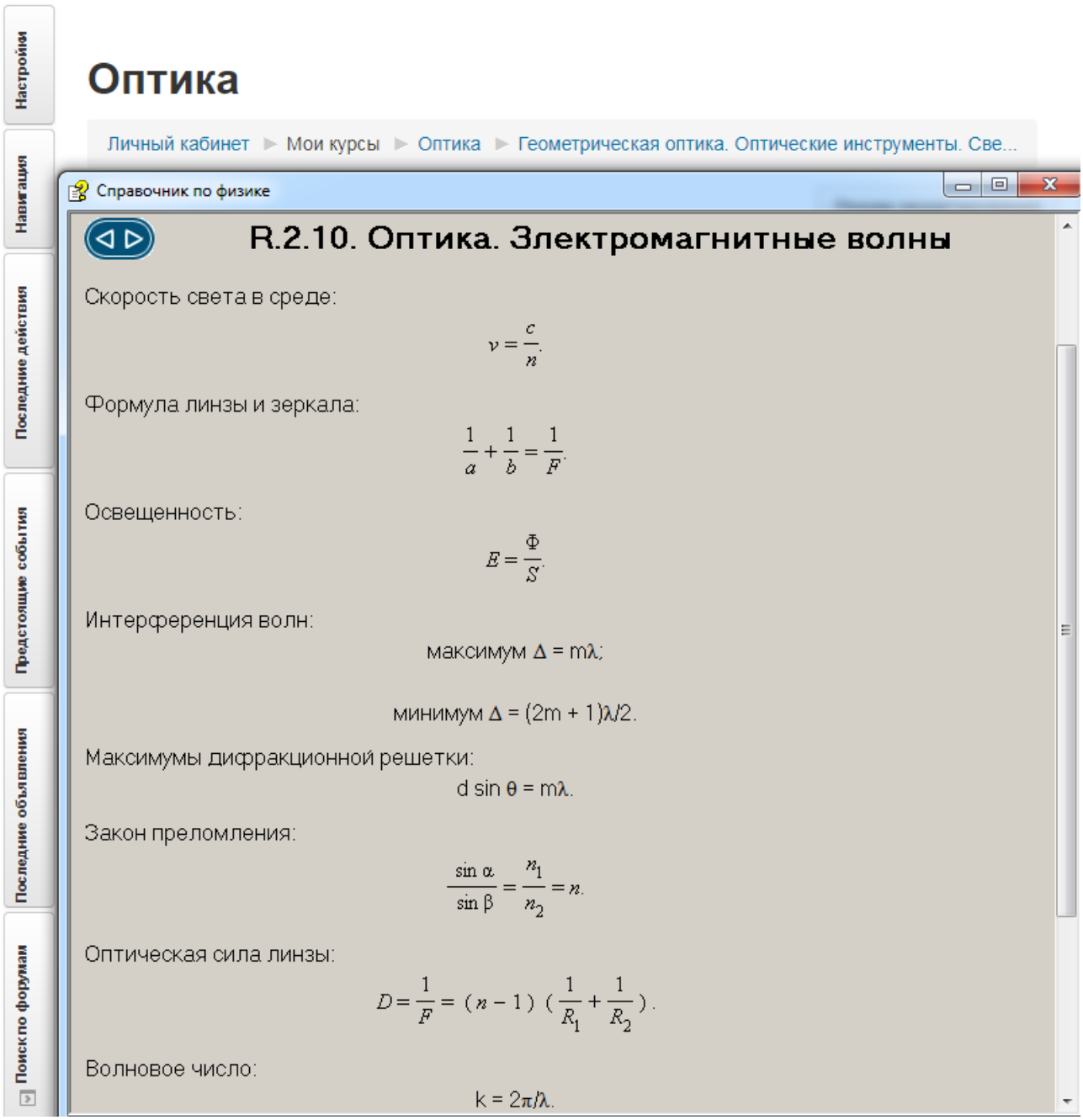


Рис. 13. Результат загрузки справочника по физике в составе дистанционного курса по оптике.

базовом уровне электронных дидактических разработок с возможностью реализации дифференцированного подхода по модулю “Волновая оптика”. Структура модуля типа “ядро + оболочка” позволяет варьировать степень насыщения содержания информацией и уровень сложности учебного материала.

В [12] обоснована актуальность проблемы овладения студентами методами самостоятельной познавательной деятельности по физике средствами современных информационных технологий, в частности, на базе модульной объектно-ориентированной динамической учебной среды (MOODLE) и предложен один из вариантов её решения.

В [13] рассмотрены возможности организации самостоятельной работы студентов с использованием модульной объектно-ориентированной динамической учебной среды (MOODLE) как в рамках отдельных дисциплин, так и в междисциплинарном аспекте. В [13] предложен информационно-проектный метод обучения, реализуемый в учебной

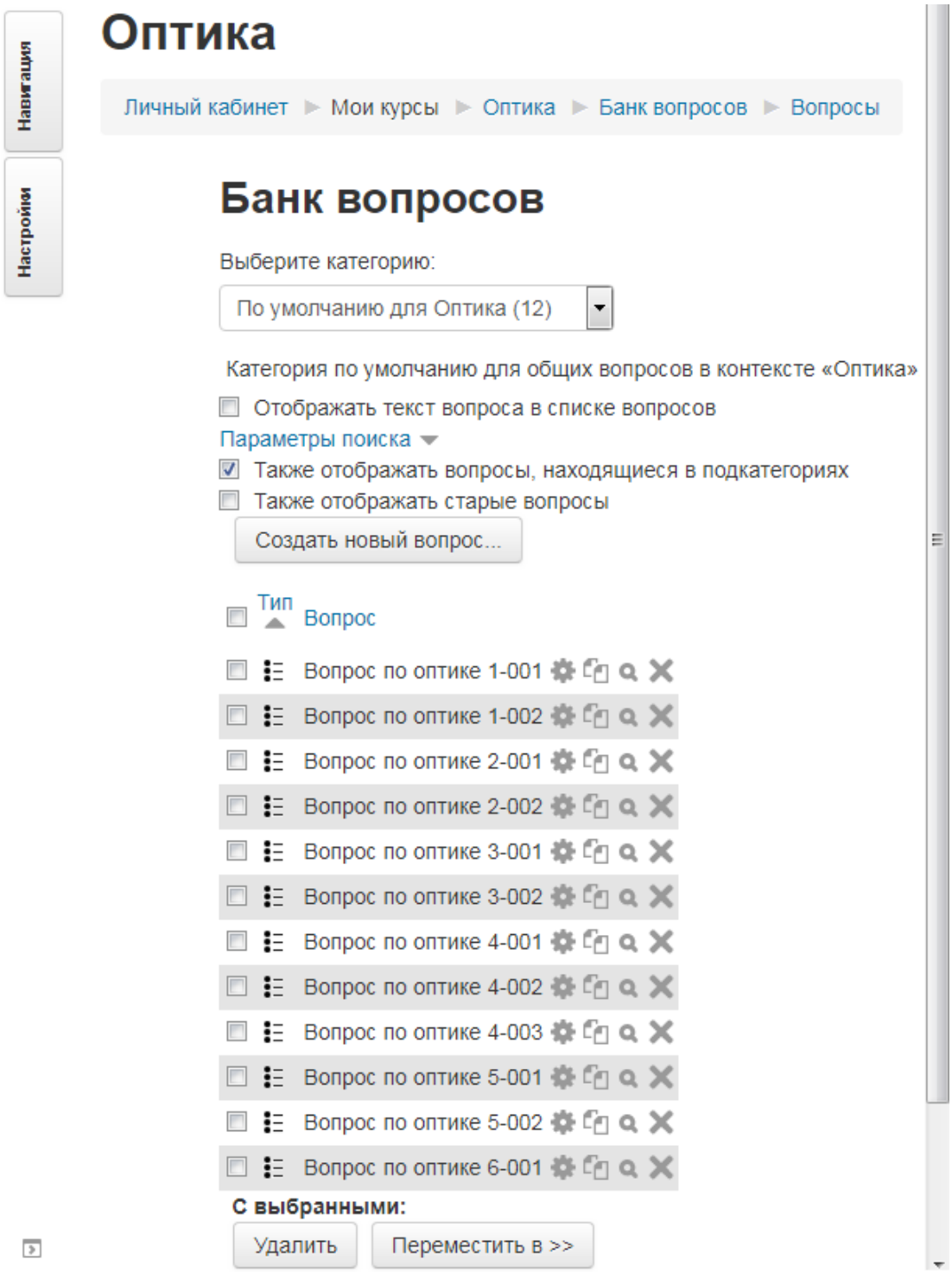
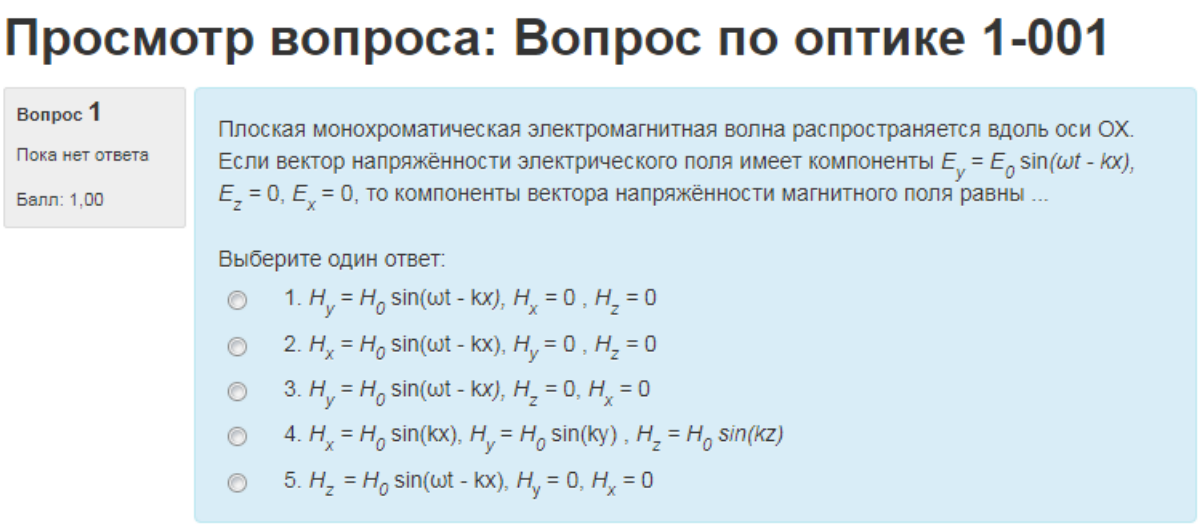


Рис. 14. Список вопросов по оптике в составе банка вопросов дистанционного курса по оптике в системе управления обучением MOODLE.

среде (MOODLE), позволяющий обеспечить междисциплинарное взаимодействие и профессиональную направленность при организации самостоятельной работы студентов. Одним из путей интенсификации учебного процесса и придания ему профессиональной направленности является широкое внедрение информационных и коммуникационных технологий, в частности использование систем управления обучения или систем управления курсами. Среди некоммерческих систем наиболее распространенной и удобной в использовании является MOODLE (модульная объектно-ориентированная динамическая учебная среда) – система управления обучением, ориентированная прежде всего



Просмотр вопроса: Вопрос по оптике 1-001

Вопрос 1

Пока нет ответа

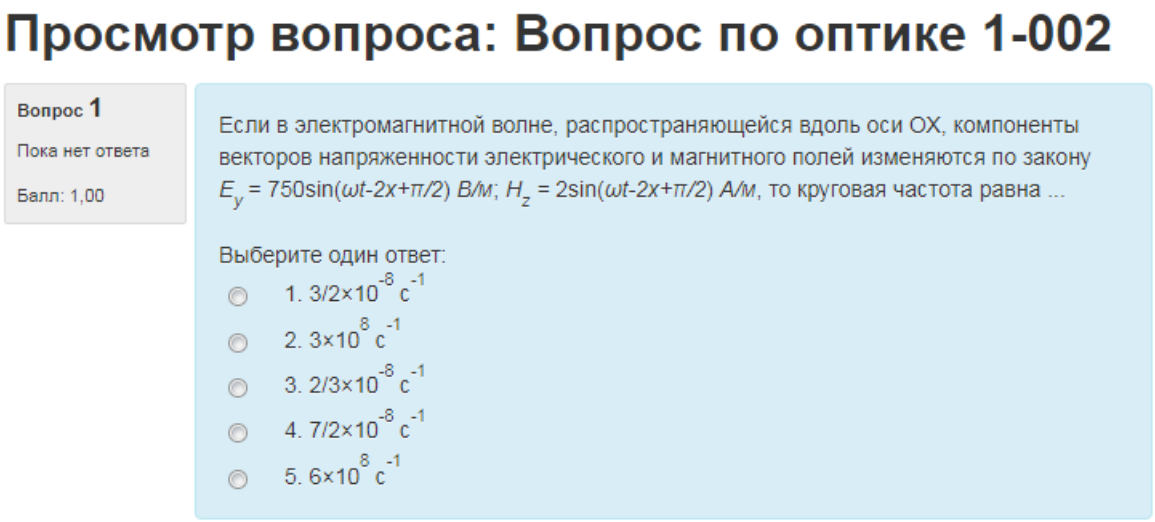
Балл: 1,00

Плоская монохроматическая электромагнитная волна распространяется вдоль оси OX. Если вектор напряжённости электрического поля имеет компоненты $E_y = E_0 \sin(\omega t - kx)$, $E_z = 0$, $E_x = 0$, то компоненты вектора напряжённости магнитного поля равны ...

Выберите один ответ:

1. $H_y = H_0 \sin(\omega t - kx)$, $H_x = 0$, $H_z = 0$
2. $H_x = H_0 \sin(\omega t - kx)$, $H_y = 0$, $H_z = 0$
3. $H_y = H_0 \sin(\omega t - kx)$, $H_z = 0$, $H_x = 0$
4. $H_x = H_0 \sin(kx)$, $H_y = H_0 \sin(ky)$, $H_z = H_0 \sin(kz)$
5. $H_z = H_0 \sin(\omega t - kx)$, $H_y = 0$, $H_x = 0$

Рис. 15. Вопрос по оптике 1-001 в составе банка вопросов дистанционного курса по оптике.



Просмотр вопроса: Вопрос по оптике 1-002

Вопрос 1

Пока нет ответа

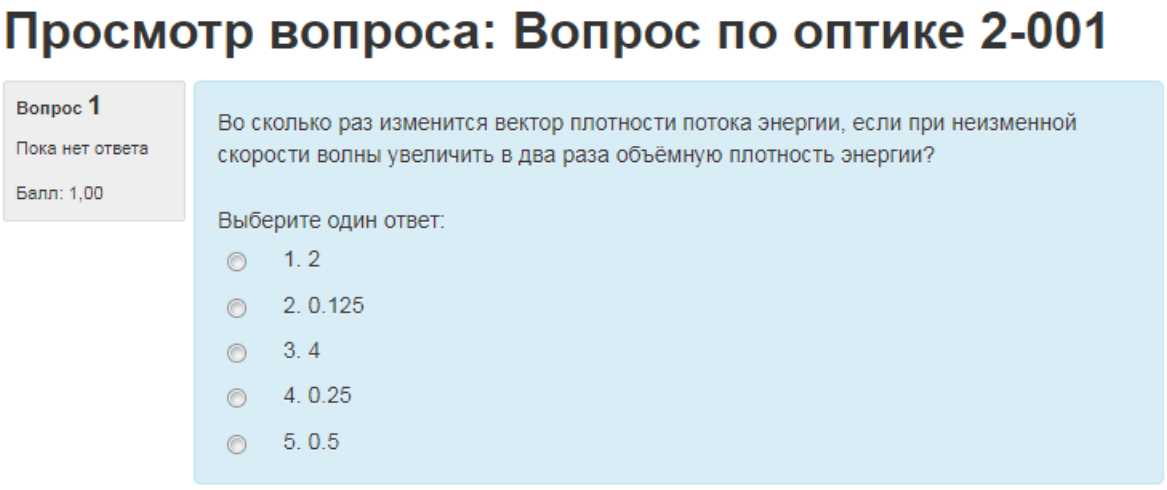
Балл: 1,00

Если в электромагнитной волне, распространяющейся вдоль оси OX, компоненты векторов напряженности электрического и магнитного полей изменяются по закону $E_y = 750\sin(\omega t - 2x + \pi/2)$ *В/м*; $H_z = 2\sin(\omega t - 2x + \pi/2)$ *А/м*, то круговая частота равна ...

Выберите один ответ:

1. $3/2 \times 10^{-8}$ c^{-1}
2. 3×10^{8} c^{-1}
3. $2/3 \times 10^{-8}$ c^{-1}
4. $7/2 \times 10^{-8}$ c^{-1}
5. 6×10^{8} c^{-1}

Рис. 16. Вопрос по оптике 1-002 в составе банка вопросов дистанционного курса по оптике.



Просмотр вопроса: Вопрос по оптике 2-001

Вопрос 1

Пока нет ответа

Балл: 1,00

Во сколько раз изменится вектор плотности потока энергии, если при неизменной скорости волны увеличить в два раза объёмную плотность энергии?

Выберите один ответ:

1. 2
2. 0.125
3. 4
4. 0.25
5. 0.5

Рис. 17. Вопрос по оптике 2-001 в составе банка вопросов дистанционного курса по оптике.

Просмотр вопроса: Вопрос по оптике 3-001

Вопрос 1

Пока нет ответа

Балл: 1,00

Установка для наблюдения колец Ньютона освещается монохроматическим светом с длиной волны 0.6 *мкм*, падающим нормально. Толщина воздушного слоя между линзой (плоско-выпуклой) и стеклянной пластинкой в том месте, где наблюдается четвёртое тёмное кольцо в отражённом свете, равна...

Выберите один ответ:

1. 1.2 *мкм*
2. 1.35 *мкм*
3. 1.05 *мкм*
4. 2.4 *мкм*

Рис. 18. Вопрос по оптике 3-001 в составе банка вопросов дистанционного курса по оптике в системе управления обучением MOODLE.

Просмотр вопроса: Вопрос по оптике 3-002

Вопрос 1

Пока нет ответа

Балл: 1,00

Показатель преломления среды *n*, с точки зрения волновой теории света, равен ...

Выберите один ответ:

1. $n=c/v$, где *c* - скорость света в вакууме, v - скорость света в среде
2. $n=\lambda/\lambda_0$, где λ - длина волны в вакууме, λ_0 – длина волны в среде
3. $n = tgi$, где *i* — угол падения, соответствующий полной поляризации отражённого луча
4. $n = v_0/v$, где v_0 - частота волны в вакууме, v - частота волны в среде
5. $n=v/c$, где *c* - скорость света в вакууме, v - скорость света в среде

Рис. 19. Вопрос по оптике 3-002 в составе банка вопросов дистанционного курса по оптике в системе управления обучением MOODLE.

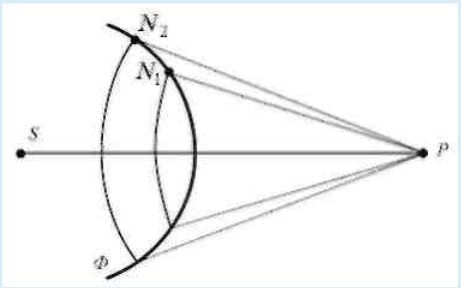
Просмотр вопроса: Вопрос по оптике 4-002

Вопрос 1

Пока нет ответа

Балл: 1,00

На рисунке представлена схема разбиения волновой поверхности *Ф* на зоны Френеля. Разность хода между лучами N_1P и N_2P равна...



Выберите один или несколько ответов:

1. 0
2. λ
3. λ/2
4. 2λ
5. 3λ/2

Рис. 20. Вопрос по оптике 4-002 в составе банка вопросов дистанционного курса по оптике в системе управления обучением MOODLE.

Просмотр вопроса: Вопрос по оптике 4-001

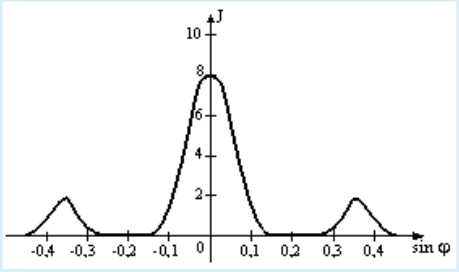
Вопрос 1

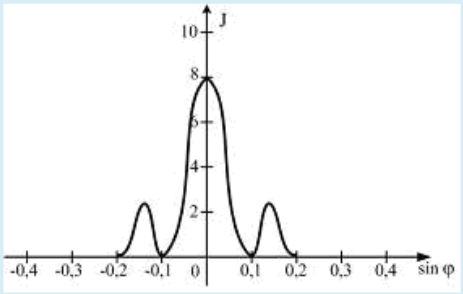
Пока нет ответа

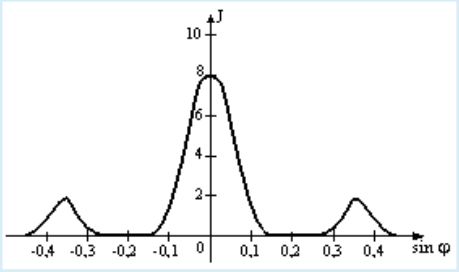
Балл: 1,00

Имеются четыре решётки с различными постоянными *d* (постоянная решётки), освещаемые одним и тем же монохроматическим излучением различной интенсивности. Какой рисунок иллюстрирует положение главных максимумов, создаваемых дифракционной решёткой с **наименьшей постоянной решётки**? (J – интенсивность света, φ - угол дифракции).

Выберите один ответ:

1. 

2. 

3. 

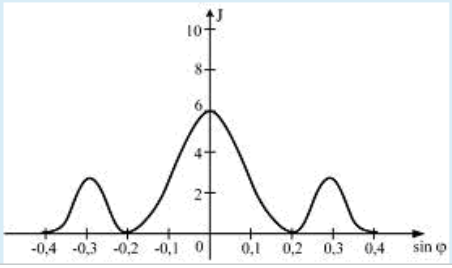
4. 

Рис. 21. Вопрос по оптике 4-001 в составе банка вопросов дистанционного курса по оптике в системе управления обучением MOODLE.

Просмотр вопроса: Вопрос по оптике 4-003

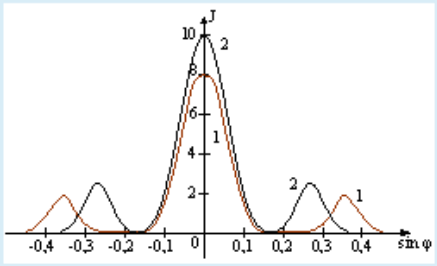
Вопрос 1

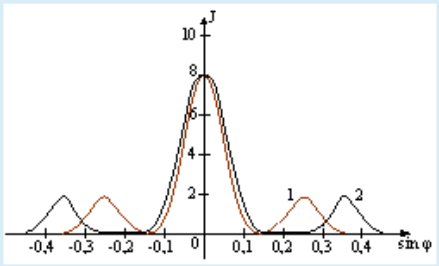
Пока нет ответа

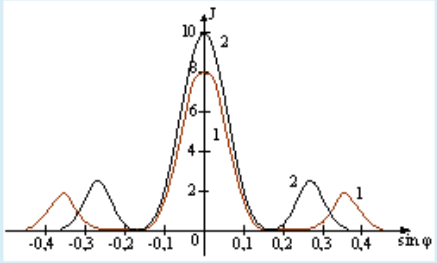
Балл: 1,00

На дифракционную решётку падает излучение одинаковой интенсивности с длинами волн λ_1 и λ_2. Укажите рисунок, иллюстрирующий положение главных максимумов, создаваемых дифракционной решёткой, если $\lambda_1 > \lambda_2$? (J – интенсивность, φ – угол дифракции).

Выберите один ответ:

1. 

2. 

3. 

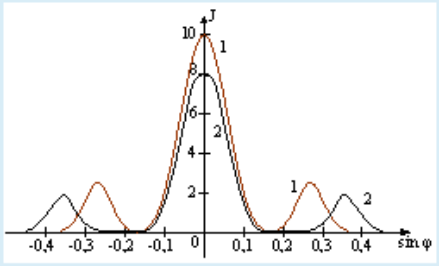
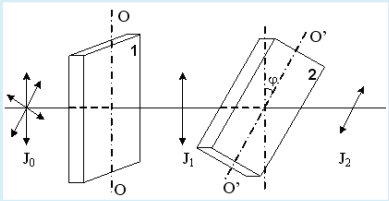
4. 

Рис. 22. Вопрос по оптике 4-003 в составе банка вопросов дистанционного курса по оптике.

Просмотр вопроса: Вопрос по оптике 5-001

Вопрос 1
Пока нет ответа
Балл: 1,00

На пути естественного света интенсивностью J_0 помещены две пластинки турмалина. После прохождения пластинки 1 свет полностью поляризован. Если угол между направлениями OO и O'O' равен 60°, то интенсивность J_2 света, прошедшего через обе пластинки, связана с J_0 соотношением ...



Выберите один ответ:

1. $J_2 = \frac{J_0}{2}$
2. $J_2 = \frac{J_0}{8}$
3. $J_2 = \frac{J_0}{4}$
4. $J_2 = \frac{5J_0}{8}$
5. $J_2 = \frac{3J_0}{8}$

Рис. 23. Вопрос по оптике 5-001 в составе банка вопросов дистанционного курса по оптике в системе управления обучением MOODLE.

Просмотр вопроса: Вопрос по оптике 5-002

Вопрос 1
Пока нет ответа
Балл: 1,00

При падении света из воздуха на диэлектрик отражённый луч полностью поляризован. Угол преломления равен 30°. Тогда показатель преломления диэлектрика равен ...

Выберите один ответ:

1. 2.0
2. 1.5
3. $\sqrt{2}$
4. 3.0
5. $\sqrt{3}$

Рис. 24. Вопрос по оптике 5-002 в составе банка вопросов дистанционного курса по оптике в системе управления обучением MOODLE.

Просмотр вопроса: Вопрос по оптике 6-001

Вопрос 1
Пока нет ответа
Балл: 1,00

При прохождении белого света через трёхгранную призму наблюдается его разложение в спектр. Это явление объясняется ...

Выберите один ответ:

1. поляризацией света
2. ни одним из волновых явлений
3. дифракцией света
4. дисперсией света
5. интерференцией света

Рис. 25. Вопрос по оптике 6-001 в составе банка вопросов дистанционного курса по оптике в системе управления обучением MOODLE.

на организацию взаимодействия между преподавателем и обучаемым. Основное назначение системы — помощь в организации дистанционного и заочного обучения, но её также можно использовать и при очной форме обучения как вспомогательный ресурс.

В [14] предлагается, не нагружая учащихся теоретическим материалом, рассмотреть сферическое зеркало просто в качестве задачи по геометрической оптике и представляется доступное решение, тем более что результат оказывается знакомым для школьников.

В [15] предложена методика использования современных коммуникационных технологий на уроках физики.

В [16] описан процесс создания компьютерных лабораторных работ для электронного учебника по курсу физики на примере раздела “Оптика”. В [16] разработан комплекс компьютерных лабораторных работ, охватывающий основные оптические явления. В лабораторных работах предусмотрена возможность изменения значений экспериментальных параметров в широких диапазонах, что позволяет студентам более детально изучить особенности наблюдаемых явлений. Представленный учебный комплекс не требует дорогостоящих физических приборов и в то же время обладает большими демонстрационными возможностями. Изучение физики, как и любой другой экспериментальной науки, невозможно без выполнения лабораторных работ, требующих наличия оборудования. Однако износ лабораторных приборов приводит к необходимости постоянной модернизации практикума, что связано с существенными материальными затратами, очень часто невозможными из-за отсутствия источников финансирования. Основным выходом из сложившейся ситуации является использование компьютерных технологий, имеющих ряд преимуществ. Во-первых, компьютерное моделирование позволяет более широко и детально изучать физические явления, так как обычный физический практикум не позволяет изменять экспериментальные параметры в широком диапазоне (например, изменять длину волны используемого монохроматического когерентного излучения от фиолетового до красного света и т.д.). Во-вторых, развитие сети Internet или запись информации на электронных носителях (флоппи-диски или CD-диски) позволяют выполнять лабораторные работы удалённым пользователям без обязательного присутствия в лаборатории (дистанционное образование). В-третьих, проведение лабораторных работ может быть совмещено по времени с изучением теоретического материала (одновременность), что способствует лучшему усвоению знаний.

В [17] рассматривается с методической точки зрения явление интерференции. Явление интерференции света занимает особое место в физической науке и обучении физике. Образовательное значение этого явления исследовано недостаточно. Для формирования базовых компетенций по оптике необходимо обсудить не только физические условия воспроизведения различных явлений интерференции, но интерференцию света, как учебную задачу оптики.

В [18] рассмотрены возможные способы получения и условия наблюдения интерференции монохроматических световых волн при отражении от тонких прозрачных пластинок и плёнок. Показано, что помимо известных случаев – полос равной толщины и равного наклона – имеется ещё одна возможность получения интерференции отражённых световых лучей – образование так называемых полос равной оптической плотности (или “равной рефракции”). Обсуждаются свойства структур с периодическим изменением показателя преломления – фотонных кристаллов. Как частный случай, получено условие Вульфа-Брэгга для дифракции рентгеновских лучей.

Проведённый анализ литературы показывает актуальность разработки дистанционного курса по оптике для обеспечения многовариантности, многоуровневости и разнообразия проверочных заданий, контрольных заданий и тестов по оптике.

Заключение

В работе описан процесс создания дистанционного курса по оптике на платформе среды MOODLE. Использование дистанционного курса по оптике способствует интенсификации учебно-воспитательного процесса, более осмысленному изучению материала, приобретению навыков самоорганизации, превращению систематических знаний в системные, помогает развитию познавательной деятельности обучаемых и интереса к физике. У обучаемых, прошедших обучение с использованием обучающей программы происходит не только существенное развитие логического мышления, но и значительно повышается уровень рефлексивных действий с материалом, изучаемым на занятиях. Электронный образовательный ресурс по оптике способен стать эффективным помощником, автоматизирующим наиболее трудоёмкие элементы труда преподавателя.

Дистанционный курс по оптике, разработанный на платформе MOODLE, обеспечивает многовариантность, многоуровневость и разнообразие проверочных заданий и тестов по оптике. Представленные базы тестовых заданий по оптике могут использованы для тестирования студентов по оптике. Разработанная база тестовых заданий по оптике в составе дистанционного курса, созданного в системе управления обучением, может использована для тестирования студентов по оптике.

Необходимость в использовании электронных образовательных ресурсов и дистанционных курсов по физике будет неукоснительно возрастать. В связи с этим будет стимулироваться и поддерживаться электронных образовательных ресурсов по физике для различных уровней образования.

К положительным результатам применения электронного образовательного ресурса по оптике можно отнести: выбор учащимися оптимального темпа выполнения заданий с учётом их индивидуальных способностей, немедленная оценка усилий, возможность получить сведения о знаниях учащихся по всему разделу.

По результатам работы можно сформулировать следующие выводы:

1. Проведённый анализ научной литературы по электронным образовательным ресурсам в оптике показал существование возрастающих потребностей в создании электронных курсов по оптике для различных уровней образования.
2. Спроектированная структура электронного образовательного ресурса по оптике позволяет легко адаптировать дистанционный курс под конкретные быстро изменяющиеся учебные программы по оптике.
3. Систематизация и структурирование теоретического материала позволила создать и наполнить структуру лекционного курса по оптике в системе управления обучением MOODLE.
4. Разработанный дистанционный курс по оптике, созданный в системе управления обучением MOODLE, готов к началу использования в образовательном процессе и позволяет частично автоматизировать проверку тестовых заданий по оптике.

В качестве подтверждения гипотезы исследования продемонстрировано, что использование электронного образовательного ресурса по оптике позволяет уменьшить объём рутинной работы преподавателя в процессе проверки тестовых заданий и организации изучения курса оптики. Созданный в работе дистанционный курс по оптике позволяет более лучшим образом планировать, организовывать и проводить обучение по оптике различных групп учащихся.

Список использованных источников

1. Chirtsov A. S. Series of electronic collections of multimedia materials for the course of general physics: new approaches to the creation of electronic constructors of virtual

physical models with simple remote access // Computer tools in education. — 2010. — no. 6. — P. 42–56.

2. Chirtsov A. S., Mikushev V. M., Somov Ya. M. The concept of using MEP technologies for remote active individualized teaching of physics and its testing // International Journal of Experimental Education. — 2015. — no. 12-3. — P. 359–362.

3. Grigoriev S. G., Krasnova G. A., Robert I. V. Development of the concept of educational electronic publications and resources // Open and distance education. — 2002. — no. 3. — P. 31–33.

4. Polat E. S., Bukhankina M. Yu., Moiseeva M. V. Theory and Practice of Distance Learning. — Moscow : Academy, 2004. — 416 p.

5. Ovcharenko O. I. Designing an information and educational environment using new information technologies // Proceedings of the IV International Scientific and Practical Conference "Problems of Regional Management, Economics, Law and Innovation Processes in Education". — Vol. 2. — Taganrog : TIUiE, 2005. — P. 245–250.

6. Nesterov V. N., Novokreshchenov A. A. Application of computers in solving physical problems of optics // Collection of scientific papers based on the materials of the international scientific and practical conference. — 2008. — Vol. 1, no. 3. — P. 46–48.

7. Altunin K. K. Development of an electronic educational resource at the university using the Google Site and MOODLE tools // Volga pedagogical search. — 2017. — no. 3 (21). — P. 116–124.

8. Altunin K. K., Konnova T. S. Research of information educational environments and electronic textbooks, for example, the topic "Photoeffect" // In the proceedings: Topical issues of teaching technical disciplines Materials of the All-Russian correspondence scientific and practical conference. — 2016. — P. 11–16.

9. Altunin K. K. Development and implementation of an electronic course on nanooptics // In the book: Actual problems of physical and functional electronics. Materials of the 19th All-Russian youth scientific school-seminar. — 2016. — P. 128–129.

10. Galiullina G. A. Studying the history of the development of optical representations in a physics course at a pedagogical university // Innovative Science. — 2016. — no. 8-2. — P. 120–123.

11. Bublikov S. V., Golubovskaya M. P. Electronic didactic development for the module "Wave optics" // Study experiment in education. — 2011. — no. 2. — P. 16–22.

12. Blagodinova V. V. Organization of students' independent work in physics based on a modular object-oriented dynamic learning environment (MOODLE) // Bulletin of Minin University. — 2013. — no. 1 (1). — P. 11–11.

13. Blagodinova V. V., Vinnik V. K., Tolsteneva A. A. Modular object-oriented learning environment as a means of organizing students' independent work // Bulletin of Nizhny Novgorod University named after N.I. Lobachevsky. — 2013. — no. 5-2. — P. 28–32.

14. Drozdov V. B. Spherical mirror – for physics lesson // Physics at school. — 2007. — no. 5. — P. 71–72.

15. Alekseeva O. V. Use of modern information and communication technologies in physics lessons // Scientific and methodical journal Pedagogical search. — 2012. — no. 8. — P. 9–11.

16. Belanov A. S., Zhukov D. O., Karpitskaya Ya. A. Creation of computer laboratory works for the electronic textbook for the physics course “Optics” // Physical education in universities. — 2001. — Vol. 7, no. 3. — P. 97–105.

17. Kupavtsev A. V. Light interference as a task of optics in teaching // Physical education in universities. — 2014. — Vol. 20, no. 4. — P. 55–68.

18. Naimi E. K. Interference of light when reflected from thin plates and films // Physical education in universities. — 2013. — Vol. 19, no. 3. — P. 123–130.

Сведения об авторах:

Константин Константинович Алтунин — кандидат физико-математических наук, доцент, доцент кафедры физики и технических дисциплин ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный педагогический университет имени И. Н. Ульянова»

E-mail: kostya_altunin@mail.ru

ORCID iD 0000-0002-0725-9416

Web of Science ResearcherID I-5739-2014

SCOPUS ID 57201126207

Евгения Александровна Купреянова — студент факультета физико-математического и технологического образования ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный педагогический университет имени И. Н. Ульянова».

E-mail: kupreyanova.zhenechka@mail.ru

ORCID iD 0000-0002-9848-1273

Web of Science ResearcherID AAZ-8152-2020

Елена Сергеевна Штром — студент факультета физико-математического и технологического образования ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный педагогический университет имени И. Н. Ульянова».

E-mail: shtrom98@mail.ru

ORCID iD 0000-0002-9648-1501

Web of Science ResearcherID AAZ-9002-2020

Development of a distance course on optics in the learning management system MOODLE

K. K. Altunin, E. A. Kupreyanova, E. S. Shtrom

Ulyanovsk State Pedagogical University, 432071, Ulyanovsk, Russia

Submitted August 28, 2020
Resubmitted September 5, 2020
Published October 10, 2020

Abstract. The process of creating a distance course in optics in the learning management system MOODLE is investigated. The stages of designing a distance course in optics on the learning management system MOODLE are described. The distance course in optics, developed in the learning management system MOODLE on the educational portal of the university, provides versatility, multilevel and variety of verification tasks and tests in optics.

Keywords: optics, distance learning course, design of distance course in optics, learning management system MOODLE, test tasks in optics

References

1. Chirtsov A. S. Series of electronic collections of multimedia materials for the course of general physics: new approaches to the creation of electronic constructors of virtual physical models with simple remote access // Computer tools in education. — 2010. — no. 6. — P. 42–56.

2. Chirtsov A. S., Mikushev V. M., Somov Ya. M. The concept of using MEP technologies for remote active individualized teaching of physics and its testing // International Journal of Experimental Education. — 2015. — no. 12-3. — P. 359–362.

3. Grigoriev S. G., Krasnova G. A., Robert I. V. Development of the concept of educational electronic publications and resources // Open and distance education. — 2002. — no. 3. — P. 31–33.

4. Polat E. S., Bukhankina M. Yu., Moiseeva M. V. Theory and Practice of Distance Learning. — Moscow : Academy, 2004. — 416 p.

5. Ovcharenko O. I. Designing an information and educational environment using new information technologies // Proceedings of the IV International Scientific and Practical Conference "Problems of Regional Management, Economics, Law and Innovation Processes in Education". — Vol. 2. — Taganrog : TIUiE, 2005. — P. 245–250.

6. Nesterov V. N., Novokreshchenov A. A. Application of computers in solving physical problems of optics // Collection of scientific papers based on the materials of the international scientific and practical conference. — 2008. — Vol. 1, no. 3. — P. 46–48.

7. Altunin K. K. Development of an electronic educational resource at the university using the Google Site and MOODLE tools // Volga pedagogical search. — 2017. — no. 3 (21). — P. 116–124.

8. Altunin K. K., Konnova T. S. Research of information educational environments and electronic textbooks, for example, the topic "Photoeffect" // In the proceedings: Topical issues of teaching technical disciplines Materials of the All-Russian correspondence scientific and practical conference. — 2016. — P. 11–16.

9. Altunin K. K. Development and implementation of an electronic course on nanooptics // In the book: Actual problems of physical and functional electronics. Materials of the 19th All-Russian youth scientific school-seminar. — 2016. — P. 128–129.

10. Galiullina G. A. Studying the history of the development of optical representations in a physics course at a pedagogical university // Innovative Science. — 2016. — no. 8-2. — P. 120–123.

11. Bublikov S. V., Golubovskaya M. P. Electronic didactic development for the module "Wave optics" // Study experiment in education. — 2011. — no. 2. — P. 16–22.

12. Blagodinova V. V. Organization of students' independent work in physics based on a modular object-oriented dynamic learning environment (MOODLE) // Bulletin of Minin University. — 2013. — no. 1 (1). — P. 11–11.

13. Blagodinova V. V., Vinnik V. K., Tolsteneva A. A. Modular object-oriented learning environment as a means of organizing students' independent work // Bulletin of Nizhny Novgorod University named after N.I. Lobachevsky. — 2013. — no. 5-2. — P. 28–32.

14. Drozdov V. B. Spherical mirror – for physics lesson // Physics at school. — 2007. — no. 5. — P. 71–72.

15. Alekseeva O. V. Use of modern information and communication technologies in physics lessons // Scientific and methodical journal Pedagogical search. — 2012. — no. 8. — P. 9–11.

16. Belanov A. S., Zhukov D. O., Karpitskaya Ya. A. Creation of computer laboratory works for the electronic textbook for the physics course "Optics" // Physical education in universities. — 2001. — Vol. 7, no. 3. — P. 97–105.

17. Kupavtsev A. V. Light interference as a task of optics in teaching // Physical education in universities. — 2014. — Vol. 20, no. 4. — P. 55–68.

18. Naimi E. K. Interference of light when reflected from thin plates and films // Physical education in universities. — 2013. — Vol. 19, no. 3. — P. 123–130.

Information about authors:

Konstantin Konstantinovich Altunin – PhD in Physics and Mathematics, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Physics and Technical Disciplines of the Ulyanovsk State Pedagogical University.

E-mail: kostya_altunin@mail.ru
ORCID iD 0000-0002-0725-9416
Web of Science ResearcherID I-5739-2014
SCOPUS ID 57201126207

Evgenia Aleksandrovna Kupreyanova — student of the Faculty of Physics, Mathematics and Technological Education of the Ulyanovsk State Pedagogical University.

E-mail: kupreyanova.zhenechka@mail.ru
ORCID iD 0000-0002-9848-1273
Web of Science ResearcherID AAZ-8152-2020

Elena Sergeevna Shtrom — student of the Faculty of Physics, Mathematics and Technological Education of the Ulyanovsk State Pedagogical University.

E-mail: shtrom98@mail.ru
ORCID iD 0000-0002-9648-1501
Web of Science ResearcherID AAZ-9002-2020

УДК 372.851
ББК 74.262.21
ГРНТИ 27.43.51
ВАК 01.01.05

Парадоксы теории вероятностей как элемент элективного курса по математике в старшей школе

Е. А. Купреянова, О. В. Макеева [1]

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ульяновский государственный педагогический университет имени И. Н. Ульянова», 432071, Ульяновск, Россия

Поступила в редакцию 2 июля 2020 года
После переработки 2 октября 2020 года
Опубликована 10 октября 2020 года

Аннотация. Построение элективного курса по теории вероятностей для старшей школы с использованием задач-парадоксов позволяет достаточно нестандартно систематизировать содержание раздела, встраивать новые сведения в систему уже освоенных знаний. Именно этим задачам посвящена настоящая работа. Приведена и проиллюстрирована примерами классификация задач-парадоксов теории вероятностей. Предложен фрагмент содержания авторского курса, включающий знакомство с классификацией парадоксов и освоение примеров решений таких задач.

Ключевые слова: парадоксы теории вероятностей, математическое образование, элективный курс по математике

Введение

Парадоксы — это неожиданные утверждения, противоречащие здравому смыслу или общепризнанным научным теориям. Очень часто их рассматривают как ошибки, хотя в большинстве случаев они таковыми не являются. Обычно парадоксы построены на логически верных заключениях, но их противоречивый результат не является преднамеренным (этим они отличаются от софизмов). Парадоксы известны науке уже более двух тысяч лет. В античные времена были описаны многие парадоксы и для некоторых из них учёные до сих пор не могут найти объяснения и решения. Открываются парадоксы и в наши дни. Обычно подобные открытия сопровождаются кризисами в науке, разрушением старых, проверенных временем теорий и попытками создать новые, которые способны объяснить появившиеся противоречия. Количество существующих парадоксов огромно. Они присутствуют везде — и в повседневной жизни, и в науке. Практически в каждой научной области исследования существуют свои парадоксы.

Задачи–парадоксы теории вероятностей

В теории вероятностей выделяют парадоксы двух типов. Первый тип — это задачи, для которых существует строгое решение в рамках общепринятой аксиоматики, но оно не очевидно, и условия задачи таковы, что ведут понимание условий в ошибочном ключе. Примерами таких парадоксов являются Санкт-Петербургский парадокс, Парадокс

[1] E-mail: mov_ulspu@mail.ru

закона больших чисел Бернулли, Парадокс дней рождения. Второй тип — это парадоксы, которые основываются на неоднозначной интерпретации аксиоматики теории вероятностей, её недоопределённости, которую отмечал в своих работах ещё Анри Пуанкаре (1854 – 1912), их и можно назвать истинными парадоксами. Примеры таких парадоксов: Проблема Монти Холла, Парадокс двух конвертов, Парадокс Хемпеля, Парадокс Бертрана [1, 2]. Ценность обоих типов парадоксов в том, что они помогают лучше понять суть теории вероятностей, область её применения и естественные ограничения, глубже понять основания науки.

Приведем пример парадокса, который относятся к первому типу.

Парадокс Симпсона. Парадокс Симпсона — контринтуитивное явление в статистике, состоящее в том, что при объединении групп, в каждой из которых наблюдается некоторая определенная зависимость, зависимость исчезает или становится противоположной. Это явление в 1903 году было описано Удни Юлом (1871 – 1951), а в 1951 году — Эдвардом Симпсоном (1922 - 2019). Впервые подобная ситуация отмечена Карлом Пирсоном (1857 – 1936) в статье «Математический вклад в теорию эволюции» (1899), где он рассматривает зависимость признаков разнородных групп лошадей. У. Юл на основе изучений механизмов наследственности провел более подробный анализ подобных популяционных изменений. Э. Симпсон рассматривает то, что он называет «любопытным случаем» в нескольких разделах статьи «The Interpretation of Interaction in Contingency Tables». Симпсон был первым автором, изучавшим это явление с точки зрения статистики. Именно поэтому впоследствии К. Р. Блайт в статье «On Simpson's Paradox and the Sure-Thing Principle» (1972) вводит термин «парадокс Симпсона».

Рассмотрим пример, иллюстрирующий этот парадокс. Пусть есть четыре шляпы (две чёрных и две серых), 41 фишка (23 цветных и 18 белых) и два стола (А и Б). Фишки распределены по шляпам следующим образом: в чёрной шляпе на столе А лежат 5 цветных и 6 белых фишек; в серой шляпе на столе А лежат 3 цветные и 4 белые фишки; в чёрной шляпе на столе Б лежат 6 цветных и 3 белых фишки; в серой шляпе на столе Б лежат 9 цветных и 5 белых фишек.

Рис. 1. Иллюстрация парадокса Симпсона.

На рис. 1 изображена иллюстрация парадокса Симпсона.

Требуется вынуть цветную фишку.

Решение. Если вы находитесь около стола А, то вероятность извлечь цветную фишку из чёрной шляпы равна $5/11 = 35/77$, а из серой шляпы на том же столе — $3/7 = 33/77$; таким образом, имеется больше шансов вынуть цветную фишку из чёрной шляпы, чем из серой. Если вы находитесь около стола Б, то вероятность извлечь цветную фишку из чёрной шляпы равна $6/9 = 84/126$, а из серой шляпы — $9/14 = 81/126$; таким образом, и здесь шансы вынуть цветную фишку из чёрной шляпы, выше чем из серой.

Допустим теперь, что фишки из двух чёрных шляп сложены в одну чёрную шляпу, а фишки из двух серых шляп – в одну серую шляпу. Логично было бы предположить, что вероятность выбрать цветную фишку из чёрной шляпы выше, чем из серой шляпы. Но это неверно! Вероятность вынуть цветную фишку из чёрной шляпы равна $11/20 = 231/420$, а вероятность вынуть цветную фишку из серой шляпы равна $12/21 = 240/420$. Таким образом, больше шансов извлечь цветную фишку из серой шляпы, чем из чёрной шляпы.

Причина парадокса скрывается в некорректном усреднении двух групп данных с различной долей контрольных наблюдений. Поскольку интуитивно предполагается, что при применении найденных зависимостей доля контрольных будет одинаковой в обеих группах, а в исходных данных это не выполняется, то к ним нельзя применять арифметическое усреднение:

$$\frac{m_1}{n_1} > \frac{m_2}{n_2}\,, \quad \frac{m_3}{n_3} > \frac{m_4}{n_4}\,, \quad \not\Rightarrow \quad \frac{m_1+m_3}{n_1+n_3} > \frac{m_2+m_4}{n_2+n_4}\,. \tag{1}$$

Для устранения проблемы, при усреднении необходимо использовать веса, устраняющие перекос доли контрольных наблюдений. Так, в примере с фишками доля фишек в серой шляпе на столе А – 7 из 18 (39%), а на столе Б – 14 из 23 (61%). Для репрезентативного усреднения шанса вытянуть цветную фишку достаточно умножить количество фишек обоих цветов в одной из шляп на весовой коэффициент, устраняющий перекос.

Другой способ разрешения парадокса — использование формулы полной вероятности. Она позволяет вычислить вероятность интересующего события через условные вероятности этого события в предположении неких гипотез, а также вероятностей этих гипотез. Так, если C – событие, состоящее в том, что цветная фишка извлечена из серой шляпы, гипотеза H_1 – выбрана серая шляпа со стола А и $C|H_1$ – выбрана цветная фишка из серой шляпы стола А, гипотеза H_2 – выбрана серая шляпа со стола В и $C|H_2$ – выбрана цветная фишка из серой шляпы стола В, тогда

$$P(C) = P(H_1)\,P_{H_1}(C) + P(H_2)\,P_{H_2}(C) = \frac{7}{18}\cdot\frac{3}{4} + \frac{14}{23}\cdot\frac{9}{5}\,. \tag{2}$$

Парадокс Симпсона показывает, что выводы из результатов социологических опросов с нерепрезентативной выборкой нельзя принимать как обоснованные, доказанные научным путём.

Далее приведем примеры задач-парадоксов, которые можно отнести ко второму типу.

Парадокс раздела ставки. Два игрока играют в честную игру (то есть у обоих шансы победить, одинаковы), и они договорились, что тот, кто первым выиграет 6 партий, получит весь приз. Предположим, что игра остановилась до того, как один из участников выиграл приз (например, первый игрок выиграл 5 партий, а второй – 3). Как следует справедливо разделить приз?

Решение. Согласно одному ответу, приз следовало разделить пропорционально выигранным партиям, то есть 5:3. Николо Тарталья (1499 – 1557) предложил делить выигрыш в отношении 2:1. Возможные рассуждения таковы: так как первый игрок выиграл на две партии больше, что составляет третью часть от необходимых для победы 6 партий, то первый игрок должен получить одну треть от приза, а оставшуюся часть следует разделить пополам. На самом деле справедливым является раздел выигрыша в отношении 7:1, что отличается от предыдущих результатов. Блез Паскаль и Пьер Ферма рассматривали эту проблему как задачу о вероятностях. Справедливым будет раздел ставки, пропорциональный шансам первого игрока выиграть приз. Следуя идее Ферма, продолжим игру тремя фиктивными партиями, даже если некоторые из них окажутся

лишними (то есть когда один из игроков уже выиграл приз). Такое продолжение делает все возможных исходов равновероятными. Первый игрок может победить после 9-й партии с вероятностью 1/2, или после 10-й партии с вероятностью 1/4, или после 11-й партии с вероятностью 1/8, то есть вероятность выигрыша первого игрока составит 1/2+1/4+1/8= 7/8.

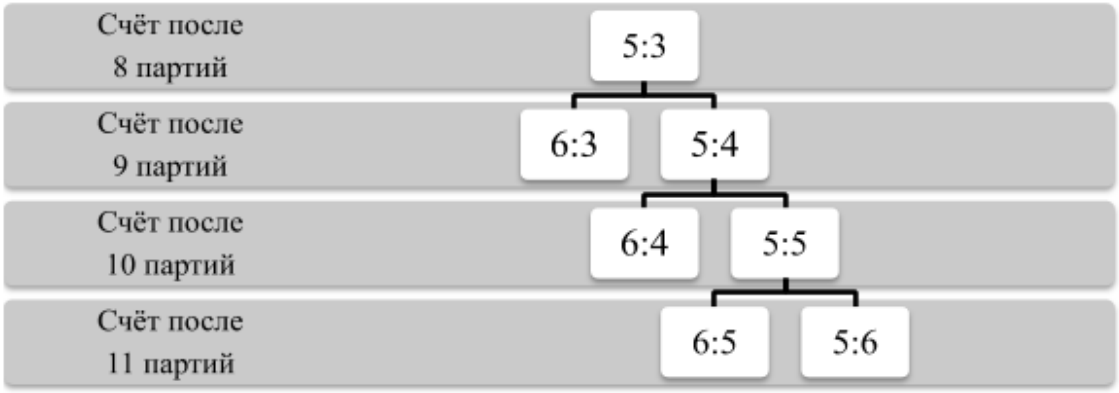


Рис. 2. Иллюстрация парадокса раздела ставки.

На рис. 2 изображена иллюстрация парадокса раздела ставки.

Поскольку только при одном исходе второй игрок получает приз (то есть когда он выигрывает все три партии — 9-ю, 10-ю, 11-ю, вероятность этого события составляет 1/8), а в остальных случаях побеждает первый игрок, справедливым является отношение 7:1.

Парадокс мальчика и девочки. Впервые задача была сформулирована в 1959 году американским математиком и писателем Мартином Гарднером (1914-2010) в журнале «Scientific American» под названием «The Two Children Problem». В семье подрастают двое детей. Известно, что один из них мальчик, каковы шансы того, что другой ребенок тоже мальчик?

Решение.

Интуиция подсказывает, что ответ 1/2, так как это может быть или мальчик, или девочка, но это не так. Правильный ответ — 1/3.

Решение 1.

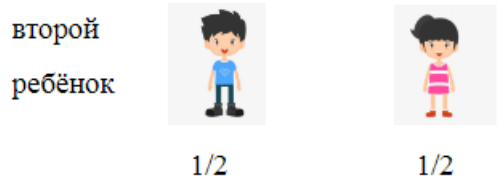


Рис. 3. Иллюстрация первого варианта решения парадокса мальчика и девочки.

На рис. 3 изображена иллюстрация первого варианта решения парадокса мальчика и девочки.

Решение 2.

Есть четыре варианта для семьи с двумя детьми: старший мальчик и младшая девочка (МД), старший мальчик и младший мальчик (ММ), старшая девочка и младший мальчик (ДМ) или старшая девочка и младшая девочка. Вариант ДД невозможен, потому что в семье уже есть один мальчик. Таким образом, возможны лишь варианты МД, ММ и ДМ. Вероятность 1/3.

Рис. 4. Иллюстрация второго варианта решения парадокса мальчика и девочки.

На рис. 4 изображена иллюстрация второго варианта решения парадокса мальчика и девочки.

В первом случае рассматривались семьи, подпадающие под обязательное условие «должен быть один мальчик». Во втором — все возможные варианты семьи, когда пол для второго ребёнка определялся с учётом условия, каким был первый ребёнок в семье (условная вероятность).

Парадокс Банаха-Тарского. Это классический пример парадокса второго типа [3]. Представьте себе, что вы держите в руках шар. А теперь представьте, что вы начали рвать этот шар на куски, причём куски могут быть любой формы, какая вам нравится. После сложите кусочки вместе так, чтобы у вас получилось два шара, а не один исходный. Каков будет размер этих шаров по сравнению с шаром-оригиналом?

Парадокс заключается в том, что два полученных шара могут быть такого же размера и формы, как шар-оригинал. В соответствии с теорией меры, возможно разорвать шары на куски любой формы, содержащие бесконечное число нульмерных точек. На практике сделать это невозможно — структура материала и в конечном итоге размер атомов накладывают ограничения.

Оригинальное, ориентированное на практику содержание задач-парадоксов теории вероятностей, живая персонифицированная история возникновения проблемных ситуаций делает их привлекательным материалом для построения элективного курса по математике в старшей школе, среди возможных задач которого содержится профилизация обучения через знакомство с историей науки.

Приведем пример системы занятий, построенной на материале задач-парадоксов теории вероятностей.

Занятие 1. Задачи-парадоксы теории вероятностей. Что это?

Тип урока: урок — лекция.

Содержательная цель: введение понятия «парадокс» и рассмотрение примеров задач-парадоксов теории вероятностей.

Деятельностная цель: создание условий для получения опыта коллективной деятельности по изучению парадоксов теории вероятностей.

Основополагающая цель: формирование представлений о целостности математического знания и внутренней мотивации к саморазвитию.

Ожидаемые результаты: в предметном направлении: освоение понятия «парадокс» в теории вероятностей и осмысление возможности решать задачи-парадоксы классическими методами теории вероятностей; в метапредметном направлении: развитие критичности мышления через самоконтроль и взаимоконтроль; в направлении личностного

развития: изменение мировоззренческих позиций, связанных с осмыслением возможности проникновения математических знаний в реальную жизнь.

Материально-техническое обеспечение: компьютер, проектор, интерактивная доска.

Этапы урока.

Организационный этап: приветствие, объявление темы, содержательной цели урока (3 минуты).

Актуализация знаний: эксперимент, событие, вероятность события, случайная величина и её математическое ожидание (3 минуты).

Основная часть.

А. Исследование ситуаций, допускающих вариативность ответа и приводящих к понятию парадокса (5 минут).

«– Сказанное Платоном – ложно», – говорит Сократ.

«– То, что сказал Сократ, – истина», – говорит Платон.

Вопрос: кто из них высказывает истину, а кто ложь?

В какой момент «куча» перестает ею быть и когда становится ею?

Б. Разбор нескольких определений термина «парадокс». Выбор «рабочего» определения (15 минут).

Парадокс — это высказывание, которое доказывает, как истинность, так и ложность некоторого предложения, выраженное формально-логическими средствами, кажущимися заведомо приемлемыми, но приводящими к заведомо неприемлемому результату.

Парадокс — логическое противоречие, из которого невозможно найти выход (неразрешимая ситуация в рассуждении).

Парадокс — высказывание либо рассуждение, приводящее к двум противоположным, но равнозначным выводам.

Парадокс — это положение, резко расходящееся с общепринятыми, устоявшимися, ортодоксальными мнениями.

В. Классификация задач-парадоксов с примерами (15 минут).

Первый тип.

Существует строгое решение задачи в рамках аксиоматики, но не очевидное, и условия задачи ведут интуитивное понимание условий в ошибочном ключе.

Пример. Санкт-Петербургский парадокс.

Единичное испытание в петербургской игре состоит в бросании правильной монеты до тех пор, пока не выпадет «решка». Если это произойдет при r-м бросании, игрок получает $2r$ долларов из банка. Таким образом, с каждым бросанием выигрыш удваивается. Вопрос: сколько следует заплатить игроку за участие в игре, чтобы игра стала безобидной?

Решение.

Среднее значение чистого выигрыша должно быть равно 0. Однако это требование невыполнимо, какую бы (конечную) сумму денег игрок ни заплатил. Потери банка имеют бесконечное математическое ожидание, так как вероятность окончания игры при k-м бросании равна $\left(\frac{1}{2}\right)^k$ и в этом случае игрок получает 2^k долларов. Тогда банк в среднем должен заплатить

$$\frac{1}{2}\cdot 2+\frac{1}{4}\cdot 4+\frac{1}{8}\cdot 8+\ldots=1+1+1+\ldots\ . \tag{3}$$

долларов, что составляет бесконечно большую сумму денег, так что игра стала бы безобидной при бесконечном взносе. Хотя все математические вычисления корректны, результат неприемлем, поэтому некоторые математики предположили реализуемые модификации. Бюффон (1707 – 1788), Крамер (1704 – 1752) и другие предложили исходить

из естественного предположения об ограниченности ресурсов. Пусть в банке есть миллион долларов. Тогда математическое ожидание выигрыша для игрока равно

$$\frac{1}{2}\cdot 2+\frac{1}{4}\cdot 4+\frac{1}{8}\cdot 8+\ldots+\frac{2}{2^{10}}\cdot 2^{10}+\left(\frac{1}{2^{20}}+\frac{1}{2^{21}}+\ldots\right)\cdot 10^6=19+1.9\approx 21\ . \qquad (4)$$

Мы учли, что $2^{20}>10^6$. Следовательно, при вступительном взносе игрока, равном 21 доллару, игра станет в некоторой степени выгодной для банка.

Второй тип.

Основываются на неоднозначной интерпретации аксиоматики теории вероятностей, её недоопределённости (истинные парадоксы).

Пример. Парадокс двух конвертов.

Имеется два конверта. В один из них вкладывается сумма x, во второй – $2x$. Значение x неизвестно и каждый раз случайно изменяется. Конверты неразличимы. Игрок открывает один из конвертов и видит лежащую там сумму. У него есть две возможности — забрать её или выбрать второй, нераспечатанный конверт. Какая из этих возможностей в среднем даст большую прибыль?

Решение.

Допустим, вы увидели 10\$. Значит, в другом конверте либо 5\$, либо 20\$ с шансами 1:1. Средневзвешенная сумма во втором конверте равна: $0.5\cdot 5\$+0.5\cdot 20\$=12.5$. Открыв альтернативный конверт, вы увидите либо 20 долларов, либо 5 долларов. Но 12.5 долларов – такова (по вычислениям), как кажется, будет средняя сумма выигрыша на кон при проведении достаточно большого числа раундов, если всегда менять конверты. И этот результат не зависит от первоначальной суммы денег. То есть в общем виде, если в конверте А лежит сумма C, то статистически ожидаемая сумма в конверте В составит $0.5\cdot\frac{C}{2}+0.5\cdot 2C=\frac{5}{4}C$. Таким образом, всегда выгодно менять свой первоначальный выбор, хотя в отдельных раундах и возможны проигрыши.

Подведение итогов. Рефлексия. (4 минуты)

Занятие 2. Парадокс Симпсона.

Тип урока: урок решения одной задачи.

Содержательная цель: изучение альтернативных решений задачи-парадокса.

Деятельностная цель: создание условий для получения опыта коллективной деятельности по генерированию альтернативных логических цепочек рассуждений.

Основополагающая цель: развитие критичности мышления и способности к самоконтролю

Ожидаемые результаты: в предметном направлении: расширение представлений о задачах – парадоксах и способах их решения; в метапредметном направлении: освоение опыта специфической деятельности по получению нового знания, его преобразованию и применению; в направлении личностного развития: формирование приёмов нестандартного мышления при решении поставленных задач.

Материально-техническое обеспечение: компьютер, проектор, интерактивная доска.

Этапы урока.

Организационный: приветствие, объявление темы, содержательной цели урока. (3 минуты)

Актуализация знаний: понятие парадокса, виды парадоксов теории вероятностей. (4 минуты)

Основная часть.

А. Описание парадокса и история его происхождения. (7 минут)

Парадокс Симпсона — статистический парадокс, согласно которому фактор, больше проявляющийся при любых фоновых условиях, чем противоположный ему, проигрывает менее эффективному, но относительно часто встречающемуся фактору.

Б. Поиск решения задачи в микрогруппах. Класс делится на несколько приблизительно равных групп и на основе «мозгового штурма» учащиеся решают задачу. Предполагаются подсказки учителя, направляющие разные группы обучающихся по разным альтернативным направлениям рассуждений (13 минут).

В. Обсуждение и сопоставление вариантов решения парадокса (13 минут).

Подведение итогов. Рефлексия (5 минут).

Заключение

В концепции профильного обучения на старшей ступени общего образования, утвержденной приказом Министерства образования России от 18.07.02 № 2783 [4], обозначены цели перехода к профильному обучению, среди которых можно выделить создание условий для существенной дифференциации содержания обучения старшеклассников с широкими возможностями построения индивидуальных образовательных программ.

Предложенный фрагмент системы занятий содержит идею авторского элективного курса, ориентированного на организацию получения обучающимися личного опыта по применению нестандартных приёмов рассуждений и использованию инструментов решения математических задач вероятностными методами.

Список использованных источников

1. Секей Г. Парадоксы в теории вероятностей и математической статистике. — Москва : Мир, 1990. — 240 с.

2. Мостеллер Ф. Пятьдесят занимательных вероятностных задач с решениями. — Москва : Главная редакция физико-математической литературы издательства «Наука», 1975. — 112 с.

3. Кранц С. Изменчивая природа математического доказательства. Доказать нельзя проверить. — Москва : Лаборатория знаний, 2016. — 320 с.

4. Об утверждении Концепции профильного обучения на старшей ступени общего образования: федеральный закон от 18 июня 2002 г. № 2783 // Официальные документы в образовании. — 2002. — № 4. — С. 3–31. — URL: http://docs.cntd.ru/document/901837067.

Сведения об авторах:

Ольга Викторовна Макеева — кандидат физико-математических наук, доцент кафедры высшей математики факультета физико-математического и технологического образования ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный педагогический университет имени И. Н. Ульянова».

E-mail: mov_ulspu@mail.ru

ORCID iD 0000-0003-4345-2296

Web of Science ResearcherID ABA-2550-2020

SCOPUS ID 24171477100

Евгения Александровна Купреянова — студент факультета физико-математического и технологического образования ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный педагогический университет имени И. Н. Ульянова».

E-mail: kupreyanova.zhenechka@mail.ru

ORCID iD 0000-0002-9848-1273

Web of Science ResearcherID AAZ-8152-2020

Paradoxes of probability theory as an element in elective mathematics in secondary school

E. A. Kupreyanova, O. V. Makeeva

Ulyanovsk State Pedagogical University, 432071, Ulyanovsk, Russia

Submitted July 2, 2020
Resubmitted October 2, 2020
Published October 10, 2020

Abstract. The construction of an elective course in probability theory for high school using paradox tasks allows us to systematize the content of the section in a rather non-standard way, to embed new information in the system of already mastered knowledge. These tasks are dedicated to the present work. Classification of probabilistic problems-paradoxes of probability theory is given and illustrated with examples. A fragment of the content of the author's course is proposed, including an introduction to the classification of paradoxes and the development of examples of solutions to such problems.

Keywords: paradoxes of probability theory, mathematical education, elective course in mathematics

References

1. Sekey G. Paradoxes in probability theory and mathematical statistics. — Moscow : Mir, 1990. — 240 p.

2. Mosteller F. Fifty entertaining probabilistic problems with solutions. — Moscow : Main edition of physical and mathematical literature of the publishing house "Nauka", 1975. — 112 p.

3. Krants S. The volatile nature of mathematical proof. Proof cannot be verified. — Moscow : Knowledge Lab, 2016. — 320 p.

4. On approval of the Concept of profile education at the senior level of general education: Federal Law No. 2783 of June 18, 2002 // Official documents in education. — 2002. — no. 4. — P. 3–31. — URL: http://docs.cntd.ru/document/901837067.

Information about authors:

Olga Viktorovna Makeeva — PhD in Physics and Mathematics, Associate Professor of the Department of Higher Mathematics of the Faculty of Physics, Mathematics and Technological Education

E-mail: mov_ulspu@mail.ru
ORCID iD 0000-0003-4345-2296
Web of Science ResearcherID ABA-2550-2020
SCOPUS ID 24171477100

Evgenia Aleksandrovna Kupreyanova — student of the Faculty of Physics, Mathematics and Technological Education of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Ulyanovsk State Pedagogical University".

E-mail: kupreyanova.zhenechka@mail.ru
ORCID iD 0000-0002-9848-1273
Web of Science ResearcherID AAZ-8152-2020

Авторский указатель

Алтунин, К. К., 45, 66, 107
Волкова, Е. Е., 45
Галоватюк, Т. В., 24
Замлелова, Я. С., 91
Казакова, Н. А., 19
Кузьмина, Е. С., 57
Купреянова, Е. А., 107, 134
Макеева, О. В., 134
Мищенко, А. В., 1
Мухаметшин, А. А., 19
Садретдинова, Л. Р., 19
Сараева, Р. А., 10
Тырлышкина, О. В., 45
Фролов, Д. А., 10
Шмыгова, И. С., 66
Штром, Е. С., 107