

УДК 535.8
ББК 22.343
ГРНТИ 29.31.21
ВАК 01.04.05

Разработка элементов дистанционного курса по графеновой наноэлектронике в системе управления обучением MOODLE

К. К. Алтунин , Ю. А. Кучерова  ¹

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

Поступила в редакцию 8 февраля 2021 года
После переработки 12 февраля 2021 года
Опубликована 5 марта 2021 года

Аннотация. Рассматривается результат разработки дистанционного курса по графеновой наноэлектронике, посвящённого изучению физических основ квантовой теории графена и графеновых нанокомпозитов. Дистанционный курс по графеновой наноэлектронике создан в системе управления обучением MOODLE на образовательном портале педагогического университета. Описаны результаты разработки модульной структуры курса, теоретических элементов и элементов контроля знаний по графеновой наноэлектронике.

Ключевые слова: наноэлектроника, графен, графеновая наноэлектроника, графеновый нанокомпозит, монослой частиц, дистанционный курс, система управления обучением

Введение

Дистанционный курс по графеновой наноэлектронике посвящён изучению физических основ теории графена и графеновых нанокомпозитов. Дистанционный курс по графеновой наноэлектронике создан в системе управления обучением MOODLE на образовательном портале педагогического университета. Результаты разработки теоретических материалов курса по графеновой наноэлектронике могут быть использованы в рамках дисциплин по выбору предметной подготовки студентов педагогического университета физико-математического профиля подготовки.

В работе рассматривается процесс создания дистанционного курса по графеновой наноэлектронике в системе управления обучением MOODLE. Рассматриваются результаты разработки дистанционного курса по графеновой наноэлектронике в системе управления обучением MOODLE. Проведено описание основных функциональных возможностей разрабатываемого дистанционного курса по графеновой наноэлектронике, созданного в системе управления обучением MOODLE. Обсуждаются возможности модульной структуры дистанционного курса по графеновой наноэлектронике.

¹E-mail: melneko@mail.ru

Целью работы является описание научно-методических основ разработки дистанционного курса по графеновой наноэлектронике на основе теоретических материалов по оптическим свойствам графеновых нанокомпозитов и монослоёв наночастиц.

Задача исследования состоит в разработке модульной структуры и материалов дистанционного курса по графеновой наноэлектронике.

Объектом исследования является дистанционный курс по графеновой наноэлектронике.

Предметом исследования является процесс создания информационных и контролирующих элементов дистанционного курса по графеновой наноэлектронике в системе управления обучением MOODLE.

Гипотеза исследования состоит в том, что если использовать дистанционный курс по графеновой наноэлектронике в системе MOODLE, то можно облегчить труд преподавателя в процессе преподавания учебной дисциплины по графеновой наноэлектронике.

В качестве методов исследования используются методы создания дистанционных курсов в системе управления обучением MOODLE. Создание онлайн-курсов по физике с использованием различных методов разработки и Интернет-технологий представляет сложную технологическую задачу.

В качестве материалов исследования выбраны теоретические и контролирующие материалы дистанционного курса по графеновой наноэлектронике.

Обзор научных работ по физическим свойствам графена

За последние несколько десятилетий произошли драматические достижения в области электроники, которые нашли применение в вычислительной технике, связи, автоматике и других приложениях, которые затрагивают практически каждый аспект нашей жизни. В значительной степени эти достижения стали результатом непрерывной миниатюризации микроэлектронных устройств, в частности кремниевых транзисторов, что привело к созданию более плотных, быстрых и более энергоэффективных схем. Однако очевидно, что миниатюризация и повышение производительности этих устройств не могут продолжаться вечно; ряд ограничений в фундаментальном научном, а также технологическом характере накладывают ограничения на конечный размер и производительность кремниевых устройств. Полупроводниковая технология прошла долгий путь, создавая устройства всё меньшего размера. Но в конце концов, когда транзисторы приближаются к размеру молекул, квантовые эффекты становятся важными. Реализация приближающихся ограничений вдохновила всемирные усилия по разработке технологий альтернативных устройств. Некоторые подходы включают отход от традиционной электроники на основе транспорта электронов: например, разработка устройств на основе спина. Другой подход, на котором сосредотачивается внимание, поддерживает принципы работы используемых в настоящее время устройств, в первую очередь полевого транзистора, но заменяет ключевой компонент устройства, проводящий канал, углеродными наноматериалами, такими как одномерный углеродные нанотрубки или двумерные графеновые слои, которые имеют превосходные электрические свойства. Кроме того, углеродные нанотрубки представляют собой материалы с прямой запрещённой зоной, которые представляют собой идеальную систему для изучения оптики и наноразмерной оптоэлектроники, а также для изучения возможности использования как электронных, так и оптоэлектронных технологий на одном материале [1].

Графен является двумерным слоем из атомов углерода, размещенных в решётке. Графен, новый класс двумерной углеродной наноструктуры, привлекает огромное внимание как экспериментальных, так и теоретических научных кругов в последние годы. Графен стал захватывающим новым наноматериалом углерода со многими новыми свойствами [2, 3]. Благодаря привлекательным свойствам оптоэлектронных устройств

на основе графена, таким как гибкость, ударопрочность и прозрачность, многочисленные исследования были посвящены материалам на основе графена с целью улучшения их оптоэлектронных свойств. Графен обладает замечательными электронными, термическими и механическими свойствами [4, 5]. Эта комбинация свойств делает графен потенциально идеальным кандидатом для образования полимер/графеновых нанокомпозитов с улучшенными механическими свойствами и электрической проводимостью. Графен является не только строительным блоком фуллеренов, углеродных нанотрубок и графита, он также обладает интересными свойствами, которые вызвали поток активности в последние несколько лет. Графен, двумерная углеродная структура, обладающая замечательными электронными и механическими свойствами, имеет большой потенциал в области материаловедения как для фундаментальных исследований, так и для технологических применений [1, 6–8]. Эта уникальная наноструктура имеет большие перспективы для потенциальных применений во многих технологических областях, таких как наноэлектроника, датчики, нанокомпозиты, батареи, суперконденсаторы и накопители водорода. Однако отсутствие эффективного подхода к производству обрабатываемых графеновых листов в больших количествах было основным препятствием для использования большинства предлагаемых применений. Слои графена характеризуются хорошей химической стабильностью, высокой проводимостью и большой удельной поверхностью, что делает их привлекательными системами для изучения электрокаталитического эффекта углеродных материалов [9, 10].

Уникальное электронное свойство листов графена [2, 11, 12] обеспечивает потенциальное применение для синтеза нанокомпозитов [13] и изготовления различных микроэлектронных устройств, таких как полевые транзисторы [14], сверхчувствительные датчики [15], и электромеханические резонаторы [16].

Было разработано несколько различных методов синтеза графена, таких как метод скотча [2, 11], эпитаксиальный рост на пластине карбида кремния [17], и химическое расслоение [18–20]. Первые два метода непригодны для получения графеновых слоёв с большой площадью поверхности в больших количествах при низких затратах.

Разработка структуры дистанционного курса по графеновой наноэлектронике в системе управления обучением MOODLE

Основной подход к изучению графеновой наноэлектроники с использованием информационных технологий заключается в увеличении визуально воспринимаемой студентом информации посредством использования электронного образовательного ресурса в процессе изучения графеновой наноэлектроники в университете.

Применение формата системы MOODLE на проблемно-ориентированной основе обеспечивает прозрачность результатов, включая тестирование в формате активного, операционного, рефлексивного обучения. С учётом существующих тенденций перспективным в области фундаментального образования является организация учебного процесса с использованием такой обучающей среды, как MOODLE. Эта информационная среда позволяет доставлять и репрезентировать учебный контент, содержащий и разнообразные контрольно-измерительные материалы по физике, в места реального расположения обучаемых. Их включение в образовательный процесс позволяет модернизировать одну из основных тенденций — смену формата «система образования» на «сферу образования».

Под проектированием дистанционного курса по графеновой наноэлектронике понимают процесс разработки дистанционного курса, в котором активно используются автоматизированные методы контроля в ходе продвижения при изучении курса по графеновой наноэлектронике. Структура дистанционного курса по графеновой наноэлектронике включает в себя специальным образом сформированные модули, содержащие

тематические связанные материалы и элементы контроля в виде тестов, задач и заданий. На первом этапе создания дистанционного курса производится определение целей и задач, которые необходимо реализовать в процессе проектирования курса. На втором этапе создания дистанционного курса производится разработка структуры курса в строгом соответствии с выбранной тематикой и объёмом курса по графеновой наноэлектронике. На третьем этапе создания дистанционного курса производится разработка содержания блоков электронного курса по модулям и темам. На четвёртом этапе создания дистанционного курса производится визуализация полученной структуры в наглядном виде для планомерного контроля наполнения различных модулей и тем курса по графеновой наноэлектронике. На пятом этапе создания дистанционного курса производится поиск программного обеспечения для разработки дистанционного курса и его создание. Дизайн дистанционного курса по графеновой наноэлектронике выполнен средствами системы управления обучением MOODLE. На шестом этапе создания дистанционного курса производится разработка методических рекомендаций для пользователя ресурса. На седьмом этапе создания дистанционного курса производится наполнение модулей элементами и отладка элементов. На восьмом этапе создания дистанционного курса производится разработка банка тестовых вопросов и заданий по курсу графеновой наноэлектроники, компоновка тестов по темам и модулям. На девятом этапе создания дистанционного курса производится апробация курса в учебном процессе. На десятом этапе создания дистанционного курса по графеновой наноэлектронике производится корректирование содержания и выявление недостатков дистанционного курса по графеновой наноэлектронике.

Дистанционный курс по графеновой наноэлектронике представляет собой совокупность гипертекстовых страниц в системе управления обучением MOODLE, в которых заключен необходимый теоретический материал, справочные таблицы, рисунки, справочные материалы по графеновой наноэлектронике, тесты и элементы навигации. Для более глубокого изучения тем можно воспользоваться источниками, приведёнными в списке рекомендуемой литературы, и гиперссылками на внутренние и внешние источники информации в глобальной сети Интернет. По основным терминам и определениям дистанционный курс по графеновой наноэлектронике содержит гиперссылки на статьи глоссария. Весь теоретический материал по графеновой наноэлектронике можно разделены на темы, а каждая из тем, в свою очередь, делится на модули. В свою очередь модули могут подразделяться на подтемы. В дистанционном курсе по графеновой наноэлектронике приведены примеры решения задач, задачи с ответами для самостоятельного решения и задачи без ответов для проведения проверочных и контрольных работ. Каждая изучаемая тема в дистанционном курсе по графеновой наноэлектронике включает элементы, содержащие следующие учебные элементы: необходимый теоретический материал, дидактические материалы к занятиям, ряд заданий для самостоятельной работы, гиперссылки на рекомендуемые учебные издания и учебники по физике, гиперссылки на внешние электронные источники информации.

На рис. 1 приведено изображение входной страницы дистанционного курса по графеновой наноэлектронике, созданного в системе управления обучением на платформе MOODLE.

На рис. 2 приведено изображение первой части модульной структуры дистанционного курса по графеновой наноэлектронике, созданного в системе управления обучением на платформе MOODLE. В первой части дистанционного курса по графеновой наноэлектронике рассматриваются квантовомеханические основы наноэлектроники, оптические свойства монослоя наночастиц, квантовая теория графена, оптические свойства графена.

На рис. 3 приведено изображение второй части модульной структуры дистанцион-

The screenshot shows the Moodle course interface for 'Графеновая наноэлектроника'. At the top, there is a navigation bar with 'Личный кабинет', 'Мои курсы', and 'Графеновая наноэлектроника'. A 'Режим редактирования' button is on the right. On the left, a vertical sidebar contains buttons for 'Навигация', 'Настройки', 'Последние действия', 'Предстоящие события', 'Последние объявления', and 'Поиск по форумам'. The main content area lists course topics: 1. Квантовомеханические основы формирования наноструктур. Методы и принципы наноэлектроники. Принцип размерного квантования (with forum, pages, files, links, lecture, and glossary counts); 2. Квантовая теория графена; 3. Оптические свойства графена (with file and page counts); 4. Оптические свойства нанокompозитов со слоями графена (with page count); 5. Оптические свойства графеновых нанокompозитов; 6. Нанотехнологии изготовления графена и графеновых нанокompозитов; Написание научной статьи или проекта (with link and file counts); and Литература по наноэлектронике (with file and link counts).

Рис. 1. Входная страница дистанционного курса по графеновой наноэлектронике в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

ного курса по графеновой наноэлектронике, созданного в системе управления обучением на платформе MOODLE. Во второй части дистанционного курса по графеновой наноэлектронике рассматриваются оптические свойства графана, оптические свойства нанокompозитов со слоями графена, оптические свойства графеновых нанокompозитов, нанотехнологии изготовления графена, графана, графеновых нанокompозитов, современные достижения в графене, углеродные нанотрубки.

На рис. 4 приведено изображение части элементов первой темы по квантовомеханическим основам наноэлектроники в составе дистанционного курса по графеновой наноэлектронике в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

На рис. 5 приведено изображение части элементов второй темы по оптическим свойствам монослоя из наночастиц в составе дистанционного курса по графеновой наноэлектронике в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

Графеновая наноэлектроника

Личный кабинет ► Мои курсы ► Графеновая наноэлектроника ►
1. Квантовомеханические основы формирования наност...

Режим редактирования

2. Квантовая теория графена ►

**1. Квантовомеханические основы формирования наноструктур.
Методы и принципы наноэлектроники. Принцип размерного
квантования**

Нанотехнологии произведут такую же революцию в манипулировании материей, какую произвели компьютеры в манипулировании информацией.

Ральф Меркле

Новостной форум
Содержание темы 1

Нанотехнологии – это совокупность фундаментальных и прикладных исследований и разработок, направленных на познание специфики поведения вещества и управление его свойствами в интервале его характерных размеров примерно от 1 до 100 нм, где уникальные явления позволяют реализовать инновационные приложения.

Наноэлектроника – область современной электроники, занимающаяся разработкой физических и технологических основ создания интегральных электронных схем и устройств на их основе с размерами элементов менее 100 нм. (Изготовление электронных устройств, элементы которых имеют линейные размеры в нанодиапазоне). Основная задача наноэлектроники состоит в разработке новых электронных устройств со сверхмалыми размерами, создании методов их получения и объединения в интегральные схемы.

Введение в нанофизику. Лекция 1.
Введение в нанофизику. Лекция 2. Многообразие наносистем
Вводная лекция (Преподаватели, тьюторы, студенты)
Учебно-научный фильм "Наноинженерия"

Рис. 2. Первая часть модульной структуры дистанционного курса по графеновой наноэлектронике в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

Разработка элементов контроля знаний в составе дистанционного курса по графеновой наноэлектронике в системе управления обучением MOODLE

Использование дистанционных курсов решает проблему систематизации теоретического материала, задач и заданий, а также обеспечивает планомерную выдачу заданий, последовательный контроль и даёт рациональный подход в преподавании графеновой наноэлектроники. Применение электронных образовательных ресурсов по графеновой наноэлектронике обеспечивает обучение студентов университета в удобном темпе и выбранном уровне материала. Дистанционные курсы позволяют успешно решать задачи построения индивидуальных образовательных траекторий для обучающихся.

Рассмотрим основные элементы контроля знаний в составе дистанционного курса по графеновой наноэлектронике в системе управления обучением MOODLE. Каждая изучаемая тема в дистанционном курсе по графеновой наноэлектронике включает элементы, содержащие следующие контролирующие элементы: тестовые задания для организации промежуточного и итогового контроля по графеновой наноэлектронике.

На рис. 6 приведено изображение задания в виде задачи 1001 в составе дистанци-

Графеновая наноэлектроника

Личный кабинет ► Мои курсы ► Графеновая наноэлектроника ► Литература по наноэлектронике

Режим редактирования

◀ Написание научной статьи или проекта

Литература по наноэлектронике

- Щука А. А. Наноэлектроника. М.: Физматкнига, 2007. - 464 с. документ PDF, 10.5Мбайт
- Щука А. А. Наноэлектроника. М.: Физматкнига, 2007. - 464 с. 6.7Мбайт
- Шишкин, Г. Г. Наноэлектроника. Элементы, приборы, устройства : учебное пособие. - Москва : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014. - 408 с. документ PDF, 10.6Мбайт
- Сергеев, В. А. Элементы и устройства наноэлектроники : учебное пособие / В. А. Сергеев. - Ульяновск : УлГТУ, 2016. - 137 с.
- Вьюров В. В., Гридчин В. А., Драгунов В. П. Наноэлектроника. Часть 1. Введение в наноэлектронику. М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2009. - 711 с. Электронная библиотека портала РФФИ
- Климов В. В. Наноплазмоника. М.: Физматлит, 2009. - 480 с. 7.4Мбайт
- Никольский В. В., Никольская Т. И., Электродинамика и распространение радиоволн, 1989. 6.7Мбайт
- Методы компьютерной оптики / Под редакцией В. А. Сойфера. М.: Физматлит, 2003. - 688 с. 9.3Мбайт
- Дубровский В. Г. Теоретические основы технологии полупроводниковых наноструктур: учебное пособие. СПб.: СПбГПУ, 2006. - 347 с. документ PDF, 10.8Мбайт
- Попов, А. М. Вычислительные нанотехнологии: учебное пособие / А. М. Попов. - М.: КНОРУС, 2014. - 312 с. документ PDF, 14.1Мбайт
- Попов А. М. Вычислительные нанотехнологии: учебное пособие. М.: Издательский отдел факультета ВМиК МГУ им. М. В. Ломоносова; МАКС Пресс, 2009. - 280 с.
- Алакоз Г. М. Вычислительные наноструктуры. Часть 1. Задачи, модели, структуры: учебное пособие / Г. М. Алакоз [и др.]. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, Интернет-Университет Информационных Технологий НОУ "ИНТУИТ", 2010. - 487 с. документ PDF, 236.2Мбайт
- Алакоз Г. М. Вычислительные наноструктуры. Часть 2. Программно-аппаратные платформы: учебное пособие / Г. М. Алакоз [и др.]. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, НОУ "ИНТУИТ", 2010. - 399 с. документ PDF, 162.9Мбайт
- Моисеев С. Г., Виноградов С. В. Введение в нанофизику. Ульяновск: УлГТУ, 2010. - 40 с. документ PDF, 700.1Кбайт

Рис. 3. Вторая часть модульной структуры дистанционного курса по графеновой наноэлектронике в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

онного курса по графеновой наноэлектронике в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

На рис. 7 приведено изображение задания в виде задачи 1002 в составе курса по графеновой наноэлектронике в системе MOODLE.

На рис. 8 приведено изображение задания в виде задачи 1003 в составе дистанционного курса по графеновой наноэлектронике в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

На рис. 9 приведено изображение задания в виде задачи 1004 в составе дистанционного курса по графеновой наноэлектронике в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

На рис. 10 приведено изображение задания в виде задачи 1005 в составе дистанционного курса по графеновой наноэлектронике в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

На рис. 11 приведено изображение задания в виде задачи 1006 в составе дистанционного курса по графеновой наноэлектронике в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

На рис. 12 приведено изображение задания в виде задачи 1007 в составе дистанционного курса по графеновой наноэлектронике в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

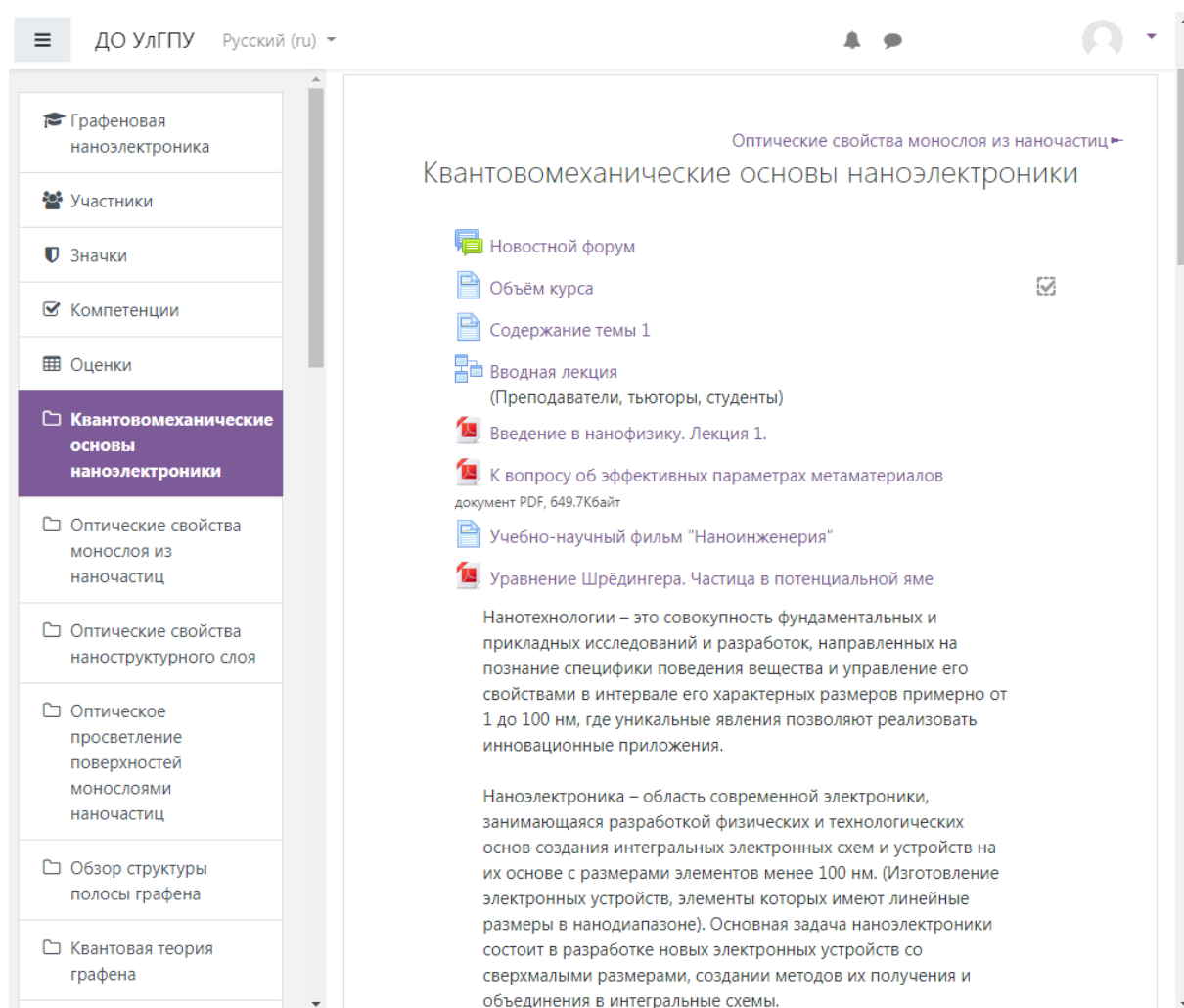


Рис. 4. Часть элементов первой темы по квантовомеханическим основам наноэлектроники в составе дистанционного курса по графеновой наноэлектронике в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

На рис. 13 приведено изображение задания в виде задачи 1008 в составе курса по графеновой наноэлектронике в системе MOODLE.

На рис. 14 приведено изображение задания в виде вопроса 2501 в составе дистанционного курса по графеновой наноэлектронике в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

На рис. 15 приведено изображение задания в виде вопроса 2502 в составе дистанционного курса по графеновой наноэлектронике в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

На рис. 16 приведено изображение задания в виде вопроса 2503 в составе дистанционного курса по графеновой наноэлектронике в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

На рис. 17 приведено изображение задания в виде вопроса 2504 в составе дистанционного курса по графеновой наноэлектронике в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

На рис. 18 приведено изображение задания в виде вопроса 2505 в составе дистанционного курса по графеновой наноэлектронике в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

На рис. 19 приведено изображение задания в виде вопроса 2506 в составе курса по графеновой наноэлектронике в системе MOODLE.

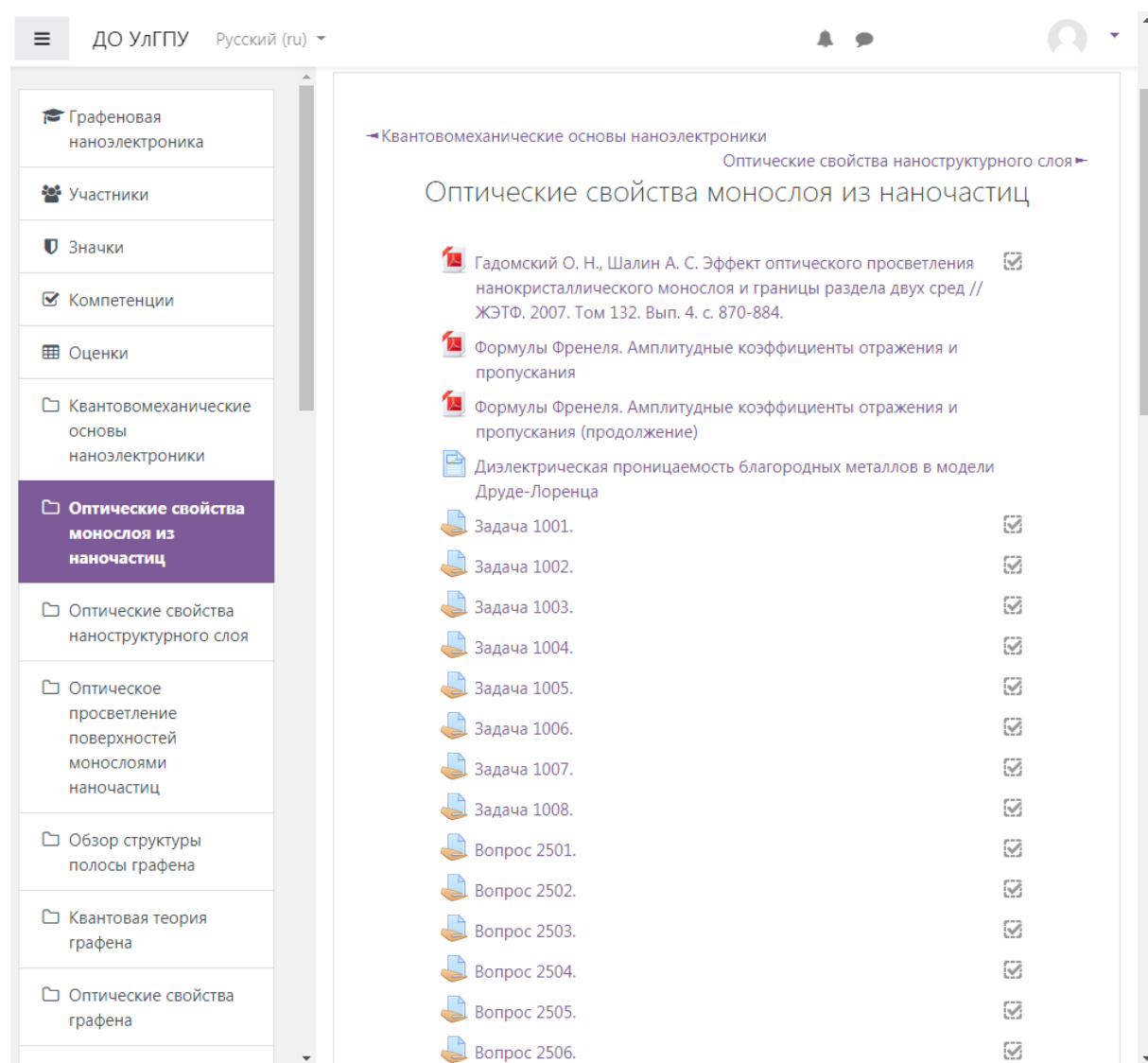


Рис. 5. Часть элементов второй темы по оптическим свойствам монослоя из наночастиц в составе дистанционного курса по графеновой наноэлектронике в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

На рис. 20 приведено изображение задания в виде вопроса 2507 в составе дистанционного курса по графеновой наноэлектронике в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

На рис. 21 приведено изображение задания в виде вопроса 2508 в составе дистанционного курса по графеновой наноэлектронике в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

На рис. 22 приведено изображение элемента в виде семинара 2001 в составе дистанционного курса по графеновой наноэлектронике в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

На рис. 23 приведено изображение фазы настройки семинара 2002 в составе дистанционного курса по графеновой наноэлектронике в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

На рис. 24 приведено изображение настройки фазы представления работ семинара 2002 в составе дистанционного курса по графеновой наноэлектронике в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

Созданные элементы дистанционного курса в виде заданий с задачами и контроль-

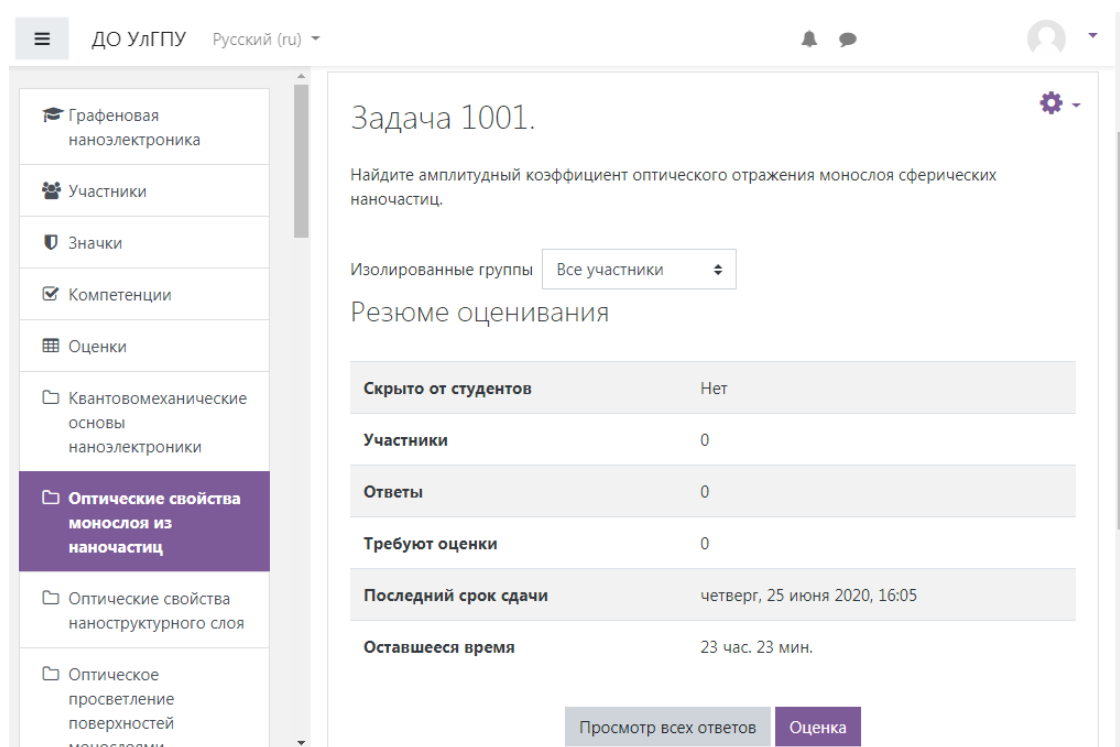


Рис. 6. Задание в виде задачи 1001 в составе дистанционного курса по графеновой наноэлектронике в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

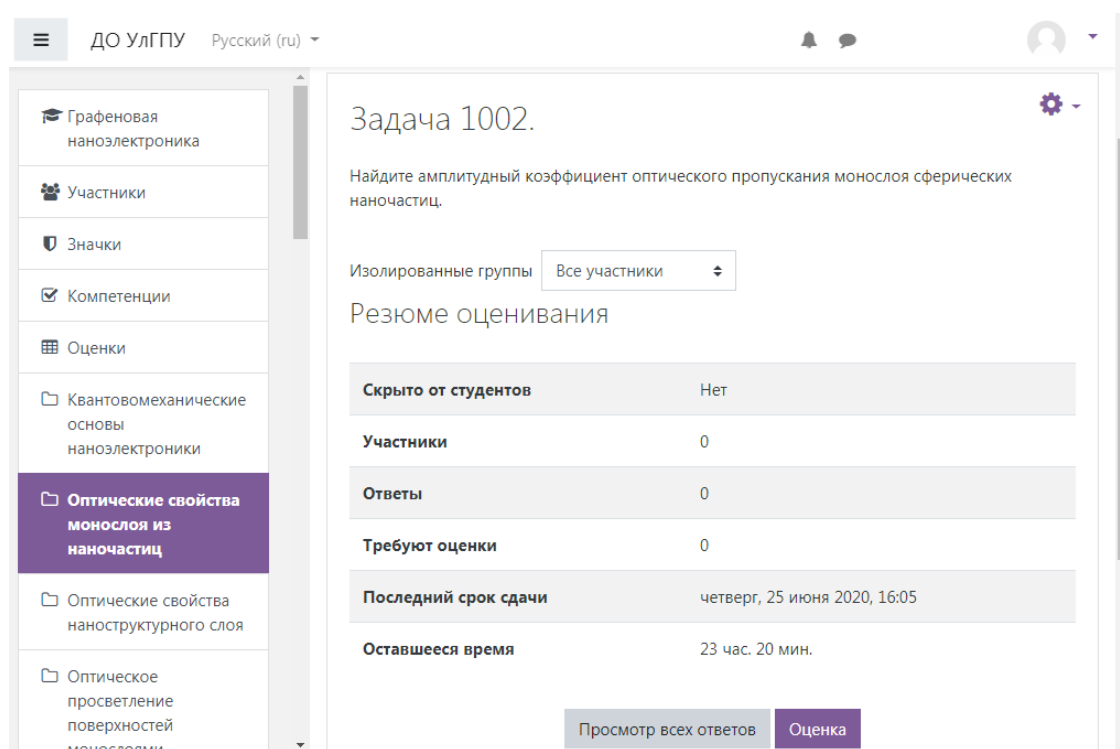


Рис. 7. Задание в виде задачи 1002 в составе дистанционного курса по графеновой наноэлектронике в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

ными вопросами по графеновой наноэлектронике позволят контролировать знания студентов курса по графеновой электронике.

Проведено всестороннее исследование дистанционного курса по графеновой наноэлектронике в системе управления обучением MOODLE.

The screenshot shows a Moodle course interface. On the left is a navigation menu with items: 'Графеновая наноэлектроника', 'Участники', 'Значки', 'Компетенции', 'Оценки', 'Квантовомеханические основы наноэлектроники', 'Оптические свойства монослоя из наночастиц' (highlighted in purple), 'Оптические свойства наноструктурного слоя', and 'Оптическое просветление поверхностей монослоями'. The main content area is titled 'Задача 1003.' and contains the text: 'Найдите энергетический коэффициент оптического отражения монослоя сферических наночастиц.' Below this is a dropdown menu 'Изолированные группы' set to 'Все участники'. A section titled 'Резюме оценивания' contains a table with the following data:

Скрыто от студентов	Нет
Участники	0
Ответы	0
Требуют оценки	0
Последний срок сдачи	четверг, 25 июня 2020, 16:05
Оставшееся время	23 час. 18 мин.

At the bottom right of the summary section are two buttons: 'Просмотр всех ответов' and 'Оценка'.

Рис. 8. Задание в виде задачи 1003 в составе дистанционного курса по графеновой наноэлектронике в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

The screenshot shows a Moodle course interface similar to Figure 8. The navigation menu is the same, with 'Оптические свойства монослоя из наночастиц' highlighted. The main content area is titled 'Задача 1004.' and contains the text: 'Найдите энергетический коэффициент оптического пропускания монослоя сферических наночастиц.' Below this is a dropdown menu 'Изолированные группы' set to 'Все участники'. A section titled 'Резюме оценивания' contains a table with the following data:

Скрыто от студентов	Нет
Участники	0
Ответы	0
Требуют оценки	0
Последний срок сдачи	четверг, 25 июня 2020, 16:05
Оставшееся время	23 час. 17 мин.

At the bottom right of the summary section are two buttons: 'Просмотр всех ответов' and 'Оценка'.

Рис. 9. Задание в виде задачи 1004 в составе дистанционного курса по графеновой наноэлектронике в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

В работе описан результат разработки дистанционного курса «Графеновая наноэлектроника», который готов к началу использования в учебном процессе в университете, позволяет автоматизировать проверку знаний по графеновой наноэлектронике. Дистанционный курс «Графеновая наноэлектроника», созданный в системе управле-

ДО УлГПУ Русский (ru)

Графеновая наноэлектроника

Участники

Значки

Компетенции

Оценки

Квантовомеханические основы наноэлектроники

Оптические свойства монослоя из наночастиц

Оптические свойства наноструктурного слоя

Оптическое просветление поверхностей многослоями

Задача 1005.

Найдите амплитудный коэффициент оптического отражения монослоя сферических наночастиц, находящегося в нанокompозитной плёнке с диэлектрической матрицей.

Изолированные группы: Все участники

Резюме оценивания

Скрыто от студентов	Нет
Участники	0
Ответы	0
Требуют оценки	0
Последний срок сдачи	четверг, 25 июня 2020, 16:05
Оставшееся время	23 час. 15 мин.

Просмотр всех ответов Оценка

Рис. 10. Задание в виде задачи 1005 в составе дистанционного курса по графеновой наноэлектронике в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

ДО УлГПУ Русский (ru)

Графеновая наноэлектроника

Участники

Значки

Компетенции

Оценки

Квантовомеханические основы наноэлектроники

Оптические свойства монослоя из наночастиц

Оптические свойства наноструктурного слоя

Оптическое просветление поверхностей многослоями

Задача 1006.

Найдите амплитудный коэффициент оптического пропускания монослоя сферических наночастиц, находящегося в нанокompозитной плёнке с диэлектрической матрицей.

Изолированные группы: Все участники

Резюме оценивания

Скрыто от студентов	Нет
Участники	0
Ответы	0
Требуют оценки	0
Последний срок сдачи	четверг, 25 июня 2020, 16:05
Оставшееся время	23 час. 13 мин.

Просмотр всех ответов Оценка

Рис. 11. Задание в виде задачи 1006 в составе дистанционного курса по графеновой наноэлектронике в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

ния обучением MOODLE, способствует систематизации хранения учебного материала по квантовой теории графена и графеновых нанокompозитов. При изучении курса «Графеновая наноэлектроника» система дистанционного обучения MOODLE привносит то, что кроме основного курса по изучаемой дисциплине, используется материал для под-

The screenshot shows a Moodle course interface. On the left is a navigation menu with items: Графеновая наноэлектроника, Участники, Значки, Компетенции, Оценки, Квантовомеханические основы наноэлектроники, **Оптические свойства монослоя из наночастиц** (highlighted), Оптические свойства наноструктурного слоя, and Оптическое просветление поверхностей монослоями. The main content area is titled 'Задача 1007.' and contains the text: 'Найдите энергетический коэффициент оптического отражения монослоя сферических наночастиц, находящегося в нанокompозитной плёнке с диэлектрической матрицей.' Below this is a dropdown for 'Изолированные группы' set to 'Все участники'. A 'Резюме оценивания' table shows: 'Скрыто от студентов' (Нет), 'Участники' (0), 'Ответы' (0), 'Требуют оценки' (0), 'Последний срок сдачи' (четверг, 25 июня 2020, 16:05), and 'Оставшееся время' (23 час. 11 мин.). At the bottom are buttons for 'Просмотр всех ответов' and 'Оценка'.

Рис. 12. Задание в виде задачи 1007 в составе дистанционного курса по графеновой наноэлектронике в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

The screenshot shows a Moodle course interface similar to Figure 12. The navigation menu is the same. The main content area is titled 'Задача 1008.' and contains the text: 'Найдите энергетический коэффициент оптического пропускания монослоя сферических наночастиц, находящегося в нанокompозитной плёнке с диэлектрической матрицей.' Below this is a dropdown for 'Изолированные группы' set to 'Все участники'. A 'Резюме оценивания' table shows: 'Скрыто от студентов' (Нет), 'Участники' (0), 'Ответы' (0), 'Требуют оценки' (0), 'Последний срок сдачи' (четверг, 25 июня 2020, 16:05), and 'Оставшееся время' (23 час. 9 мин.). At the bottom are buttons for 'Просмотр всех ответов' and 'Оценка'.

Рис. 13. Задание в виде задачи 1008 в составе дистанционного курса по графеновой наноэлектронике в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

готовки в домашних условиях, который позволяет расширить учебное содержание, а также провести дифференциацию учебного материала в соответствии с индивидуальными потребностями и запросами студентов, изучающих курс. В качестве подтверждения гипотезы исследования спроектирован дистанционный курс «Графеновая наноэлектро-

ДО УЛГПУ Русский (ru)

Графеновая наноэлектроника

Участники

Значки

Компетенции

Оценки

Квантовомеханические основы наноэлектроники

Оптические свойства монослоя из наночастиц

Оптические свойства наноструктурного слоя

Оптическое просветление поверхностей

Вопрос 2501.

В чём состоит явление преломления света на границе раздела двух сред?

Изолированные группы: Все участники

Резюме оценивания

Скрыто от студентов	Нет
Участники	0
Ответы	0
Требуют оценки	0
Последний срок сдачи	четверг, 25 июня 2020, 16:05
Оставшееся время	23 час. 8 мин.

Просмотр всех ответов Оценка

Рис. 14. Задание в виде вопроса 2501 в составе дистанционного курса по графеновой наноэлектронике в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

ДО УЛГПУ Русский (ru)

Графеновая наноэлектроника

Участники

Значки

Компетенции

Оценки

Квантовомеханические основы наноэлектроники

Оптические свойства монослоя из наночастиц

Оптические свойства наноструктурного слоя

Оптическое просветление поверхностей

Вопрос 2502.

Что такое абсолютный показатель преломления сплошной среды?

Изолированные группы: Все участники

Резюме оценивания

Скрыто от студентов	Нет
Участники	0
Ответы	0
Требуют оценки	0
Последний срок сдачи	четверг, 25 июня 2020, 16:05
Оставшееся время	23 час. 7 мин.

Просмотр всех ответов Оценка

Рис. 15. Задание в виде вопроса 2502 в составе дистанционного курса по графеновой наноэлектронике в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

ника», позволяющий проводить обучение теоретическим основам графеновой наноэлектроники по традиционной, смешанной и дистанционной формам обучения.

ДО УлГПУ Русский (ru)

Графеновая наноэлектроника

Участники

Значки

Компетенции

Оценки

Квантовомеханические основы наноэлектроники

Оптические свойства монослоя из наночастиц

Оптические свойства наноструктурного слоя

Оптическое просветление поверхностей

Вопрос 2503.

Что такое относительный показатель преломления сред?

Изолированные группы: Все участники

Резюме оценивания

Скрыто от студентов	Нет
Участники	0
Ответы	0
Требуют оценки	0
Последний срок сдачи	четверг, 25 июня 2020, 16:05
Оставшееся время	23 час. 6 мин.

Просмотр всех ответов Оценка

Рис. 16. Задание в виде вопроса 2503 в составе дистанционного курса по графеновой наноэлектронике в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

ДО УлГПУ Русский (ru)

Графеновая наноэлектроника

Участники

Значки

Компетенции

Оценки

Квантовомеханические основы наноэлектроники

Оптические свойства монослоя из наночастиц

Оптические свойства наноструктурного слоя

Оптическое просветление поверхностей

Вопрос 2504.

Что такое эффективный показатель преломления анизотропной среды?

Изолированные группы: Все участники

Резюме оценивания

Скрыто от студентов	Нет
Участники	0
Ответы	0
Требуют оценки	0
Последний срок сдачи	четверг, 25 июня 2020, 16:05
Оставшееся время	23 час. 4 мин.

Просмотр всех ответов Оценка

Рис. 17. Задание в виде вопроса 2504 в составе дистанционного курса по графеновой наноэлектронике в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

Заключение

Дистанционный курс «Графеновая наноэлектроника», созданный в системе управления обучением MOODLE, способен стать эффективным помощником, автоматизирова-

ДО УлГПУ Русский (ru)

Графеновая наноэлектроника

Участники

Значки

Компетенции

Оценки

Квантовомеханические основы наноэлектроники

Оптические свойства монослоя из наночастиц

Оптические свойства наноструктурного слоя

Оптическое просветление поверхностей

Вопрос 2505.

Что такое коэффициент поглощения оптического излучения?

Изолированные группы Все участники

Резюме оценивания

Скрыто от студентов	Нет
Участники	0
Ответы	0
Требуют оценки	0
Последний срок сдачи	четверг, 25 июня 2020, 16:05
Оставшееся время	23 час. 2 мин.

Просмотр всех ответов Оценка

Рис. 18. Задание в виде вопроса 2505 в составе дистанционного курса по графеновой наноэлектронике в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

ДО УлГПУ Русский (ru)

Графеновая наноэлектроника

Участники

Значки

Компетенции

Оценки

Квантовомеханические основы наноэлектроники

Оптические свойства монослоя из наночастиц

Оптические свойства наноструктурного слоя

Оптическое просветление поверхностей

Вопрос 2506.

Что такое коэффициент усиления оптического излучения?

Изолированные группы Все участники

Резюме оценивания

Скрыто от студентов	Нет
Участники	0
Ответы	0
Требуют оценки	0
Последний срок сдачи	четверг, 25 июня 2020, 16:05
Оставшееся время	23 час. 1 мин.

Просмотр всех ответов Оценка

Рис. 19. Задание в виде вопроса 2506 в составе дистанционного курса по графеновой наноэлектронике в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

ющим наиболее трудоёмкие элементы труда преподавателя в процессе преподавания учебных дисциплин физико-математической направленности. Созданный дистанционный курс «Графеновая наноэлектроника» позволит планировать, организовывать и

ДО УлГПУ Русский (ru)

Графеновая наноэлектроника

Участники

Значки

Компетенции

Оценки

Квантовомеханические основы наноэлектроники

Оптические свойства монослоя из наночастиц

Оптические свойства наноструктурного слоя

Оптическое просветление поверхностей

Вопрос 2507.

Для чего используются формулы Френеля?

Изолированные группы: Все участники

Резюме оценивания

Скрыто от студентов	Нет
Участники	0
Ответы	0
Требуют оценки	0
Последний срок сдачи	четверг, 25 июня 2020, 16:05
Оставшееся время	22 час. 58 мин.

Просмотр всех ответов Оценка

Рис. 20. Задание в виде вопроса 2507 в составе дистанционного курса по графеновой наноэлектронике в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

ДО УлГПУ Русский (ru)

Графеновая наноэлектроника

Участники

Значки

Компетенции

Оценки

Квантовомеханические основы наноэлектроники

Оптические свойства монослоя из наночастиц

Оптические свойства наноструктурного слоя

Оптическое просветление поверхностей

Вопрос 2508.

Для каких случаев могут быть записаны формулы Френеля?

Изолированные группы: Все участники

Резюме оценивания

Скрыто от студентов	Нет
Участники	0
Ответы	0
Требуют оценки	0
Последний срок сдачи	четверг, 25 июня 2020, 16:05
Оставшееся время	22 час. 57 мин.

Просмотр всех ответов Оценка

Рис. 21. Задание в виде вопроса 2508 в составе дистанционного курса по графеновой наноэлектронике в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

проводить изучение теоретического материала курса по наноплазмонике в дистанционной или смешанной форме обучения. Разработанный курс «Графеновая наноэлектрони-

ДО УлГПУ Русский (ru)

Графеновая наноэлектроника

Участники

Значки

Компетенции

Оценки

Квантовомеханические основы наноэлектроники

Оптические свойства монослоя из наночастиц

Оптические свойства наноструктурного слоя

Оптическое просветление поверхностей

Семинар 2001.

Фаза настройки

Фаза	Фаза представления работ	Фаза оценивания	Фаза оценивания оценок	Закрыто
Текущая фаза	Переходить к фазе подачи	Переходить к фазе оценивания	Переходить к фазе оценивания	Семинар окончен
✓ Задать введение для семинара ✗ Предоставить инструкции для работы ✗ Редактировать форму оценки ✗ Перейти к следующей фазе	✗ Предоставить инструкции по оцениванию ✗ Распределение работ ожидалось: 0 представлено: 0 не размещено: 0	✓ Вычислить оценки за работы ✓ Вычислить баллы за оценивание ✗ Написать заключение для семинара ожидалось: 0 вычислено: 0 ожидалось: 0 вычислено: 0		

Введение

Опишите модифицированный метод Френеля для монослоя из металлических наночастиц, находящихся во внешнем поле оптического излучения. Выведите формулы для отражательной, пропускательной и поглощательной способностей монослоя из металлических наночастиц.

Рис. 22. Семинар 2001 в составе дистанционного курса по графеновой наноэлектронике в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

ДО УлГПУ Русский (ru)

Графеновая наноэлектроника

Участники

Значки

Компетенции

Оценки

Квантовомеханические основы наноэлектроники

Оптические свойства монослоя из наночастиц

Оптические свойства наноструктурного слоя

Оптическое просветление поверхностей монослоями

Семинар 2002.

Фаза настройки

Фаза	Фаза представления работ	Фаза оценивания	Фаза оценивания оценок	Закрыто
Текущая фаза	Переходить к фазе подачи	Переходить к фазе оценивания	Переходить к фазе оценивания	Семинар окончен
✓ Задать введение для семинара ✗ Предоставить инструкции для работы ✗ Редактировать форму оценки ✗ Перейти к следующей фазе	✗ Предоставить инструкции по оцениванию ✗ Распределение работ ожидалось: 0 представлено: 0 не размещено: 0	✓ Вычислить оценки за работы ✓ Вычислить баллы за оценивание ✗ Написать заключение для семинара ожидалось: 0 вычислено: 0 ожидалось: 0 вычислено: 0		

Введение

Опишите модифицированный метод Френеля для монослоя сферических металлических наночастиц, находящегося в нанокompозитной плёнке с диэлектрической матрицей во внешнем поле оптического излучения. Выведите формулы для отражательной, пропускательной и поглощательной способностей монослоя из металлических наночастиц, находящегося в нанокompозитной плёнке с диэлектрической матрицей во внешнем поле оптического излучения.

Рис. 23. Фаза настройки семинара 2002 в составе дистанционного курса по графеновой наноэлектронике в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

ка» может занять особое место среди дистанционных курсов по физико-математической тематике, предназначенных для студентов физико-математических профилей подготовки университетов. Использование разработанного дистанционного курса по графеновой

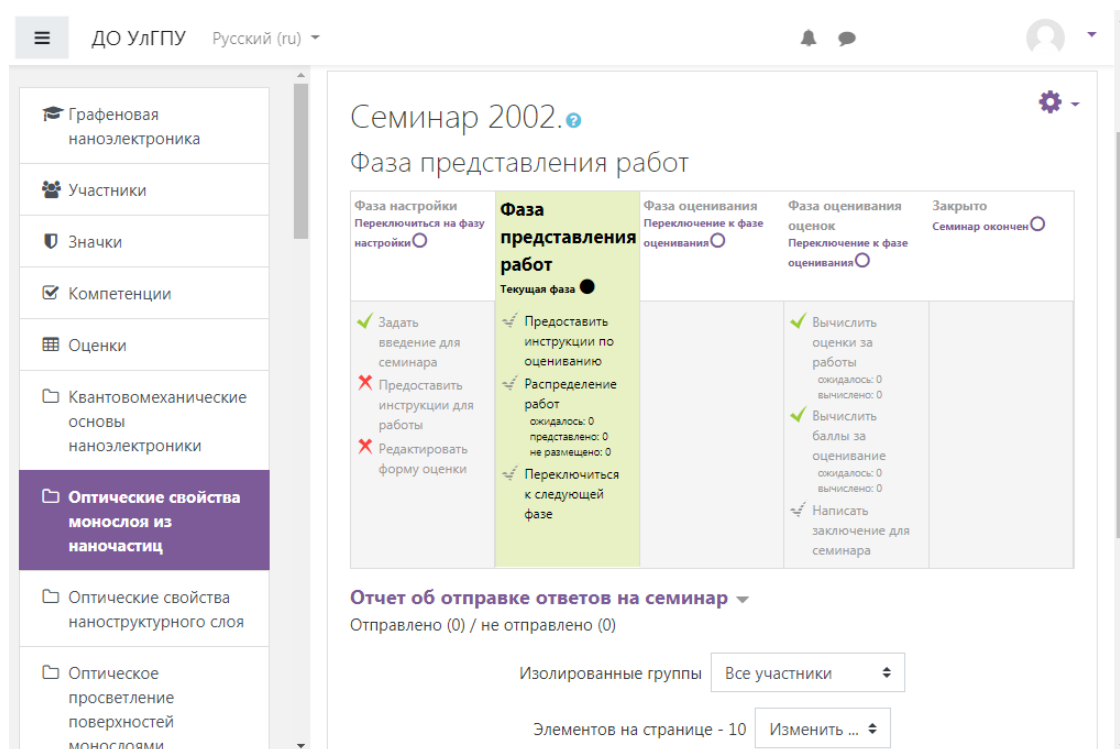


Рис. 24. Настройка фазы представления работ семинара 2002 в составе дистанционного курса по графеновой нанoeлектронике в системе дистанционного обучения на платформе MOODLE.

нанoeлектронике способствует интенсификации учебного процесса и более осмысленному изучению материала, приобретению навыков самоорганизации и превращению систематических знаний в системные, помогает развитию познавательной деятельности обучающихся и интереса к предмету. Созданный в работе дистанционный курс позволяет эффективно планировать, организовывать и проводить обучение по графеновой нанoeлектронике.

Гипотеза исследования в части создания дистанционного курса по графеновой нанoeлектронике, состоящая в том, что если использовать дистанционный курс «Графеновая нанoeлектроника» в системе управления обучением MOODLE, то можно облегчить труд преподавателя в процессе преподавания учебной дисциплины, подтверждена полностью.

Разработан дистанционный курс по графеновой нанoeлектронике, который готов к началу использования в учебном процессе педагогического университета и содержит элементы для контроля знаний по графеновой нанoeлектронике.

По итогам разработки дистанционного курса по графеновой нанoeлектронике в системе управления обучением MOODLE можно сделать вывод о наличии элементов для эффективного контроля знаний по графеновой нанoeлектронике в составе дистанционного курса.

Список использованных источников

1. Avouris Phaedon, Chen Zhihong, Perebeinos Vasili. Carbon-based electronics // Nature Nanotechnology. — 2007. — sep. — Vol. 2, no. 10. — P. 605–615. — URL: <https://doi.org/10.1038/nnano.2007.300>.
2. Geim A. K., Novoselov K. S. The rise of graphene // Nature Materials. — 2007. — mar. — Vol. 6, no. 3. — P. 183–191. — URL: <https://doi.org/10.1038/nmat1849>.

3. Katsnelson Mikhail I. Graphene: carbon in two dimensions // *Materials Today*. — 2007. — jan. — Vol. 10, no. 1-2. — P. 20–27. — URL: [https://doi.org/10.1016/s1369-7021\(06\)71788-6](https://doi.org/10.1016/s1369-7021(06)71788-6).
4. Westervelt R. M. Applied physics: Graphene Nanoelectronics // *Science*. — 2008. — apr. — Vol. 320, no. 5874. — P. 324–325. — URL: <https://doi.org/10.1126/science.1156936>.
5. Fabrication of microcellular polymer/graphene nanocomposite foams / Bin Shen [et al.] // *Polymer International*. — 2012. — sep. — Vol. 61, no. 12. — P. 1693–1702. — URL: <https://doi.org/10.1002/pi.4355>.
6. Epitaxial graphene: a new material / Th. Seyller [et al.] // *Physica status solidi (b)*. — 2008. — jul. — Vol. 245, no. 7. — P. 1436–1446. — URL: <https://doi.org/10.1002/pssb.200844143>.
7. Uptake of H₂ and CO₂ by Graphene / Anupama Ghosh [et al.] // *The Journal of Physical Chemistry C*. — 2008. — sep. — Vol. 112, no. 40. — P. 15704–15707. — URL: <https://doi.org/10.1021/jp805802w>.
8. ABS nanocomposite films based on functionalized-graphene sheets / Cheol Heo [et al.] // *Journal of Applied Polymer Science*. — 2011. — Vol. 124. — P. 4663–4670. — URL: <https://doi.org/10.1002/app.35404>.
9. Graphene Based Electrochemical Sensors and Biosensors: A Review / Yuyan Shao [et al.] // *Electroanalysis*. — 2010. — mar. — Vol. 22, no. 10. — P. 1027–1036. — URL: <https://doi.org/10.1002/elan.200900571>.
10. Polyoxometalate-Graphene Nanocomposite Modified Electrode for Electrocatalytic Detection of Ascorbic Acid / Weiying Zhang [et al.] // *Electroanalysis*. — 2013. — nov. — Vol. 26, no. 1. — P. 178–183. — URL: <https://doi.org/10.1002/elan.201300343>.
11. Novoselov K. S. Electric Field Effect in Atomically Thin Carbon Films // *Science*. — 2004. — oct. — Vol. 306, no. 5696. — P. 666–669. — URL: <https://doi.org/10.1126/science.1102896>.
12. Berger C. Electronic Confinement and Coherence in Patterned Epitaxial Graphene // *Science*. — 2006. — may. — Vol. 312, no. 5777. — P. 1191–1196. — URL: <https://doi.org/10.1126/science.1125925>.
13. Graphene-based composite materials / Sasha Stankovich [et al.] // *Nature*. — 2006. — jul. — Vol. 442, no. 7100. — P. 282–286. — URL: <https://doi.org/10.1038/nature04969>.
14. A Chemical Route to Graphene for Device Applications / Scott Gilje [et al.] // *Nano Letters*. — 2007. — nov. — Vol. 7, no. 11. — P. 3394–3398. — URL: <https://doi.org/10.1021/nl0717715>.
15. Detection of individual gas molecules adsorbed on graphene / F. Schedin [et al.] // *Nature Materials*. — 2007. — jul. — Vol. 6, no. 9. — P. 652–655. — URL: <https://doi.org/10.1038/nmat1967>.
16. Electromechanical Resonators from Graphene Sheets / J. S. Bunch [et al.] // *Science*. — 2007. — jan. — Vol. 315, no. 5811. — P. 490–493. — URL: <https://doi.org/10.1126/science.1136836>.

17. Mattausch Alexander, Pankratov Oleg. Density functional study of graphene overlayers on SiC // *Physica status solidi (b)*. — 2008. — jul. — Vol. 245, no. 7. — P. 1425–1435. — URL: <https://doi.org/10.1002/pssb.200844031>.
18. Flexible Graphene Films via the Filtration of Water-Soluble Noncovalent Functionalized Graphene Sheets / Yuxi Xu [et al.] // *Journal of the American Chemical Society*. — 2008. — may. — Vol. 130, no. 18. — P. 5856–5857. — URL: <https://doi.org/10.1021/ja800745y>.
19. Processable aqueous dispersions of graphene nanosheets / Dan Li [et al.] // *Nature Nanotechnology*. — 2008. — jan. — Vol. 3, no. 2. — P. 101–105. — URL: <https://doi.org/10.1038/nnano.2007.451>.
20. Eda Goki, Fanchini Giovanni, Chhowalla Manish. Large-area ultrathin films of reduced graphene oxide as a transparent and flexible electronic material // *Nature Nanotechnology*. — 2008. — apr. — Vol. 3, no. 5. — P. 270–274. — URL: <https://doi.org/10.1038/nnano.2008.83>.

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», Ульяновск, Россия.

E-mail: kostya_altunin@mail.ru

ORCID iD  0000-0002-0725-9416

Web of Science ResearcherID  I-5739-2014

SCOPUS ID  57201126207

Юлия Александровна Кучерова — студент факультета физико-математического и технологического образования ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный педагогический университет имени И. Н. Ульянова», Ульяновск, Россия.

E-mail: melneko@mail.ru

ORCID iD  0000-0002-9759-839X

Web of Science ResearcherID  ABD-4970-2020

Development of elements of a distance course on graphene nanoelectronics in the learning management system MOODLE

K. K. Altunin , Yu. A. Kucheroва 

Ulyanovsk State Pedagogical University, 432071, Ulyanovsk, Russia

Submitted 8 February 2021

Resubmitted 12 February 2021

Published 5 March 2021

Abstract. The result of the development of a distance course on graphene nanoelectronics, devoted to the study of the physical foundations of the quantum theory of graphene and graphene nanocomposites, is considered. The distance course on graphene nanoelectronics was created in the learning management system MOODLE on the educational portal of the Pedagogical University. The results of the development of the modular structure of the course, theoretical elements and elements of knowledge control in graphene nanoelectronics are described.

Keywords: nanoelectronics, graphene, graphene nanoelectronics, graphene nanocomposite, monolayer of particles, distance course, learning management system

PACS: 42.70.a

References

1. Avouris Phaedon, Chen Zhihong, Perebeinos Vasili. Carbon-based electronics // *Nature Nanotechnology*. — 2007. — sep. — Vol. 2, no. 10. — P. 605–615. — URL: <https://doi.org/10.1038/nnano.2007.300>.
2. Geim A. K., Novoselov K. S. The rise of graphene // *Nature Materials*. — 2007. — mar. — Vol. 6, no. 3. — P. 183–191. — URL: <https://doi.org/10.1038/nmat1849>.
3. Katsnelson Mikhail I. Graphene: carbon in two dimensions // *Materials Today*. — 2007. — jan. — Vol. 10, no. 1-2. — P. 20–27. — URL: [https://doi.org/10.1016/s1369-7021\(06\)71788-6](https://doi.org/10.1016/s1369-7021(06)71788-6).
4. Westervelt R. M. Applied physics: Graphene Nanoelectronics // *Science*. — 2008. — apr. — Vol. 320, no. 5874. — P. 324–325. — URL: <https://doi.org/10.1126/science.1156936>.
5. Fabrication of microcellular polymer/graphene nanocomposite foams / Bin Shen [et al.] // *Polymer International*. — 2012. — sep. — Vol. 61, no. 12. — P. 1693–1702. — URL: <https://doi.org/10.1002/pi.4355>.
6. Epitaxial graphene: a new material / Th. Seyller [et al.] // *Physica status solidi (b)*. — 2008. — jul. — Vol. 245, no. 7. — P. 1436–1446. — URL: <https://doi.org/10.1002/pssb.200844143>.
7. Uptake of H₂ and CO₂ by Graphene / Anupama Ghosh [et al.] // *The Journal of Physical Chemistry C*. — 2008. — sep. — Vol. 112, no. 40. — P. 15704–15707. — URL: <https://doi.org/10.1021/jp805802w>.

8. ABS nanocomposite films based on functionalized-graphene sheets / Cheol Heo [et al.] // Journal of Applied Polymer Science. — 2011. — Vol. 124. — P. 4663–4670. — URL: <https://doi.org/10.1002/app.35404>.
9. Graphene Based Electrochemical Sensors and Biosensors: A Review / Yuyan Shao [et al.] // Electroanalysis. — 2010. — mar. — Vol. 22, no. 10. — P. 1027–1036. — URL: <https://doi.org/10.1002/elan.200900571>.
10. Polyoxometalate-Graphene Nanocomposite Modified Electrode for Electrocatalytic Detection of Ascorbic Acid / Weiying Zhang [et al.] // Electroanalysis. — 2013. — nov. — Vol. 26, no. 1. — P. 178–183. — URL: <https://doi.org/10.1002/elan.201300343>.
11. Novoselov K. S. Electric Field Effect in Atomically Thin Carbon Films // Science. — 2004. — oct. — Vol. 306, no. 5696. — P. 666–669. — URL: <https://doi.org/10.1126/science.1102896>.
12. Berger C. Electronic Confinement and Coherence in Patterned Epitaxial Graphene // Science. — 2006. — may. — Vol. 312, no. 5777. — P. 1191–1196. — URL: <https://doi.org/10.1126/science.1125925>.
13. Graphene-based composite materials / Sasha Stankovich [et al.] // Nature. — 2006. — jul. — Vol. 442, no. 7100. — P. 282–286. — URL: <https://doi.org/10.1038/nature04969>.
14. A Chemical Route to Graphene for Device Applications / Scott Gilje [et al.] // Nano Letters. — 2007. — nov. — Vol. 7, no. 11. — P. 3394–3398. — URL: <https://doi.org/10.1021/nl0717715>.
15. Detection of individual gas molecules adsorbed on graphene / F. Schedin [et al.] // Nature Materials. — 2007. — jul. — Vol. 6, no. 9. — P. 652–655. — URL: <https://doi.org/10.1038/nmat1967>.
16. Electromechanical Resonators from Graphene Sheets / J. S. Bunch [et al.] // Science. — 2007. — jan. — Vol. 315, no. 5811. — P. 490–493. — URL: <https://doi.org/10.1126/science.1136836>.
17. Mattausch Alexander, Pankratov Oleg. Density functional study of graphene overlayers on SiC // Physica status solidi (b). — 2008. — jul. — Vol. 245, no. 7. — P. 1425–1435. — URL: <https://doi.org/10.1002/pssb.200844031>.
18. Flexible Graphene Films via the Filtration of Water-Soluble Noncovalent Functionalized Graphene Sheets / Yuxi Xu [et al.] // Journal of the American Chemical Society. — 2008. — may. — Vol. 130, no. 18. — P. 5856–5857. — URL: <https://doi.org/10.1021/ja800745y>.
19. Processable aqueous dispersions of graphene nanosheets / Dan Li [et al.] // Nature Nanotechnology. — 2008. — jan. — Vol. 3, no. 2. — P. 101–105. — URL: <https://doi.org/10.1038/nnano.2007.451>.
20. Eda Goki, Fanchini Giovanni, Chhowalla Manish. Large-area ultrathin films of reduced graphene oxide as a transparent and flexible electronic material // Nature Nanotechnology. — 2008. — apr. — Vol. 3, no. 5. — P. 270–274. — URL: <https://doi.org/10.1038/nnano.2008.83>.

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, Ulyanovsk, Russia.

E-mail: kostya.altunin@mail.ru

ORCID iD  0000-0002-0725-9416

Web of Science ResearcherID  I-5739-2014

SCOPUS ID  57201126207

Yulia Aleksandrovna Kucherova — student of the Faculty of Physics, Mathematics and Technological Education of the Ulyanovsk State Pedagogical University, Ulyanovsk, Russia.

E-mail: melneko@mail.ru

ORCID iD  0000-0002-9759-839X

Web of Science ResearcherID  ABD-4970-2020