

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 оптическим свойствам наноструктур с нанотрубками в онлайн-курсе.

¹E-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 поллой структуры и количества стенок. Одностенные углеродные нанотрубки сделаны из нанотрубок углеродистых 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, обусловлены их уникальными физическими свойствами и структурой. Один слой атомов углерода удерживается вместе в структуре нанотрубки гибридными 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 -гибридизованными атомами углерода, расположенными в виде поллой 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 кристаллическими 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 по-прежнему 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, свёрнутых 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 нанoeлектронные 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.

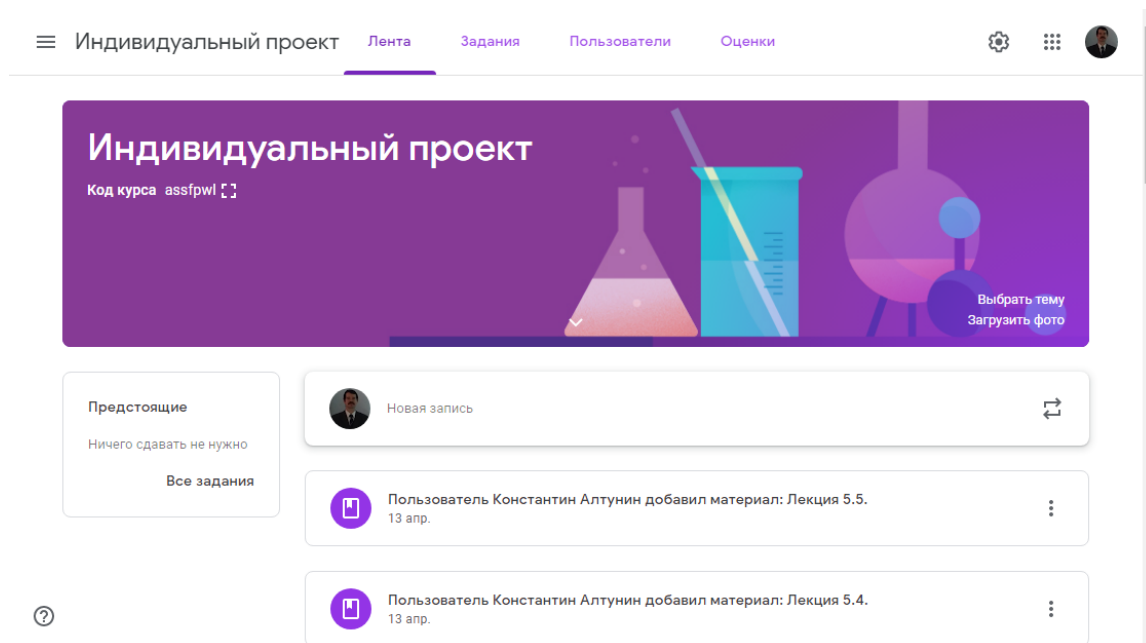


Рис. 1. Лента курса «Индивидуальный проект» в Google Classroom.

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 запись 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 другими 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.

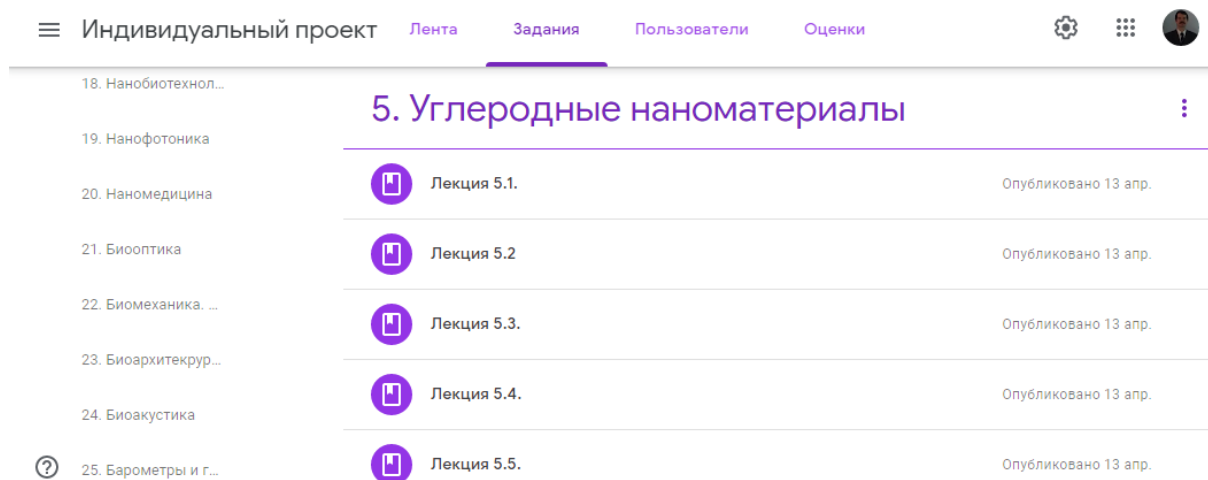


Рис. 2. Структура лекционного курса из темы по углеродным наноматериалам курса «Индивидуальный проект» в Google Classroom.

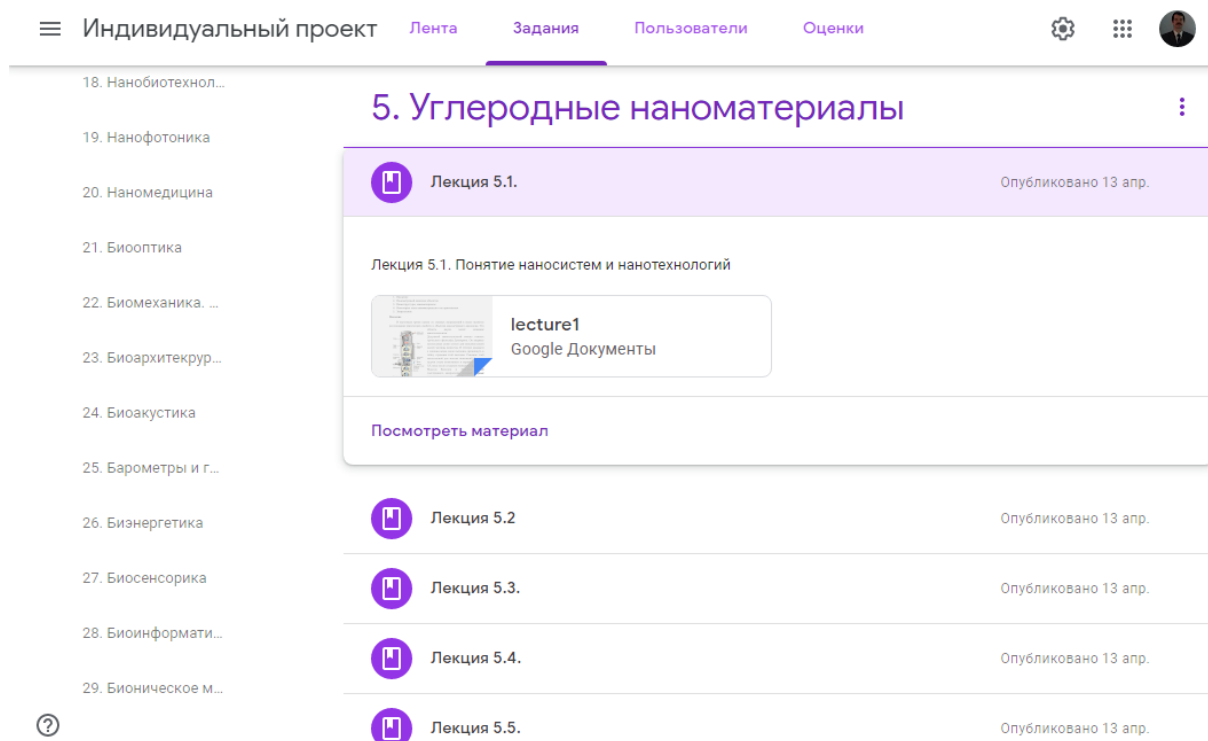


Рис. 3. Лекция 5.1 в составе темы по углеродным наноматериалам курса «Индивидуальный проект» в Google Classroom.

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.

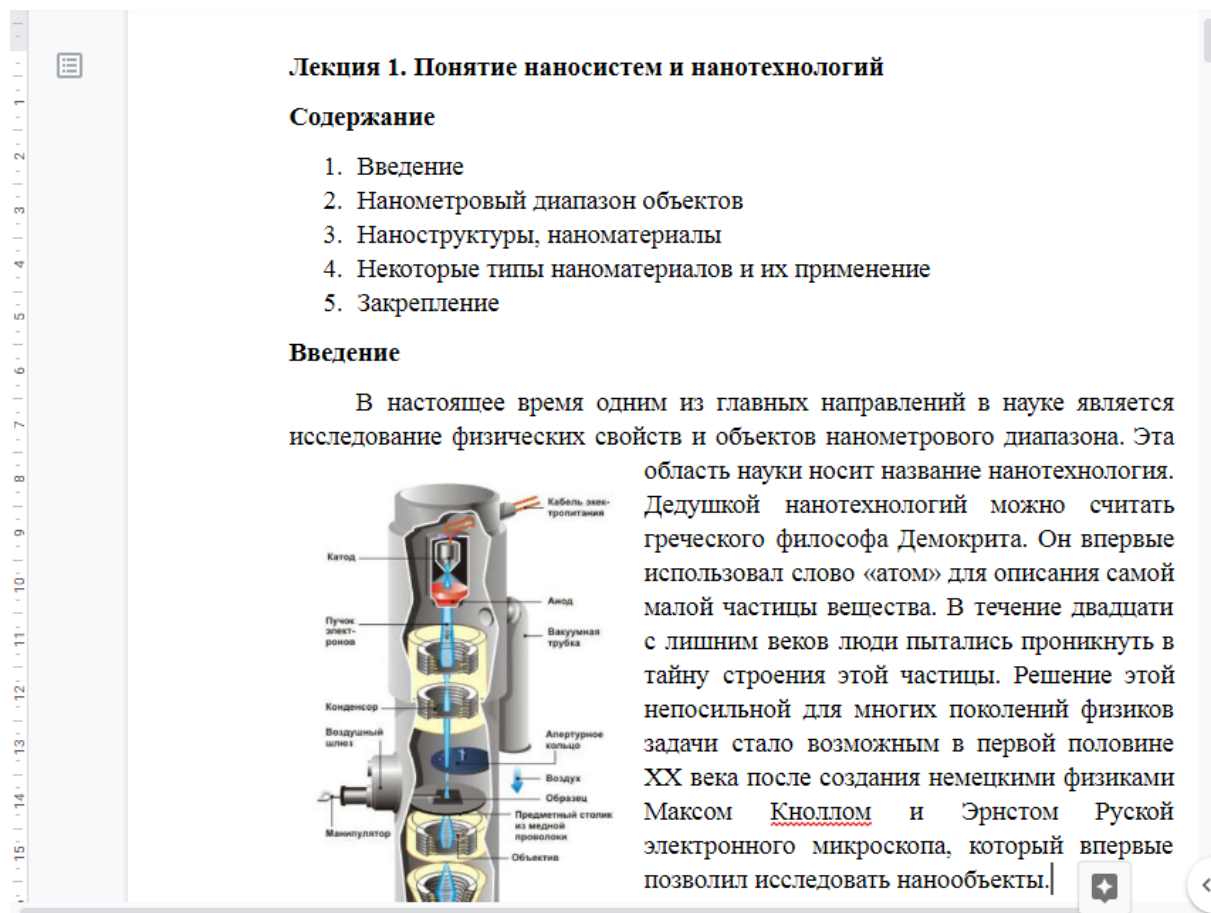


Рис. 4. Развернутый материал элемента лекции 5.1 в составе темы по углеродным наноматериалам в онлайн-курсе по учебной дисциплине «Индивидуальный проект» в Google Classroom.

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.

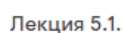
На рис. 5 представлен материал в виде презентации по нанообъектам на основе углерода в составе темы по углеродным наноматериалам курса «Индивидуальный проект» в Google Classroom.

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

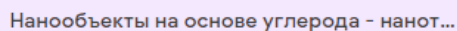
Элементы контроля в онлайн-курсе по учебной дисциплине «Индивидуальный проект»

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

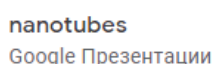
5. Углеродные наноматериалы



Опубликовано 13 апр.



Опубликовано 16:37



 [Посмотреть материал](#)

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

1 НАНООБЪЕКТЫ НА ОСНОВЕ УГЛЕРОДА – НАНОТРУБКИ



Нанотрубка – это цилиндрическая молекула, состоящая из одного или нескольких слоев графита. Диаметр нанотрубки может достигать 1 нм, а длина – сотен микрометров. Нанотрубки обладают высокой прочностью, жесткостью и электропроводностью.

2 СВОЙСТВА НАНОТРУБКИ

- **Спиральная нанотрубка:** имеет спиральную структуру, что придает ей высокую прочность и жесткость.
- **Однослойная нанотрубка:** состоит из одного слоя графита, что придает ей высокую прочность и жесткость.
- **Многослойная нанотрубка:** состоит из нескольких слоев графита, что придает ей высокую прочность и жесткость.
- **Свойства нанотрубки:** высокая прочность, жесткость, электропроводность, теплопроводность, химическая инертность.

3 Применение нанотрубок

Нанотрубки находят применение в различных областях науки и техники:

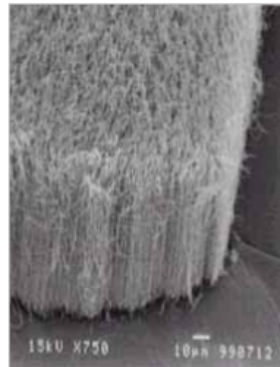
- в аэрокосмической промышленности – для создания легких и прочных конструкций;
- в медицине – для доставки лекарств и диагностики;
- в электронике – для создания наноразмерных устройств;
- в химической промышленности – для катализа и очистки;
- в строительстве – для усиления бетона и других материалов.

4 Мировые применения нанотрубок в строительстве

Нанотрубки находят применение в строительстве для усиления бетона и других материалов. Они обладают высокой прочностью и жесткостью, что позволяет создавать более прочные и долговечные конструкции. Кроме того, нанотрубки обладают высокой электропроводностью, что позволяет использовать их для защиты от коррозии и других повреждений.

НАНООБЪЕКТЫ НА ОСНОВЕ УГЛЕРОДА – НАНОТРУБКИ

Углеродная нанотрубка (англ. carbon nanotube) – цилиндрическая молекула, состоящая из одних лишь атомов углерода. Имеет диаметр около 1 нанометра и длину от одного до сотен микрометров. Внешне выглядит как свернутая в цилиндр графитовая плоскость. Впервые обнаружена Сумио Ииджимой (корпорация NEC) в 1991 г. как побочный продукт синтеза фуллерена C_{60} .



- Нанотрубки бывают однослойными и многослойными.
- Многослойные нанотрубки представляют собой несколько однослойных нанотрубок, вложенных одна в другую. Расстояние между слоями равно 0.34 нм, то есть такое же, как и между слоями в кристаллическом графите.
- Основная классификация нанотрубок проводится по способу сворачивания графитовой плоскости.
- Различают прямые (ахиральные) нанотрубки и спиральные (хиральные) нанотрубки.

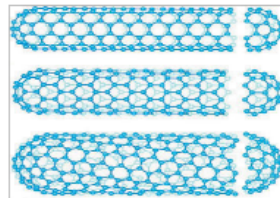


Рис. 6. Презентация по нанобъектам на основе углерода в составе темы по углеродным наноматериалам курса «Индивидуальный проект» в Google Classroom.

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

5. Углеродные наноматериалы

	Лекция 5.1.	Опубликовано 13 апр.
	Задача 5101.	Срок сдачи: 24 апр., 15:55
	Вопрос 5.1.01.	Срок сдачи: 24 апр., 15:55
	Вопрос 5.1.02.	Срок сдачи: 24 апр., 15:55
	Вопрос 5.1.03.	Срок сдачи: 24 апр., 15:55
	Вопрос 5.1.04.	Срок сдачи: 24 апр., 15:55
	Вопрос 5.1.05.	Срок сдачи: 24 апр., 15:55
	Вопрос 5.1.06.	Срок сдачи: 24 апр., 15:55
	Вопрос 5.1.07.	Срок сдачи: 24 апр., 15:55

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.

5. Углеродные наноматериалы

Лекция 5.1.

Опубликовано 13 апр.

Нанообъекты на основе углерода - нанот...

Опубликовано 16:37

Задача 5101.

Срок сдачи: 24 апр., 15:55

Опубликовано 16 апр.

Оцените, сколько наночастиц может уместиться в одном стаканчике из-под кофе?

0

Сдано

2

Назначено

[Посмотреть задание](#)

Вопрос 5.1.01.

Срок сдачи: 24 апр., 15:55

Вопрос 5.1.02.

Срок сдачи: 24 апр., 15:55

Вопрос 5.1.03.

Срок сдачи: 24 апр., 15:55

Вопрос 5.1.04.

Срок сдачи: 24 апр., 15:55

Вопрос 5.1.05.

Срок сдачи: 24 апр., 15:55

Вопрос 5.1.06.

Срок сдачи: 24 апр., 15:55

Вопрос 5.1.07.

Срок сдачи: 24 апр., 15:55

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

5. Углеродные наноматериалы


Лекция 5.1.

Опубликовано 13 апр.


Нанообъекты на основе углерода - нанот...

Опубликовано 16:37


Задача 5101.

Срок сдачи: 24 апр., 15:55


Вопрос 5.1.01.

Срок сдачи: 24 апр., 15:55

Опубликовано 16 апр.

Какие элементы мироздания имеют нанометровые размеры?

0

Сдано

2

Назначено

Показать вопрос


Вопрос 5.1.02.

Срок сдачи: 24 апр., 15:55


Вопрос 5.1.03.

Срок сдачи: 24 апр., 15:55


Вопрос 5.1.04.

Срок сдачи: 24 апр., 15:55


Вопрос 5.1.05.

Срок сдачи: 24 апр., 15:55


Вопрос 5.1.06.

Срок сдачи: 24 апр., 15:55


Вопрос 5.1.07.

Срок сдачи: 24 апр., 15:55

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.

5. Углеродные наноматериалы


Лекция 5.1.

Опубликовано 13 апр.


Нанообъекты на основе углерода - нанот...

Опубликовано 16:37


Задача 5101.

Срок сдачи: 24 апр., 15:55


Вопрос 5.1.01.

Срок сдачи: 24 апр., 15:55


Вопрос 5.1.02.

Срок сдачи: 24 апр., 15:55

Опубликовано 16 апр.

Чем обусловлены особенности свойств нанообъектов?

0

Сдано

2

Назначено

[Показать вопрос](#)


Вопрос 5.1.03.

Срок сдачи: 24 апр., 15:55


Вопрос 5.1.04.

Срок сдачи: 24 апр., 15:55


Вопрос 5.1.05.

Срок сдачи: 24 апр., 15:55


Вопрос 5.1.06.

Срок сдачи: 24 апр., 15:55


Вопрос 5.1.07.

Срок сдачи: 24 апр., 15:55

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-

5. Углеродные наноматериалы

	Лекция 5.1.	Опубликовано 13 апр.
	Нанообъекты на основе углерода - нанот...	Опубликовано 16:37
	Задача 5101.	Срок сдачи: 24 апр., 15:55
	Вопрос 5.1.01.	Срок сдачи: 24 апр., 15:55
	Вопрос 5.1.02.	Срок сдачи: 24 апр., 15:55
	Вопрос 5.1.03.	Срок сдачи: 24 апр., 15:55
Опубликовано 16 апр. Что такое нанотехнологии?		0 Сдано
		2 Назначено
Показать вопрос		
	Вопрос 5.1.04.	Срок сдачи: 24 апр., 15:55
	Вопрос 5.1.05.	Срок сдачи: 24 апр., 15:55
	Вопрос 5.1.06.	Срок сдачи: 24 апр., 15:55
	 Вопрос 5.1.07.	Срок сдачи: 24 апр., 15:55

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

5. Углеродные наноматериалы

	Лекция 5.1.	Опубликовано 13 апр.				
	Нанообъекты на основе углерода - нанот...	Опубликовано 16:37				
	Задача 5101.	Срок сдачи: 24 апр., 15:55				
	Вопрос 5.1.01.	Срок сдачи: 24 апр., 15:55				
	Вопрос 5.1.02.	Срок сдачи: 24 апр., 15:55				
	Вопрос 5.1.03.	Срок сдачи: 24 апр., 15:55				
	Вопрос 5.1.04.	Срок сдачи: 24 апр., 15:55				
Опубликовано 16 апр. Что такое наноструктура? <table border="1" style="width: 100%;"> <tbody> <tr> <td style="text-align: center; width: 50%;">0</td> <td style="text-align: center; width: 50%;">2</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Сдано</td> <td style="text-align: center;">Назначено</td> </tr> </tbody> </table> Показать вопрос			0	2	Сдано	Назначено
0	2					
Сдано	Назначено					
	Вопрос 5.1.05.	Срок сдачи: 24 апр., 15:55				
	Вопрос 5.1.06.	Срок сдачи: 24 апр., 15:55				
	 Вопрос 5.1.07.	Срок сдачи: 24 апр., 15:55				

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 четвертого 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-

5. Углеродные наноматериалы

	Лекция 5.1.	Опубликовано 13 апр.				
	Нанообъекты на основе углерода - нанот...	Опубликовано 16:37				
	Задача 5101.	Срок сдачи: 24 апр., 15:55				
	Вопрос 5.1.01.	Срок сдачи: 24 апр., 15:55				
	Вопрос 5.1.02.	Срок сдачи: 24 апр., 15:55				
	Вопрос 5.1.03.	Срок сдачи: 24 апр., 15:55				
	Вопрос 5.1.04.	Срок сдачи: 24 апр., 15:55				
	Вопрос 5.1.05.	Срок сдачи: 24 апр., 15:55				
Опубликовано 16 апр. Что такое наноматериалы?		<table border="1"> <tbody> <tr> <td style="text-align: center; vertical-align: middle;">0</td> <td style="text-align: center; vertical-align: middle;">2</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; vertical-align: middle;">Сдано</td> <td style="text-align: center; vertical-align: middle;">Назначено</td> </tr> </tbody> </table>	0	2	Сдано	Назначено
0	2					
Сдано	Назначено					
Показать вопрос						
	Вопрос 5.1.06.	Срок сдачи: 24 апр., 15:55				
	 Вопрос 5.1.07.	Срок сдачи: 24 апр., 15:55				

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

5. Углеродные наноматериалы

	Лекция 5.1.	Опубликовано 13 апр.
	Нанообъекты на основе углерода - нанот...	Опубликовано 16:37
	Задача 5101.	Срок сдачи: 24 апр., 15:55
	Вопрос 5.1.01.	Срок сдачи: 24 апр., 15:55
	Вопрос 5.1.02.	Срок сдачи: 24 апр., 15:55
	Вопрос 5.1.03.	Срок сдачи: 24 апр., 15:55
	Вопрос 5.1.04.	Срок сдачи: 24 апр., 15:55
	Вопрос 5.1.05.	Срок сдачи: 24 апр., 15:55
	Вопрос 5.1.06.	Срок сдачи: 24 апр., 15:55

Опубликовано 16 апр.

Какие виды наноматериалов вы знаете?

0	2
Сдано	Назначено

[Показать вопрос](#)

		Вопрос 5.1.07.	Срок сдачи: 24 апр., 15:55
---	---	----------------	----------------------------

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

5. Углеродные наноматериалы

	Лекция 5.1.	Опубликовано 13 апр.
	Нанообъекты на основе углерода - нанот...	Опубликовано 16:37
	Задача 5101.	Срок сдачи: 24 апр., 15:55
	Вопрос 5.1.01.	Срок сдачи: 24 апр., 15:55
	Вопрос 5.1.02.	Срок сдачи: 24 апр., 15:55
	Вопрос 5.1.03.	Срок сдачи: 24 апр., 15:55
	Вопрос 5.1.04.	Срок сдачи: 24 апр., 15:55
	Вопрос 5.1.05.	Срок сдачи: 24 апр., 15:55
	Вопрос 5.1.06.	Срок сдачи: 24 апр., 15:55
	Вопрос 5.1.07.	Срок сдачи: 24 апр., 15:55

Опубликовано 16 апр.

Какие примеры применения наноматериалов вы можете предложить?

0

Сдано

2

Назначено

[Показать вопрос](#)

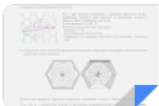
Рис. 15. Вопрос 5.1.07 в составе темы по углеродным наноматериалам курса «Индивидуальный проект» в Google Classroom.

 **Лекция 5.3.** Опубликовано 13 апр.

 **Задача 5301. Плоские нанотрубки** Срок сдачи: 24 апр., 15:55

Опубликовано 11:54 (Изменено: 12:06)

Текст задачи находится в прилагаемом документе. Максимальное количество баллов за задачу составляет 10 баллов.

 **5301**
Google Документы

0
Сдано

2
Назначено

[Посмотреть задание](#)

 **Вопрос 5.3.01.** Срок сдачи: 24 апр., 15:55

 **Вопрос 5.3.02.** Срок сдачи: 24 апр., 15:55

 **Вопрос 5.3.03.** Срок сдачи: 24 апр., 15:55

  **Вопрос 5.3.04.** Срок сдачи: 24 апр., 15:55

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

2 1 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19

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 (проекция Шлегеля).

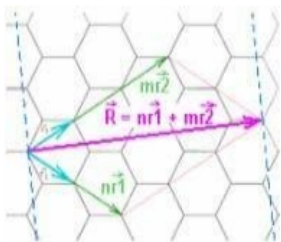
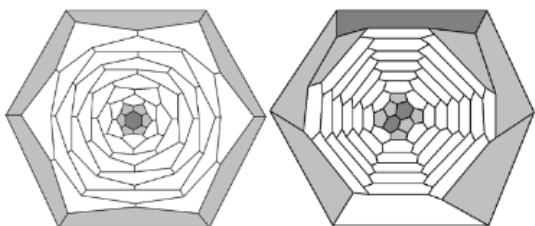


Рис. 1. Для получения нанотрубки с индексами хиральности (n, m) , графеновую плоскость надо разрезать по пунктирным линиям и свернуть вдоль направления вектора R . В этом примере $n = 2, m = 3$.

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-y} , где x – количество атомов в фуллерене-«родоначальнике» закрытых углеродных нанотрубок, y – число атомов, добавляемых при минимальном шаге роста закрытых углеродных нанотрубок, $k = 0, 1, 2, 3, 4 \dots$

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.

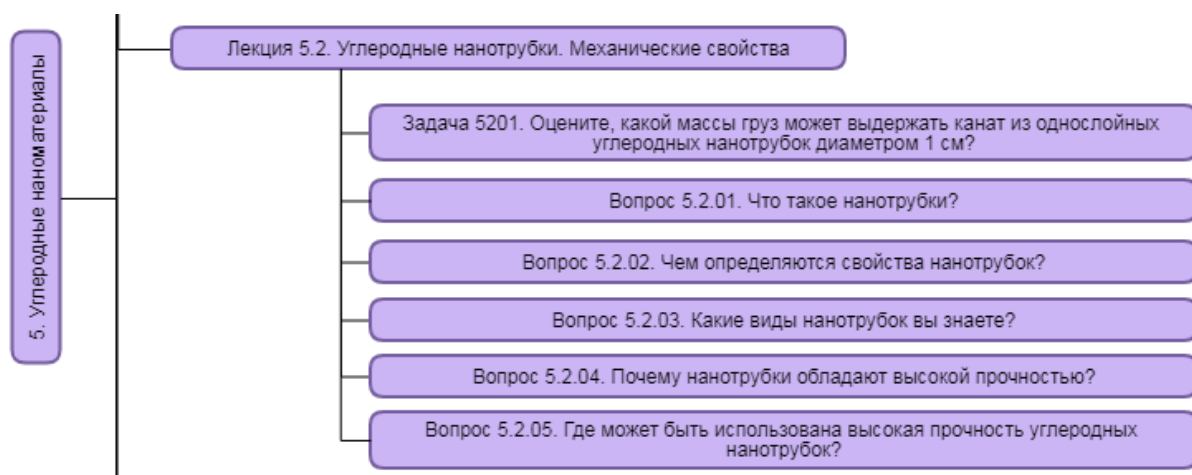


Рис. 19. Диаграмма, поясняющая структуру второго блока контроля знаний по лекции 5.2 в составе темы по углеродным наноматериалам из курса «Индивидуальный проект» в Google Classroom.

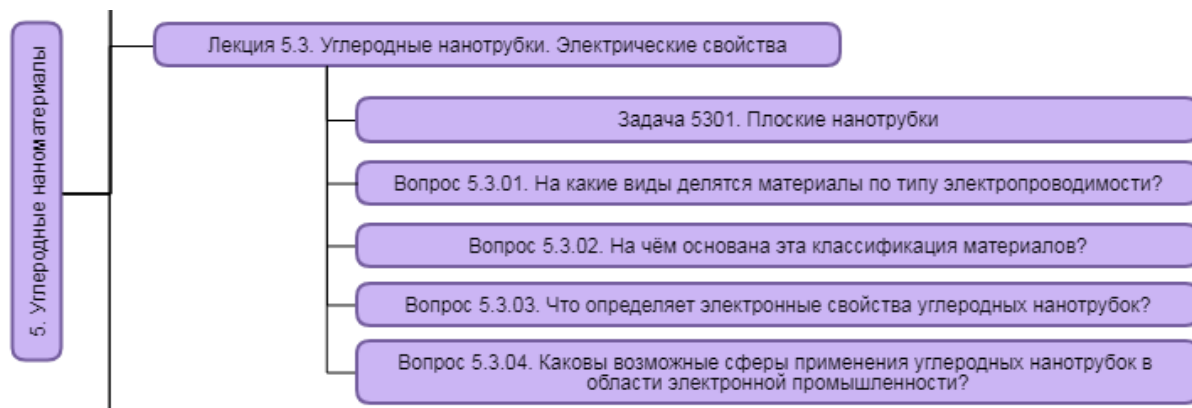


Рис. 20. Диаграмма, поясняющая структуру третьего блока контроля знаний по лекции 5.3 в составе темы по углеродным наноматериалам из курса «Индивидуальный проект» в Google Classroom.

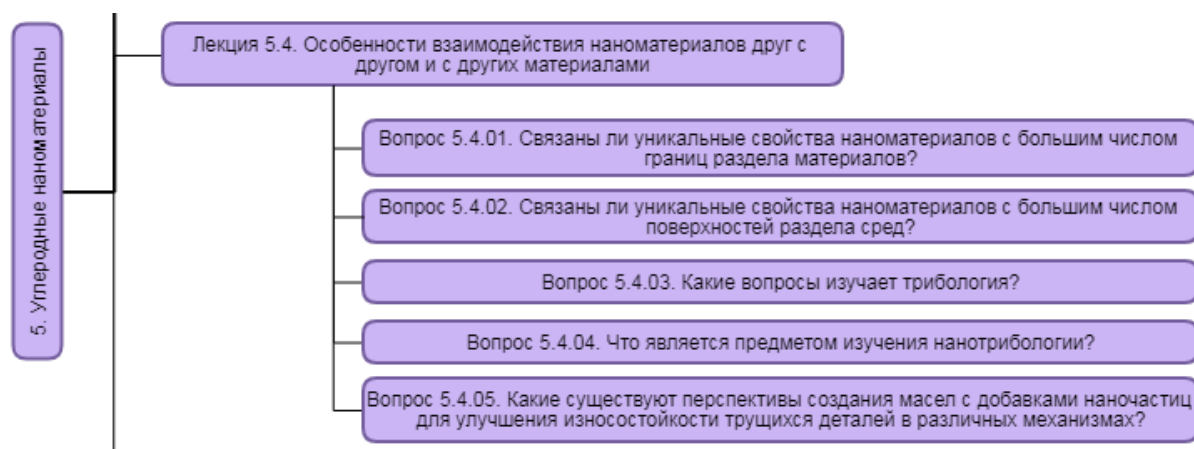


Рис. 21. Диаграмма, поясняющая структуру четвёртого блока контроля знаний по лекции 5.4 в составе темы по углеродным наноматериалам из курса «Индивидуальный проект» в Google Classroom.

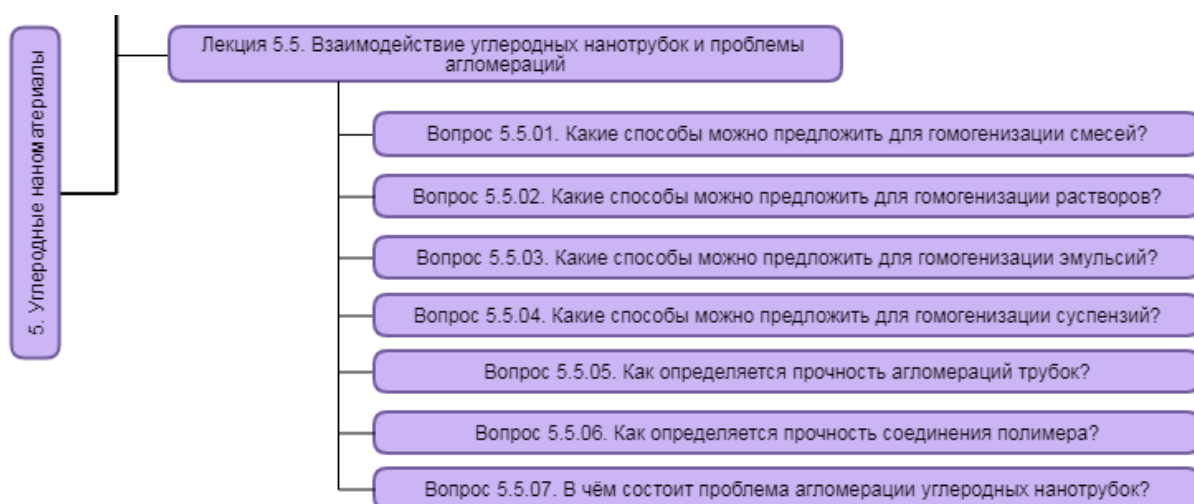


Рис. 22. Диаграмма, поясняющая структуру пятого блока контроля знаний по лекции 5.5 в составе темы по углеродным наноматериалам из курса «Индивидуальный проект» в Google Classroom.

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., Monthieux Marc, Luzzi David E. Encapsulated C₆₀ 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., Monthieux Marc, Luzzi David E. Encapsulated C₆₀ 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