Автономная некоммерческая образовательная организация высшего образования «Сколковский институт науки и технологий»

Утверждено

Директор образовательной программы

Дорожкин П.С.

Идентификатор документа, задачи / ID: 479406 v.1, 450401

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ПРОСТОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ /
The document is signed with a simple electronic signature

Директор образовательной программы / The Director of the program
Дорожкин Павел Сергеевич / Dorozhkin Pavel Sergeevich

Дата подписания / Date of signing 22.09.2026

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

“Основы фотоники I”

Направление подготовки 12.04.03 Фотоника и оптоинформатика

Квалификация “магистр”

Москва 2026

Skoltech

Название курса

Основы фотоники I

1. Аннотация

Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО: относится к модулю 1 "Наука, техника и технологии", обязательная часть. Четверть 1В.

Язык дисциплины (модуля): английский.

Ведущий преподаватель: Гиппиус Николай Алексеевич

Со-преподаватели: Дьяков Сергей Александрович.

Курс «Основы фотоники - I» предназначен для магистров первого года обучения с различным уровнем начальной подготовки. Он представляет собой всестороннее введение в фотонику, охватывая как теоретические, так и практические аспекты. Теоретическая часть курса посвящена, в основном, таким темам как волновая оптика и оптические резонансы, которые являются неотъемлемой частью изучения взаимодействие света и вещества. Студенты также изучат некоторые численные методы моделирования оптических свойств фотонных структур. На практических практических занятиях слушатели будут использовать MATLAB для моделирования различных явлений, связанных с взаимодействием света и вещества, что позволит на практике понять основные принципы фотоники и их применение в технологиях и исследованиях. К концу курса студенты приобретут навыки, необходимые для полноценного анализа и моделирования фотонных систем.

В соответствии с локальными нормативными актами Сколковского института науки и технологий обучение проводится на английском языке.

2. Материально-техническое обеспечение

Лекционные и семинарские занятия проходят в учебной аудитории, оснащенной специализированной мебелью, доской и техническими средствами для демонстрации учебных материалов.

Для выполнения расчетных и домашних заданий необходим персональный компьютер или ноутбук с программным обеспечением MATLAB.

В рамках курса может использоваться инфраструктура группы теории нанофотоники для демонстрации и обсуждения расчетных моделей.

Для самостоятельной работы студенты могут использовать рабочее пространство библиотеки.

Перечень используемого ПО:

- MS Office;
- Antiplagiat;
- программное обеспечение для математических вычислений и моделирования: MATLAB.

3. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия

Для освоения курса студенты должны владеть базовыми знаниями математического анализа и основными понятиями оптики.

4. Трудоёмкость

3 з.е. (1 з.е. это 27 астрономических часов)

5. Содержание курса

Л – лекции в часах
С – семинары в часах
П – практики в часах

Тема	Содержание	Л	С	П
Волновая и пучковая оптика	Постулаты волновой оптики. Монохроматические, сферические и параболоидальные волны. Интерференция. Параксиальное уравнение Гельмгольца. Гауссов пучок. Эрмитово-гауссовы и лаггеро-гауссовы пучки. Прохождение через оптические компоненты.	2	4	0

Фурье-оптика	Распространение света в свободном пространстве. Оптическое преобразование Фурье. Дифракция света.	2	4	0
Электромагнитная оптика	Электромагнитная теория света. Уравнения Максвелла. Диэлектрические среды. Элементарные волны. Поглощение и дисперсия. Поляризация света.	2	4	0
Формулы Френеля, направляемые моды и поверхностные волны	Формулы Френеля. Планарный диэлектрический волновод. Поверхностные плазмон-поляритоны. Поверхностные волны Дьяконова. Поверхностные волны Тамма.	2	4	0
Т-матрицы	Метод Т-матриц: теоретические основы и практическое применение.	2	4	0
Оптика резонаторов и фотонные кристаллы	Плоско-зеркальные резонаторы. Двумерные и трехмерные резонаторы. Микрорезонаторы. Одномерные, двумерные и трехмерные фотонные кристаллы. Фотонная запрещенная зона. Резонаторные моды.	2	4	0
Всего контактных часов:		36		
Самостоятельная работа:		42		
Промежуточная аттестация		3		
Общее кол-во часов:		81		

6. Требования к результатам освоения дисциплины

Изучение дисциплины **“Основы фотоники I”** при подготовке магистров по направлению подготовки **12.04.03 Фотоника и Оптоинформатика** направлено на приобретение следующих компетенций:

ПК-1. Способен самостоятельно и (или) в составе исследовательской группы разрабатывать, исследовать и применять математические модели для качественного и количественного описания явлений и процессов и (или) разработки новых технических средств;
ПК-2. Способен ставить, формализовать и решать задачи, уметь системно анализировать научные проблемы, генерировать новые идеи и создавать новое знание;

Skoltech

ПК-3. Способен применять на практике умения и навыки в организации исследовательских и проектных работ, способен самостоятельно организовывать и проводить научные исследования и внедрять их результаты в качестве члена или руководителя малого коллектива.

7. Вид итоговой оценки

Экзамен

8. Структура оценки

Вид деятельности	**Относительный вклад в итоговую оценку за курс, %**
Домашние задания	40
Финальный экзамен	40
Активное участие в занятиях	20

1% = 1 балл

9. Система оценивания

A, отлично 86% и выше	Оцениваемая работа выполнена с отменным качеством и свидетельствует об отличных знаниях, глубоком понимании предмета, глубоких всесторонних познаниях и умелом применении концепций и/или учебных материалов. Все результаты обучения соответствуют высокому уровню
B, хорошо 76% - 85%	Работа выполнена в соответствии с высокими стандартами и свидетельствует о наличии всесторонних познаний и хорошем понимании предмета, умении использовать соответствующие концепции, а также об умении решать проблемы, возникающие в ходе изучения предмета работы. Большая часть результатов обучения соответствует высокому уровню

C, удовлетворительно 66% - 75%	Оцениваемая работа в целом выполнена на удовлетворительном уровне и свидетельствует об адекватных знаниях и достаточном понимании предмета, однако со значительными недостатками. Большая часть результатов обучения соответствует удовлетворительному уровню
D,посредственно 56% - 65%	Оцениваемая работа выполнена на слабом уровне и свидетельствует о крайне ограниченном понимании предмета, недостаточных знаниях и имеет существенные недостатки. Удовлетворительному уровню соответствует лишь малая часть результатов обучения.
E, крайне посредственно 46% - 55%	Минимально допустимый уровень успеваемости. Оцениваемая работа выполнена на очень слабом уровне, имеет серьезные недостатки и свидетельствует о весьма низком уровне знаний, понимания и/или умений и знакомства с предметом. Удовлетворительному уровню соответствует лишь очень малая часть результатов обучения (или таких результатов нет вообще)
F, неудовлетворительно 0% - 45%	Оцениваемая работа неприемлема и свидетельствует о практическом отсутствии знаний и понимания предмета работы. Удовлетворительному уровню не соответствуют никакие результаты обучения

10. Самостоятельная работа

Самостоятельная работа по дисциплине включает:

1. Решение теоретических задач по волновой, Фурье- и электромагнитной оптике, направляемым и поверхностным волнам, резонаторам и фотонным кристаллам;
2. Выполнение численного моделирования оптических полей и фотонных структур с использованием MATLAB или Python;
3. Подготовку к семинарским занятиям и разбору задач;

4. Изучение основной учебной литературы и подготовку к письменному финальному экзамену.

Трудоемкость самостоятельной работы - 42 часа.

Для самостоятельной работы студентам рекомендуется использовать следующие источники:

1. Bahaa E. A. Saleh, Malvin Carl Teich Fundamentals of Photonics, 2nd Edition 1200 pages April 2007 ISBN 978-0-471-35832-9 Sergio Fantini, Quantitative Biomedical Optics, Cambridge texts in biomedical engineering, Cambridge university press, 2016, 659 p;

Дополнительно методические указания по отдельным видам работ приведены в системе управления обучением “Canvas LMS”. Для доступа требуется персональный логин/пароль.

11. Фонд оценочных средств. Оценочные и методические материалы по дисциплине

Итоговая оценка формируется по результатам домашних заданий, письменного финального экзамена и активности на занятиях. Оценочные мероприятия проверяют способность применять волновые и электромагнитные модели к анализу фотонных систем и использовать численные методы для моделирования оптических явлений.

11.1. Домашние задания

11.1.1. Оценочные материалы:

Домашние задания включают решение серии теоретических задач, а также моделирование отдельных оптических явлений в MATLAB. Задания направлены на развитие навыков аналитического решения задач и численного моделирования электромагнитных систем.

Пример задания 1: He–Ne-лазер мощностью 1 мВт формирует гауссов пучок на длине волны 633 нм с диаметром перетяжки 0,1 мм. Требуется определить угловую расходимость, глубину фокуса, диаметр пучка на большом расстоянии, радиус кривизны волнового фронта в нескольких сечениях и интенсивность на оси.

Пример задания 2: Какое ограничение гауссовых пучков препятствует одновременному уменьшению диаметра и расходимости?

Пример задания 3: Какое физическое ограничение препятствует бесконечному увеличению добротности резонатора?

11.1.2. Методические рекомендации и критерии оценивания:

Общий вес домашних заданий составляет 40% итоговой оценки. Баллы начисляются пропорционально числу корректно решенных подзадач с учетом их сложности. Требуется представить последовательное решение и, если это предусмотрено условием, корректный программный код и результаты моделирования.

11.2. Финальный экзамен

11.2.1. Оценочные материалы:

Финальный экзамен проводится письменно в течение 3 часов и состоит из нескольких теоретических задач по материалу курса.

Пример задания 1: определить частоту отсечки моды плоского диэлектрического волновода толщиной 200 нм с показателем преломления сердцевины n_w, окруженного средами с меньшими показателями преломления.

Пример задания 2: Назовите фундаментальное физическое ограничение кремния, которое препятствует реализации лазера без использования дополнительных материальных платформ.

11.2.2. Методические рекомендации и критерии оценивания:

Общий вес финального экзамена составляет 40% итоговой оценки. Оценка определяется числом правильно решенных задач и подзадач с учетом их сложности, корректностью используемых физических моделей и последовательностью математических преобразований.

11.3. Активное участие в занятиях

11.3.1.Оценочные материалы:

Учитываются посещение занятий, содержательные вопросы, ответы на вопросы преподавателей и участие в обсуждении решений задач.

Примеры заданий для обсуждения на занятиях:

1.	Как изменится угловая расходимость гауссова пучка при уменьшении радиус перетяжки? А) Не изменится

	Б) Увеличится В) Уменьшится
2.	Как называется приближение, используемое при выводе параксиального уравнения Гельмгольца?
3.	Как изменится дифракционная расходимость светового пучка при увеличении длины волны? А) Не изменится Б) Увеличится В) Уменьшится
4.	Как называется преобразование, лежащее в основе Фурье-оптики?
5.	Как называется математической объект, используемый для описания передачи и рассеяния волн в методе Т-матриц?
6.	Как называется приближение, используемое для формализации распространения слаборасходящегося светового пучка?
7.	Какой физический параметр используется для формализации потерь в резонаторе?
8.	Какая модель обычно используется для описания взаимодействия резонансного излучения с квантовым переходом? А) Двухуровневая система Б) Осциллятор В) Связанные осцилляторы
9.	Какая величина используется для описания временной когерентности света? А) Корреляционная функция Б) Интеграл перекрытия В) Длина волны

11.3.2. Методические рекомендации:

Общий вес активности на занятиях составляет 20% итоговой оценки. Баллы начисляются за регулярный содержательный вклад в учебную работу. Требование по физическому присутствию составляет не менее 50% занятий.

Автономная некоммерческая образовательная организация высшего образования «Сколковский институт науки и технологий»

Утверждено

Директор образовательной программы

Дорожкин П.С.

Идентификатор документа, задачи / ID: 479406 v.1, 450401

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ПРОСТОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ /
The document is signed with a simple electronic signature

Директор образовательной программы / The Director of the program
Дорожкин Павел Сергеевич / Dorozhkin Pavel Sergeevich

Дата подписания / Date of signing 22.09.2026

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

“Основы фотоники II”

Направление подготовки 12.04.03 Фотоника и оптоинформатика

Квалификация “магистр”

Москва 2026

Skoltech

Название курса

Основы фотоники II

1. Аннотация

Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО: относится к модулю 1 "Наука, техника и технологии", обязательная часть. Четверть 2.

Язык дисциплины (модуля): английский.

Ведущий преподаватель: Гиппиус Николай Алексеевич

Со-преподаватели: Дьяков Сергей Александрович, Аляткин Сергей Юрьевич, Гладуш Юрий Геннадьевич, Жигунов Денис Михайлович.

Курс «Основы фотоники - II» является продолжением курса «Основы фотоники - I» и посвящен дополнительным разделам фотоники. Он рассчитан на студентов, которые уже имеют базовые знания в области фотоники и электродинамики. Учебная программа включает изучение современных теоретические методов и концепций в фотонике, в том числе в их связи с физикой твердого тела и квантовыми технологиями. Студенты прослушают курс лекций, будут решать теоретические задачи и проводить численное моделирование с использованием Matlab, чтобы получить опыт теоретических исследований современных проблем фотоники.

В соответствии с локальными нормативными актами Сколковского института науки и технологий обучение проводится на английском языке.

2. Материально-техническое обеспечение

Лекционные и семинарские занятия проходят в учебной аудитории, оснащенной специализированной мебелью, доской и техническими средствами для демонстрации учебных материалов.

Для выполнения расчетных и домашних заданий необходим персональный компьютер или ноутбук с программным обеспечением MATLAB (предпочтительно).

Для образовательных и демонстрационных задач может использоваться инфраструктура Лаборатории гибридной фотоники, Лаборатории наноматериалов и группы теории нанофотоники.

Для самостоятельной работы студенты могут использовать рабочее пространство библиотеки.

Перечень используемого ПО:

- MS Office;
- Antiplagiat;
- программным обеспечением для математических вычислений и моделирования: MATLAB.

3. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия

Для освоения курса студенты должны владеть базовыми принципами фотоники, основами математического анализа и линейной алгебры. Рекомендуется предварительное освоение дисциплины «Основы фотоники I».

4. Трудоёмкость

3 з.е. (1 з.е. это 27 астрономических часов)

5. Содержание курса

Л – лекции в часах
С – семинары в часах
П – практики в часах

Тема	Содержание	Л	С	П
Введение и краткое повторение курса «Основы фотоники I»	Волновая и пучковая оптика. Фурье-оптика. Электромагнетизм. Формулы Френеля и направляемые моды. Поверхностные волны. Т-матрицы. Оптика резонаторов. Фотонные кристаллы.	2	0	0
Излучение диполей	Излучение диполей. Фактор Пёрселла.	2	4	0
Оптическая нелинейность	Основы оптической нелинейности.	2	4	0

Оптика полупроводников	Основы оптики полупроводников. Квазичастицы. Низкоразмерные структуры. Полупроводниковые устройства. Механизмы переноса энергии. Микроскопическая теория диэлектрической проницаемости. Двухуровневые системы и осцилляции Раби. Когерентные взаимодействия и Р-импульсы.	5	7	0
Квантовая оптика	Когерентность света. Конденсаты.	3	4	0
Современные вычислительные методы	Обзор современных вычислительных методов электродинамики. Фурье-модальный метод.	3	4	0
Всего контактных часов:		36		
Самостоятельная работа:		41		
Промежуточная аттестация		4		
Общее кол-во часов:		81		

6. Требования к результатам освоения дисциплины

Изучение дисциплины **“Основы фотоники II”** при подготовке магистров по направлению подготовки **12.04.03 Фотоника и Оптоинформатика** направлено на приобретение следующих компетенций:

ПК-1. Способен самостоятельно и (или) в составе исследовательской группы разрабатывать, исследовать и применять математические модели для качественного и количественного описания явлений и процессов и (или) разработки новых технических средств;
ПК-2. Способен ставить, формализовать и решать задачи, уметь системно анализировать научные проблемы, генерировать новые идеи и создавать новое знание;
ПК-3. Способен применять на практике умения и навыки в организации исследовательских и проектных работ, способен самостоятельно организовывать и проводить научные исследования и внедрять их результаты в качестве члена или руководителя малого коллектива.

Skoltech

7. Вид итоговой оценки

Экзамен

8. Структура оценки

Вид деятельности	**Относительный вклад в итоговую оценку за курс, %**
Домашние задания	50
Финальный экзамен	30
Активное участие в занятиях	20

1% = 1 балл

9. Система оценивания

A, отлично 86% и выше	Оцениваемая работа выполнена с отменным качеством и свидетельствует об отличных знаниях, глубоком понимании предмета, глубоких всесторонних познаниях и умелом применении концепций и/или учебных материалов. Все результаты обучения соответствуют высокому уровню
B, хорошо 76% - 85%	Работа выполнена в соответствии с высокими стандартами и свидетельствует о наличии всесторонних познаний и хорошем понимании предмета, умении использовать соответствующие концепции, а также об умении решать проблемы, возникающие в ходе изучения предмета работы. Большая часть результатов обучения соответствует высокому уровню
C, удовлетворительно 66% - 75%	Оцениваемая работа в целом выполнена на удовлетворительном уровне и свидетельствует об адекватных знаниях и достаточном понимании предмета, однако со значительными недостатками. Большая часть результатов

	обучения соответствует удовлетворительному уровню
D,посредственно 56% - 65%	Оцениваемая работа выполнена на слабом уровне и свидетельствует о крайне ограниченном понимании предмета, недостаточных знаниях и имеет существенные недостатки. Удовлетворительному уровню соответствует лишь малая часть результатов обучения.
E, крайне посредственно 46% - 55%	Минимально допустимый уровень успеваемости. Оцениваемая работа выполнена на очень слабом уровне, имеет серьезные недостатки и свидетельствует о весьма низком уровне знаний, понимания и/или умений и знакомства с предметом. Удовлетворительному уровню соответствует лишь очень малая часть результатов обучения (или таких результатов нет вообще)
F, неудовлетворительно 0% - 45%	Оцениваемая работа неприемлема и свидетельствует о практическом отсутствии знаний и понимания предмета работы. Удовлетворительному уровню не соответствуют никакие результаты обучения

10. Самостоятельная работа

Самостоятельная работа по дисциплине включает:

1. Решение теоретических задач по излучению диполей, оптической нелинейности, оптике полупроводников и квантовой оптике;
2. Разработку программных реализаций вычислительных задач электродинамики и нанофотоники в MATLAB;
3. Проработку моделей фотонных кристаллов, квазичастиц, низкоразмерных структур и двухуровневых систем;
4. Изучение рекомендуемой литературы и подготовку к письменному финальному экзамену.

Трудоемкость самостоятельной работы - 41 час.

Для самостоятельной работы студентам рекомендуется использовать следующие источники:

1. Bahaa E. A. Saleh, Malvin Carl Teich Fundamentals of Photonics, 2nd Edition 1200 pages April 2007 ISBN 978-0-471-35832-9 Sergio Fantini, Quantitative Biomedical Optics, Cambridge texts in biomedical engineering, Cambridge university press, 2016, 659 p;

Дополнительно методические указания по отдельным видам работ приведены в системе управления обучением “Canvas LMS”. Для доступа требуется персональный логин/пароль.

11. Фонд оценочных средств. Оценочные и методические материалы по дисциплине

Итоговая оценка формируется по результатам домашних заданий, письменного финального экзамена и активности на занятиях. Оценочные мероприятия ориентированы на применение современных теоретических и вычислительных методов к задачам нанофотоники, полупроводниковой и квантовой оптики.

11.1. Домашние задания

11.1.1. Оценочные материалы:

Домашние задания включают теоретические задачи по материалу курса и реализацию вычислительных моделей в MATLAB.

Пример задания 1: написать программу для расчета зонной диаграммы одномерного фотонного кристалла из чередующихся слоев заданной толщины и диэлектрической проницаемости методом разложения по плоским волнам, а затем построить распределение поля волны Блоха для нижней энергетической зоны при заданном волновом числе.

Пример задания 2: Как называется состояние света с квантовыми корреляциями между фотонами?

11.1.2. Методические рекомендации и критерии оценивания:

Общий вес домашних заданий составляет 50% итоговой оценки. Программная реализация должна принимать параметры структуры как входные данные и корректно строить зонную диаграмму и распределение поля. Баллы начисляются пропорционально числу выполненных частей задания и их сложности.

11.2. Финальный экзамен

11.2.1. Оценочные материалы:

Финальный экзамен проводится письменно в течение 4 часов и включает несколько теоретических задач по дополнительным разделам фотоники.

Пример задания 1: используя соотношения Крамерса–Кронига, определить действительную часть диэлектрической проницаемости по заданной модели ее мнимой части.

Пример задания 2: Как называется эффект самовоздействия света, возникающий из-за зависимости показателя преломления от интенсивности при распространении в нелинейной среде ?

11.2.2. Методические рекомендации:

Общий вес финального экзамена составляет 30% итоговой оценки. При оценивании учитываются корректность выбора физической модели, математических преобразований и получение обоснованного конечного результата.

11.3. Активное участие в занятиях

11.3.1.Оценочные материалы по решению задач:

Учитываются посещение занятий, постановка содержательных вопросов, ответы на вопросы преподавателей и участие в обсуждении теоретических и вычислительных задач.

Примеры заданий для обсуждения на занятиях:

1.	Какое(ие) уравнение (ия) является фундаментальной математической моделью электромагнитной оптики?
2.	Как называется электромагнитная волна, локализованная на границе раздела металл-диэлектрик?
3.	Как называется диапазон частот, в котором распространение света в фотонном кристалле запрещено?
4.	Как изменится вероятность нелинейных эффектов при увеличении интенсивности света? А) Не изменится Б) Увеличится В) Уменьшится
5.	Какой физический эффект приводит к генерации второй гармоники?
6.	Как изменится скорость спонтанного излучения при увеличении плотности фотонных состояний? А) Не изменится

Skoltech

	Б) Уменьшится В) Увеличится
7.	Как изменится ширина фотонной запрещенной зоны при увеличении контраста показателей преломления? А) Не изменится Б) Увеличится В) Уменьшится
8.	Как изменится вероятность квантового перехода при уменьшении дипольного момента? А) Не изменится Б) Увеличится В) Уменьшится
9.	Какой физический параметр необходимо анализировать при исследовании динамики релаксации возбужденного состояния? А) Интенсивность Б) Время жизни В) Длина волны
10.	Какая физическая теория используется для описания возникновения зонной структуры в полупроводниках?
11.	Как называется величина, через которую формально описываются потери в оптическом волокне?
12.	Как называется закон, используемый для формализации полного внутреннего отражения?
13.	Укажите правильную последовательность этапов формализации научной задачи в фотонике: А) Анализ решения Б) Определение параметров модели В) Формулировка физической проблемы Г) Выбор математического аппарата
14.	Как называется систематическое отклонение результата измерения от истинного значения?

	А) Фальсификация Б) Погрешность В) Систематическая ошибка
15.	Как называется способность научного результата сохранять корректность при изменении экспериментальных условий? А) Значимость Б) Погрешность В) Робастность
16.	Какой из следующих факторов чаще всего является источником научной новизны в фотонике? А) Изменение длины волны в пределах стандартного диапазона Б) Использование нового физического эффекта В) Уменьшение размеров корпуса Г) Повышение мощности лазера

11.3.2. Методические рекомендации и критерии оценивания:

Общий вес активности на занятиях составляет 20% итоговой оценки. Баллы начисляются за регулярный содержательный вклад в учебную работу. Требование по физическому присутствию составляет не менее 50% занятий.

Автономная некоммерческая образовательная организация высшего образования «Сколковский институт науки и технологий»

Утверждено

Директор образовательной программы

Дорожкин П.С.

Идентификатор документа, задачи / ID: 479406 v.1, 450401

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ПРОСТОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ /
The document is signed with a simple electronic signature

Директор образовательной программы / The Director of the program
Дорожкин Павел Сергеевич / Dorozhkin Pavel Sergeevich

Дата подписания / Date of signing 22.09.2026

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

“Фотоника: устройства и применения”

Направление подготовки 12.04.03 Фотоника и оптоинформатика

Квалификация “магистр”

Москва 2026

Skoltech

Название курса

Фотоника: устройства и применения

1. Аннотация

Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО: относится к модулю 1 "Наука, техника и технологии", обязательная часть. Четверть 2.

Язык дисциплины (модуля): английский.

Ведущий преподаватель: Дорожкин Павел Сергеевич

Со-преподаватели: Шипулин Аркадий Владимирович, Шерстов Иван Валерьевич, Шуб Виталий Элконович.

В рамках курса студенты знакомятся с современными устройствами на основе фотоники, а также их практическими применениями. Рассматриваются различные фотонные устройства, базирующиеся на передовых научных разработках и влияющие на образ современного мира высоких технологий.

Основной фокус изложения для каждого рассматриваемого устройства концентрируется на физических принципах работы, научных исследованиях и разработках, на базе которых было создано устройство, особенностях инженерной реализации, современных применениях и основных рынках, научно-технических задачах, требующих решения для дальнейшего развития.

Преимущественно рассматриваются оптические (фотонные) устройства из следующих областей:

- современные телекоммуникации - сети, оборудование, компоненты;
- квантовые коммуникации;
- фотонные интегральные схемы;
- оптические часы (для навигации, гравиметрии, телекоммуникаций);
- оптическая микроскопия сверхразрешения;
- оптическая спектроскопия (Раман, флуоресценция и др.);
- космические фотонные системы (оптическая связь, сенсорика и др.).

В частности, для каждого рассматриваемого фотонного устройства рассматриваются следующие его аспекты:

1. Оригинальная технология (научное открытие, изобретение), лежащая в основе создания устройства.

2. Обзор статей, описывающих развитие базовой(ых) технологии(ий).

3. Физические принципы реализации устройства на базе ключевой(ых) технологии(й).

4. Инженерная реализация устройства – оптическая схема, составные компоненты, используемые оригинальные технические решения и др.

5. Обзор ключевых патентов.

6. Область практических применений устройства. Описание того, как технические возможности и пределы возможных характеристик устройства определяют область и успешность его внедрения на реальных рынках.

7. Основные научно-технические и инженерные задачи, стоящие перед разработчиками следующих поколений устройства. Перспективы дальнейшего развития и расширения сферы применений (рынков).

В соответствии с локальными нормативными актами Сколковского института науки и технологий обучение проводится на английском языке.

2. Материально-техническое обеспечение

Лекционная часть занятий и семинары проходят в учебных аудиториях.

Аудитория на 70 человек для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации:

- специализированная мебель: 13 парт групповой рассадки студентов, 1 стол преподавателя, магнитно-маркерные доски

- технические средства обучения: моноблок, моторизированный проекционный экран, проектор на потолочном кронштейне, микрофоны беспроводной радиосистемы, сетевая камера, потолочные громкоговорители, дублирующий экран, ЖК-панель.

Для самостоятельной работы студенты могут использовать рабочее пространство библиотеки.

Перечень используемого ПО:

- MS Office;
- Antiplagiat.

Skoltech

3. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия

Для освоения курса студенты должны владеть базовыми знаниями и компетенциями по следующим дисциплинам: «Оптика», «Электричество», “Основы электродинамики”, “Основы квантовой механики”, ”Основы теории твердого тела”, “Основы физики полупроводников”.

4. Трудоёмкость

3 з.е. (1 з.е. это 27 астрономических часов)

5. Содержание курса

Л – лекции в часах
С – семинары в часах
П – практики в часах

Тема	Содержание	Л	С	П
Фотоника - обзор современных научных достижений	Основные научные открытия в области фотоники последних 20-30 лет, нобелевские премий в области оптики и фотоники: полупроводниковые гетероструктуры и лазеры; оптическая микроскопия сверхразрешения; флуоресцентные белки и квантовые точки; прецизионная атомная спектроскопия; оптическое манипулирование отдельными квантовыми объектами; оптическое волокно; CCD-матрица; запутанные фотонные состояния; синий фотодиод и др.	3	2	0
Оптическая микроскопия сверхразрешения 1	Микроскопия сверхразрешения с использованием “традиционной” оптики дальнего поля – основные принципы и подходы, практическая реализация. STED, STORM и PALM микроскопы.	3	2	0

Skoltech

Оптическая микроскопия сверхразрешения 2	Микроскопия сверхразрешения с использованием оптических зондов и оптического ближнего поля – основные принципы и подходы, практическая реализация. Зондово-усиленная микроскопия и спектроскопия комбинационного рассеяния (Tip Enhanced Raman Scattering, TERS); ближнепольная оптическая микроскопия (Scanning Near-field Optical Micriscopy, SNOM); инфракрасная микроскопия рассеяния (Infrared scattering SNOM) и др.	3	2	0
Оптические стандарты частоты 1	Оптические стандарты частоты и оптические часы. Устройства сетевой синхронизации.	3	2	0
Оптические стандарты частоты 2	Системы глобальной навигации и позиционирования. Локальная навигация, инерциальная навигация и др.	3	2	0
Оптические коммуникации 1	Математические и физические основы взаимодействия света и вещества, распространения электромагнитных волн, линейной и нелинейной оптики, оптических волноводов и оптического волокна и др.	3	2	0
Оптические коммуникации 2	Телекоммуникационные сети - общее описание, сервисные модели; фундаментальные принципы работы; физические и логические топологии; сетевые элементы.	3	2	0
Оптические коммуникации 3	Компоненты телекоммуникационных систем: пассивные и активные элементы, планарная оптика, генераторы, модуляторы, трансиверы, усилители, соединители, разветвители, мультиплексоры, фазовые решетки и др. Лазеры, оптоэлектроника, аналоговые и цифровые компоненты, фотонные интегральные схемы для телекоммуникационных применений.	3	2	0

Фотонные интегральные схемы	Основные материальные платформы для создания фотонных интегральных схем (ФИС). Основные ФИС элементы. Устройства на ФИС: оптические трансиверы, интеррогаторы, лидары, сенсоры, приемо-передающие модули квантовых коммуникаций.	3	2	0
Оптическая спектроскопия	Спектроскопия комбинационного рассеяния света. Инфракрасная спектроскопия. Флуоресцентная спектроскопия.	3	2	0
Квантовые коммуникации	Общие принципы. Основные протоколы. Атаки на техническую реализацию. Основные технические ограничения, связанные с фундаментальными принципами работы. Основные направления исследований и разработок.	3	2	0
Фотонные устройства для космических применений	Лазерная связь. Системы мульти- и гиперспектрального зондирования Земли. Радары с синтезированной апертурой на принципах микроволновой фотоники. Особенности архитектуры и протоколов оптических информационных сетей космического аппарата. Особенности конструирования оптических систем при использовании на борту низкоорбитального космического аппарата.	3	2	0
Всего контактных часов:		60		
Самостоятельная работа:		18		
Промежуточная аттестация		3		
Общее кол-во часов:		81		

6. Требования к результатам освоения дисциплины

Изучение дисциплины **“Фотоника: устройства и применения”** при подготовке магистров по направлению подготовки **12.04.03 Фотоника и Оптоинформатика** направлено на приобретение следующих компетенций:

ПК-1. Способен самостоятельно и (или) в составе исследовательской группы разрабатывать, исследовать и применять математические модели для качественного и количественного описания явлений и процессов и (или) разработки новых технических средств;

ПК-2. Способен ставить, формализовать и решать задачи, уметь системно анализировать научные проблемы, генерировать новые идеи и создавать новое знание;

ПК-3. Способен применять на практике умения и навыки в организации исследовательских и проектных работ, способен самостоятельно организовывать и проводить научные исследования и внедрять их результаты в качестве члена или руководителя малого коллектива.

7. Вид итоговой оценки

Дифференцированный зачет

8. Структура оценки

Вид деятельности	**Относительный вклад в итоговую оценку за курс, %**
Контрольные тесты / квизы	25
Финальный проект	50
Активное участие в занятиях	25

9. Система оценивания

Итоговая оценка за курс ставится по результатам выполнения всех видов деятельности из п.8, за сумму набранных баллов=процентов.

A, отлично 86% и выше	Оцениваемая работа выполнена с отменным качеством и свидетельствует об отличных знаниях, глубоком понимании предмета, глубоких всесторонних познаниях и умелом применении концепций и/или учебных материалов. Все результаты обучения соответствуют высокому уровню

B, хорошо 76% - 85%	Работа выполнена в соответствии с высокими стандартами и свидетельствует о наличии всесторонних познаний и хорошем понимании предмета, умении использовать соответствующие концепции, а также об умении решать проблемы, возникающие в ходе изучения предмета работы. Большая часть результатов обучения соответствует высокому уровню
C, удовлетворительно 66% - 75%	Оцениваемая работа в целом выполнена на удовлетворительном уровне и свидетельствует об адекватных знаниях и достаточном понимании предмета, однако со значительными недостатками. Большая часть результатов обучения соответствует удовлетворительному уровню
D,посредственно 56% - 65%	Оцениваемая работа выполнена на слабом уровне и свидетельствует о крайне ограниченном понимании предмета, недостаточных знаниях и имеет существенные недостатки. Удовлетворительному уровню соответствует лишь малая часть результатов обучения.
E, крайне посредственно 40% - 55%	Минимально допустимый уровень успеваемости. Оцениваемая работа выполнена на очень слабом уровне, имеет серьезные недостатки и свидетельствует о весьма низком уровне знаний, понимания и/или умений и знакомства с предметом. Удовлетворительному уровню соответствует лишь очень малая часть результатов обучения (или таких результатов нет вообще)
F, неудовлетворительно 0% - 39%	Оцениваемая работа неприемлема и свидетельствует о практическом отсутствии знаний и понимания предмета работы. Удовлетворительному уровню не соответствуют никакие результаты обучения

10. Самостоятельная работа

Самостоятельная работа по дисциплине включает:

1. Выполнение домашних заданий.
2. Подготовка к регулярным промежуточным контрольным тестам.
3. Изучение литературы.
4. Подготовка итоговой курсовой работы.

Трудоемкость самостоятельной работы - 18 часов.

Для самостоятельной работы студентам рекомендуется использовать следующие источники:

1. Photonic Devices, Jia-ming Liu, University of California, Los Angeles, 2010. ISBN: 9780511614255

2. Optics and Photonics, Essential Technologies for Our Nation National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. 2013. https://doi.org/10.17226/13491. ISBN: 978-0-309-26381-8

3. “Physics of Photonic Devices”, 2nd Edition, Shun Lien Chuang. Wiley. ISBN: 978-1-118-58565-8

Дополнительно методические указания по отдельным видам работ будут приведены в системе управления обучением Сколковского института науки и технологий “Canvas LMS”. Для доступа требуется персональный логин/пароль.

11. Фонд оценочных средств. Оценочные и методические материалы по дисциплине

Все задания для самостоятельной работы, включая варианты домашних заданий и экзаменационные вопросы, находятся в системе управления обучением “Canvas LMS”. Для доступа требуется персональный логин/пароль.

Ниже приведены примеры каждого задания и методические рекомендации по его выполнению и оценке.

11.1. Активное участие в занятиях

11.1.1. Оценочные материалы:

Активное участие в занятиях подразумевает вопросы к лектору и преподавателям, ведущим семинарские занятия, и ответы на вопросы лектора и преподавателей, ведущих семинарские занятия, участие в дискуссиях, активное участие в решении задач во время семинаров.

Пример заданий для обсуждения на занятиях:

Skoltech

1.	Имеется оптическое волокно с мощностью оптического излучения на входе 100 мВт, а на выходе – 10 мВт. Длина волокна – 50 км. Определите коэффициент затухания на единицу длины волокна. Ответ представьте в dB/км.
2.	Как называется тип электромагнитных волн, возникающих на границе раздела двух сред, экспоненциально затухающих по нормали к поверхности и используемых для субволновой локализации света?
3.	Какой фотонный компонент используется для переноса информации из электрического сигнала в оптическую несущую?
4.	Как называется физическая величина k, связанная с длиной волны соотношением $k=2\pi/\lambda$?
5.	Какова фазовая скорость электромагнитной волны в среде (n=1), для которой выполняется соотношение: ω=ck?
6.	Укажите правильную последовательность этапов формализации задачи анализа параметров волоконного лазера: А) Выбор физической модели (волновод, резонатор, активная среда и т.д.) и задание допущение и ограничений Б) Определение целевого параметра (спектр, мощность и т.д.) В) Анализ полученных параметров и ограничений.
7.	Какой физический эффект лежит в основе работы волоконных оптических изоляторов?
8.	Какой из перечисленных шагов относится к этапу формализации задачи, а не к этапу проектирования фотонной интегральной схемы? А) Топологическая трассировка волноводов Б) Выбор материальной платформы В) Формулировка целевого функционального параметра Г) Проведение функциональных измерений после изготовления

Skoltech

<table>
<tr><td>9.</td><td>Укажите правильную последовательность этапов перехода от идеи к образцу фотонной интегральной схемы:
А) Выбор элементов и схемотехническое моделирование
Б) Изготовление и тестирование
В) Топологическое проектирование
Г) Формулировка функции схемы</td></tr>
<tr><td>10.</td><td>Укажите правильную последовательность этапов формализации задачи создания атомных часов:
А) Выбор опорного квантового перехода
Б) Выбор метода детектирования и обратной связи
В) Определение требований к точности и стабильности</td></tr>
<tr><td>11.</td><td>Какой параметр используется для формализации качества передачи данных в цифровой оптической системе?</td></tr>
<tr><td>12.</td><td>Какой фундаментальный физический эффект используется в светочувствительных датчиках ПЗС для регистрации изображения?</td></tr>
<tr><td>13.</td><td>Какой физический механизм используется в STED-микроскопии для преодоления дифракционного предела?
А) Стимулированное истощение (depletion)
Б) Интерференция двух волн
В) Комптоновский эффект
Г) Нелинейное поглощение второго порядка</td></tr>
<tr><td>14.</td><td>Прочитайте задание и установите соответствие между архитектурой лазера и решаемой ею задачей.
<table><tr><td>Архитектура лазера</td><td>Задача</td></tr><tr><td>А) Волоконно-твердотельная архитектура</td><td>1) Повышение пиковой мощности</td></tr></table></td></tr>
</table>

<table>
<tr><td></td><td>
<table>
<tr><td>Б) Волоконный лазер и нелинейный кристалл</td><td>2) Генерация новых длин волн</td></tr>
<tr><td>В) Полностью волоконная архитектура</td><td>3) Максимизация надежности и стабильности</td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td>15.</td><td>Как называется фундаментальное ограничение пространственного разрешения классической оптики, преодоление которого стало источником научной новизны в нанооптике?</td></tr>
<tr><td>16.</td><td>Прочитайте задание и установите соответствие между источником новизны в работе и уровнем изменений:
<table>
<tr><td>Источник новизны</td><td>Тип новизны</td></tr>
<tr><td>А) Использование нелинейного эффекта</td><td>1) Инженерная новизна</td></tr>
<tr><td>Б) Оптимизация геометрии волновода</td><td>2) Физическая новизна</td></tr>
<tr><td>В) Введение новой архитектуры схемы</td><td>3) Архитектурная новизна</td></tr>
<tr><td>Г) Использование новой технологической платформы</td><td>4) Технологическая новизна</td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td>17.</td><td>Что произойдет с выходной оптической мощностью модулятора Маха-Цендера при фазовом сдвиге между плечами, равном π?</td></tr>
<tr><td>18.</td><td>Какое изменение в архитектуре фотонной интегральной схемы наиболее вероятно приведет к научной новизне, а не к инженерной оптимизации?
А) Уменьшение длины волновода
Б) Замена материала активного слоя
В) Оптимизация разводки контактов
Г) Оптимизация корпусировки</td></tr>
</table>

19.	Прочитайте задание и установите соответствие между ограничением и способом его преодоления:

Ограничение	Способ преодоления
А) Фазовый шум лазера	1) Усиление
Б) Дифракционный предел	2) Ближнепольные методы микроскопии
В) Потери в волноводе	3) Когерентные схемы

11.1.2. Методические рекомендации:

Общий вес активного участия в лекциях и семинарах составляет 25% от общей оценки.

Для того, чтобы получить 25% от общей оценки студент должен активно отвечать на вопросы лектора и преподавателей, ведущих семинарские занятия, активно участвовать в дискуссиях, в решении задач во время семинаров.

Если студент не проявляет активности на занятиях, то студент теряет 1,5%.

11.2. Контрольные тесты / квизы

11.2.1. Оценочные материалы:

За время курса студентам будет необходимо пройти около 10 контрольных тестов по результатам изученного материала по каждой пройденной теме курса. Каждый контрольный тест содержит 5-10 качественных или количественных вопросов, направленных на проверку освоения материала, понимание базовых физических принципов работы фотонных устройств, основ их инженерной реализации.

Примеры промежуточных контрольных тестов:

(1) Контрольный тест по теме “Квантовые коммуникации”

Skoltech

1. Объясните разницу между симметричной и ассиметричной квантовой криптографией.
2. Объясните кратко (схема + краткое пояснение) принцип работы протокола квантового распределения ключей BB84.
3. Запишите формулу, описывающую суперпозицию квантовой частицы в двух квантовых состояниях.
4. Запишите формулу, описывающую две квантовые частицы, находящиеся в запутанном квантовом состоянии.
5. Дайте определение понятия QBER (Quantum Bit Error Rate). Почему QBER в системе квантового распределения ключей может увеличиваться (назовите 2-3 причины)?
6. Перечислите свойства “идеального” однотонного источника, требуемого для наилучшей реализации протокола квантового распределения ключей BB84.
7. Перечислите основные технические ограничения существующих аппаратных реализаций систем квантового распределения ключей.

(2) Контрольный тест по теме “Оптические стандарты частоты”

1. Дайте определение секунды.
2. В чем разница в понятиях точности и стабильности - в применении к стандартам времени и частоты?
3. Какой тип импульсов используется в атомных часах на основе цезия?
4. Как связаны оптические и микроволновые частотные домены в современных оптических часах?
5. Каково фундаментальное ограничение системы лазерного охлаждения? Поясните причину ограничения.
6. Приведите преимущества и недостатки оптических часов на основе одиночного иона - с точки зрения практических применений.
7. Приведите преимущества и недостатки оптических часов на основе одиночного иона - с точки зрения практических применений.
8. Какой тип оптических часов более применим для космических применений? Почему?
9. Что такое GNSS (Global Navigation Satellite System)? Каковы принципы работы системы? Что определяет пределы ее точности в настоящий момент?
10. Перечислите основные существующие в мире GNSS системы, их точности, а также разницу между ними.

(3) Контрольный тест по теме “Фотоника - обзор современных научных достижений”

1. Нарисуйте энергетическую диаграмму и покажите на ней принцип работы полупроводникового лазерного диода.
2. Нарисуйте энергетическую диаграмму и покажите на ней принцип работы полупроводникового квантового каскадного лазера. Почему квантовые каскадные лазеры обычно не работают в видимом диапазоне спектра?
3. Что такое запутанные фотонные квантовые состояния? Запишите формулу, описывающую запутанное фотонное поляризационное состояние. Для каких практических применений и как может использоваться квантовая запутанность?
4. Нарисуйте схему и опишите принцип работы одномодового телекоммуникационного оптического волокна.
5. Нарисуйте схему и опишите принцип работы ПЗС (CCD) матрицы.
6. Каковы основные области применения флуоресцентных протеинов? Какие типичные длины волн излучения используемых на практике протеинов?

Нарисуйте схему и объясните принцип работы дисплея на квантовых точках. Какие основные потребительские преимущества дает использование квантовых точек и как это связано с их физическими свойствами?

11.2.2. Методические рекомендации:

Общий вес контрольных тестов, квизов составляет 25% от общей оценки.

За каждый правильный ответ выставляется 0,25 балла. За отсутствие ответа или неправильный ответ выставляется 0 баллов. За каждое домашнее задание выставляется максимум 2.5 балла - при правильном ответе на все вопросы.

11.3. Финальный проект

11.3.1. Оценочные материалы:

Для подготовки финального проекта студент выбирает и согласует с преподавателем прикладную технологию (направление) фотоники, лежащую в основе устройства (класса устройств). По указанной технологии в рамках проекта студент должен осветить следующие вопросы:

А. Принципы работы, базовые физические процессы и эффекты, лежащие в основе технологии.

Материал представляется на основе анализа научных публикаций в реферируемых журналах, а также профессиональной технической литературы

(инженерные журналы, технические материалы производителей - “white papers”, “application notes” и др.).

Б. Инженерная реализация. Обзор существующих устройств.

Принципиальные схемы устройств. Предельные технические параметры устройств и их зависимость от конкретной технической реализации, используемой технологии. Ключевые инженерные решения, приводящие к высоким функциональным параметрам устройств. Различные возможные технические реализации и их сравнение. Описание того, как технические возможности и пределы возможных характеристик устройства определяют область и успешность его внедрения на реальных рынках.

В. Патенты и публикации.

Ключевые патенты и публикации (выборочно). Наиболее интересные патентные формулы. Взаимосвязь патентов и публикаций (если имеется). История патентования и защиты интеллектуальной собственности.

Г. Практические применения

Ключевые области применения технологии. Ограничения, обусловленные физическими характеристиками технологии. Альтернативные технологии, которые могут быть использованы для тех же областей применений, сравнение.

Д. Перспективы развития

Основные научно-технические и инженерные задачи, стоящие перед разработчиками следующих поколений устройства. Перспективы дальнейшего развития и расширения сферы применений (рынков).

Также студентами предлагается (опционально, по желанию) осветить основные инновационные и коммерческие компоненты развития технологии и продуктов на ее основе.

- Обзор современных рынков применения выбранной технологии (в привязке к областям применения). История внедрения технологии - как особенности технологии, а также оригинальные технические решения позволили занять те или иные рынки, реализовав технические преимущества перед альтернативными подходами.

- История развития продукта (на основе выбранной технологии): первые прототипы, MVP (минимальный жизнеспособный продукт), первый и последующие версии серийных продуктов. Особенности технической /инженерной реализации, их преимущества и недостатки в сравнении друг с другом.

Skoltech

11.3.2. Методические рекомендации:

Общий вес итогового проекта по курсовой работе составляет 50% от общей оценки.

A, отлично 86% и выше	Оцениваемая работа выполнена с отменным качеством и свидетельствует об отличных знаниях, глубоком понимании предмета, глубоких всесторонних познаниях и умелом применении концепций и/или учебных материалов. Все результаты обучения соответствуют высокому уровню
B, хорошо 76% - 85%	Работа выполнена в соответствии с высокими стандартами и свидетельствует о наличии всесторонних познаний и хорошем понимании предмета, умении использовать соответствующие концепции, а также об умении решать проблемы, возникающие в ходе изучения предмета работы. Большая часть результатов обучения соответствует высокому уровню
C, удовлетворительно 66% - 75%	Оцениваемая работа в целом выполнена на удовлетворительном уровне и свидетельствует об адекватных знаниях и достаточном понимании предмета, однако со значительными недостатками. Большая часть результатов обучения соответствует удовлетворительному уровню
D,посредственно 56% - 65%	Оцениваемая работа выполнена на слабом уровне и свидетельствует о крайне ограниченном понимании предмета, недостаточных знаниях и имеет существенные недостатки. Удовлетворительному уровню соответствует лишь малая часть результатов обучения.
E, крайне посредственно 40% - 55%	Минимально допустимый уровень успеваемости. Оцениваемая работа выполнена на очень слабом уровне, имеет серьезные недостатки и свидетельствует о весьма низком уровне знаний, понимания и/или умений и знакомства с предметом. Удовлетворительному уровню соответствует лишь очень малая часть

	результатов обучения (или таких результатов нет вообще)
F, неудовлетворительно 0% - 39%	Оцениваемая работа неприемлема и свидетельствует о практическом отсутствии знаний и понимания предмета работы. Удовлетворительному уровню не соответствуют никакие результаты обучения

Автономная некоммерческая образовательная организация высшего образования «Сколковский институт науки и технологий»

Утверждено

Директор образовательной программы

Дорожкин П.С.

Идентификатор документа, задачи / ID: 479406 v.1, 450401

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ПРОСТОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ /
The document is signed with a simple electronic signature

Директор образовательной программы / The Director of the program
Дорожкин Павел Сергеевич / Dorozhkin Pavel Sergeevich

Дата подписания / Date of signing 22.09.2026

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

“Квантовая механика”

Направление подготовки 12.04.03 Фотоника и оптоинформатика

Квалификация “магистр”

Москва 2026

Skoltech

Название курса

Квантовая механика

1. Аннотация

Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО: относится к модулю 1 "Наука, техника и технологии" , элективная часть. Четверть 1В, первый год обучения.

Язык дисциплины (модуля): английский.

Ведущий преподаватель: Короткевич Александр Олегович

Предлагаемый курс является вводным и направлен на формирование у обучающихся базовых знаний в области квантовой механики. В курсе будут рассмотрены основные концепции квантовой механики. Он предназначен для как для тех, кто раньше изучал квантовую механику, так и для тех, кто раньше этого не делал. Цель курса не только в изложении основных принципов квантовой механики, но в понимании их посредством интенсивного решения задач, что является единственным рабочим способом изучения данного предмета. Курс будет охватывать основные темы, такие как одномерное движение, теория возмущений, теория рассеяния, приближенные методы в квантовой механике и формализм матрицы плотности. Домашние задания направлены на закрепление полученных навыков и применение полученных теоретических знаний.

В соответствии с локальными нормативными актами Сколковского института науки и технологий обучение проводится на английском языке.

2. Материально-техническое обеспечение

Лекционная часть занятий и семинары проходят в учебной аудитории.

Аудитория на 30 человек для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации:

- специализированная мебель: 16 парт парной рассадки студентов, 1 стол преподавателя, магнитно-маркерные доски

- технические средства обучения: моторизированный проекционный экран, проектор на потолочном кронштейне, микрофоны беспроводной радиосистемы, сетевая камера, потолочные громкоговорители, дублирующий экран, ЖК-панель.

Для самостоятельной работы студенты могут использовать рабочее пространство библиотеки.

Перечень используемого ПО:

- MS Office;
- Antiplagiat.

3. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия

Для освоения курса студенты должны владеть базовыми знаниями и компетенциями по следующим дисциплинам: общая физика, линейная алгебра, методы математического анализа, ТФКП и методы решения дифференциальных уравнений на уровне бакалавриата.

4. Трудоёмкость

3 з.е. (1 з.е. это 27 астрономических часов)

5. Содержание курса

Л – лекции в часах
П – практики в часах
С – семинары в часах

Тема	Содержание	Л	С	П
Основы квантовой механики	Операторы, волновая функция, принцип суперпозиции, собственные состояния, матричные элементы, эволюция во времени, уравнение Шрёдингера, частица в ящике.	2	3	0
Квантовая динамика в одномерии	Прямоугольная яма, дельта-потенциал, дискретные и непрерывный спектр, гармонический осциллятор (полиномы	2	3	0

	Эрмита и операторы рождения и уничтожения)			
Теория возмущений	Первый и второй порядки теории возмущений, Золотое правило Ферми	2	4	0
Теория рассеяния	Рассеяние в одномерии, Борновское приближение	3	4	0
Приближённые методы	Квазиклассическое приближение, туннелирование, адиабатическое приближение	3	4	0
Всего контактных часов:		30		
Самостоятельная работа:		50		
Промежуточная аттестация		1		
Общее кол-во часов:		81		

6. Требования к результатам освоения дисциплины

Изучение дисциплины **“Квантовая механика”** при подготовке магистров по направлению подготовки **12.04.03 Фотоника и Оптоинформатика** направлено на приобретение следующих компетенций:

ПК-1. Способен самостоятельно и (или) в составе исследовательской группы разрабатывать, исследовать и применять математические модели для качественного и количественного описания явлений и процессов и (или) разработки новых технических средств;

ПК-2. Способен ставить, формализовать и решать задачи, уметь системно анализировать научные проблемы, генерировать новые идеи и создавать новое знание.

7. Вид итоговой оценки

Экзамен в очной форме

8. Структура оценки

Вид деятельности	**Относительный вклад**

	в итоговую оценку за курс, %
Посещение занятий	15
Домашние задания	45
Финальный экзамен	40

9. Система оценивания

1 балл = 1%

A, отлично 86% и выше	Оцениваемая работа выполнена с отменным качеством и свидетельствует об отличных знаниях, глубоком понимании предмета, глубоких всесторонних познаниях и умелом применении концепций и/или учебных материалов. Все результаты обучения соответствуют высокому уровню
B, хорошо 76% - 85%	Работа выполнена в соответствии с высокими стандартами и свидетельствует о наличии всесторонних познаний и хорошем понимании предмета, умении использовать соответствующие концепции, а также об умении решать проблемы, возникающие в ходе изучения предмета работы. Большая часть результатов обучения соответствует высокому уровню
C, удовлетворительно 66% - 75%	Оцениваемая работа в целом выполнена на удовлетворительном уровне и свидетельствует об адекватных знаниях и достаточном понимании предмета, однако со значительными недостатками. Большая часть результатов обучения соответствует удовлетворительному уровню
D,посредственно 56% - 65%	Оцениваемая работа выполнена на слабом уровне и свидетельствует о крайне ограниченном понимании предмета, недостаточных знаниях и имеет существенные недостатки.

	Удовлетворительному уровню соответствует лишь малая часть результатов обучения.
E, крайне посредственно 40% - 55%	Минимально допустимый уровень успеваемости. Оцениваемая работа выполнена на очень слабом уровне, имеет серьезные недостатки и свидетельствует о весьма низком уровне знаний, понимания и/или умений и знакомства с предметом. Удовлетворительному уровню соответствует лишь очень малая часть результатов обучения (или таких результатов нет вообще)
F, неудовлетворительно 0% - 39%	Оцениваемая работа неприемлема и свидетельствует о практическом отсутствии знаний и понимания предмета работы. Удовлетворительному уровню не соответствуют никакие результаты обучения

10. Самостоятельная работа

Самостоятельная работа по дисциплине включает:

1. Выполнение домашних заданий;
2. Изучение литературы;
3. Подготовка к экзамену.

Трудоемкость самостоятельной работы - 50 часов.

Для самостоятельной работы студентам рекомендуется использовать следующие источники:

1. Л.Д. Ландау и Е.М. Лифшиц, Курс теоретической физики, том 3, «Квантовая механика: нерелятивистская теория», четвёртое издание, 1989. – 768 с. – ISBN 5020144215.

2. Р. Фейнман, М. Лейтон, Н. Сэндс, Фейнмановские лекции по физике, тома 8 и 9 «Квантовая механика», 2016. – ISBN 978-5-397-05863-6, 978-5-453-00145-3.

Дополнительно методические указания по отдельным видам работ приведены в системе управления обучением “Canvas LMS”. Для доступа требуется персональный логин/пароль.

11. Фонд оценочных средств. Оценочные и методические материалы по дисциплине

Все задания для самостоятельной работы, включая варианты домашних заданий, а также экзаменационные вопросы находятся в системе управления обучением “Canvas LMS”. Для доступа требуется персональный логин/пароль.

Ниже приведены примеры каждого задания и методические рекомендации по его выполнению

11.1. Посещение занятий

11.1.1. Оценочные материалы:

Обязательное посещение занятий.

11.1.2. Методические рекомендации по посещению занятий:

Общий вес посещения занятий составляет 15% или 15 баллов от общей оценки.

Посещение занятий обязательно.

Для оценки «Зачет» (т.е. 15 баллов) студент должен присутствовать на 70 % занятий.

Оценка «Незачет» (0 баллов) ставится если студент присутствовал на менее чем 70 % занятий.

11.2. Домашнее задание

Каждое домашнее задание включает несколько задач по пройденным темам.

11.2.1. Оценочные материалы по выполнению домашних заданий:

Примеры домашних заданий:

1. Одномерные задачи на потенциальные ямы.

Skoltech

Рассмотрите потенциал из двух дельта-функций, разделённых расстоянием L. Выведите уравнение энергии основного состояния и решите его (численно) для различных значений L. Найдите аналитически ответы в пределах малого и большого значений L. Выведите условие существования второго связанного состояния.
Критерии оценки: Уравнение на спектр выведено правильно: 1/3 Уравнение на спектр правильно решено численно: 1/3 Асимптотики получены и проанализированны правильно: 1/3

2. Задача на тему рассеяния в одномерии с использованием Борновского приближения.
Пусть потенциальная энергия частицы в одномерии описывается следующей функцией: $$V(x) = \lambda e^{-\alpha\|x\|}$$ где λ>0 и α>0 — параметры потенциала. Требуется найти амплитуду рассеяния и сечение рассеяния при низких энергиях в первом Борновском приближении.

11.2.2. Методические рекомендации по выполнению домашних заданий:

Общий вес домашних заданий составляет 45% или 45 баллов от общей оценки.

Для получения максимального количества баллов студент должен предоставить правильное решение задачи до обозначенного срока. Студент должен уметь объяснить решение.

При предоставлении домашней работы позже обозначенного срока, но не более одного дня задержки, оценка за работу не может превышать 90% от максимальной, даже при условии правильного решения задачи.

При предоставлении домашней работы позже обозначенного срока с задержкой более одного дня, работа не оценивается (0 очков).

Skoltech

11.3. Финальный экзамен

Финальный экзамен проводится в виде письменной контрольной работы.

11.3.1. Оценочные материалы по подготовке к финальному экзамену:

Примеры вопросов:

1. Используя правило квантования Бора-Зоммерфельда найдите количество связанных состояний в глубокой одномерной потенциальной яме заданной формы U(x).

Критерии оценки:

Правило квантования корректно сформулировано: 1/4

Количество связанных состояний правильно выведено и вычислено: 3/4.

Примеры дополнительных вопросов:

1.	Какой оператор соответствует полной энергии частицы в квантовой механике?
2.	Какое уравнение описывает временную эволюцию квантового состояния?
3.	Что означает собственное состояние оператора наблюдаемой величины? А) Состояние, в котором измерение данной величины дает определенное значение; Б) Состояние с минимальной энергией; В) Состояние с нулевой волновой функцией; Г) Состояние с непрерывным спектром.
4.	Какой физический эффект объясняет прохождение частицы через потенциальный барьер при энергии ниже высоты барьера?
5.	Для какой системы энергетический спектр имеет вид $E_n=\hbar\omega(n+1/2)$? А) Частица в бесконечной яме; Б) Свободная частица;

Skoltech

	В) Квантовый гармонический осциллятор; Г) Частица в дельта-потенциале.
6.	Вопрос Какой метод используется для приближенного описания квантовой системы при медленном изменении параметров гамильтониана?
7.	В каком случае обычно применяется теория возмущений? А) Когда гамильтониан невозможно разбить на известную часть и малую поправку; Б) Когда задача точно решается классически; В) Когда к точно решаемой системе добавляется малое возмущение; Г) Только для свободной частицы.
8.	Что описывает Золотое правило Ферми? А) Энергию основного состояния осциллятора; Б) Вероятность перехода между квантовыми состояниями под действием возмущения; В) Нормировку волновой функции; Г) Условие существования связанного состояния.
9.	Расположите шаги решения стационарной одномерной квантовой задачи в правильной последовательности. А) Наложить граничные условия; Б) Записать стационарное уравнение Шрёдингера; В) Найти допустимые собственные значения энергии; Г) Решить уравнение в заданных областях пространства.
10.	Как называется набор возможных значений физической величины, соответствующих собственным значениям оператора?
11.	Как называется состояние с дискретной энергией, локализованное в области действия притягивающего потенциала?

12.	Как называется приближение в теории рассеяния, в котором рассеянная волна рассчитывается в первом порядке по потенциалу взаимодействия?
13.	Как называется приближенный метод, применяемый в квантовой механике, когда длина волны де Бройля частицы медленно меняется на характерном масштабе потенциала?
14.	В какой ситуации применение первого порядка теории возмущений к энергии состояния может дать нулевую поправку, хотя возмущение физически присутствует? А) Если возмущение не зависит от времени; Б) Если диагональный матричный элемент возмущения для данного состояния равен нулю по симметрии; В) Если спектр системы дискретный; Г) Если волновая функция нормирована.
15.	При медленном изменении параметра гамильтониана система остается в соответствующем мгновенном собственном состоянии. Какой вывод является наиболее корректным? А) Система обязательно переходит в состояние с большей энергией; Б) Вероятность неадиабатических переходов мала; В) Энергия системы всегда сохраняется; Г) Волновая функция становится классической траекторией.

2. Рассчитайте собственные значения энергии и неопределенности координаты и импульса для одномерного квантового гармонического осциллятора. Используйте метод операторов рождения и уничтожения.

11.3.2. Методические рекомендации по выполнению финального экзамена:

Общий вес финального экзамена составляет 40% или 40 баллов от общей оценки.

А, отлично 35-40 баллов	Оцениваемая работа выполнена с отменным качеством и свидетельствует об отличных знаниях, глубоком понимании предмета, глубоких

	всесторонних познаниях и умелом применении концепций и/или учебных материалов. Все результаты обучения соответствуют высокому уровню
B, хорошо 30-34 балла	Работа выполнена в соответствии с высокими стандартами и свидетельствует о наличии всесторонних познаний и хорошем понимании предмета, умении использовать соответствующие концепции, а также об умении решать проблемы, возникающие в ходе изучения предмета работы. Большая часть результатов обучения соответствует высокому уровню
C, удовлетворительно 25-29 баллов	Оцениваемая работа в целом выполнена на удовлетворительном уровне и свидетельствует об адекватных знаниях и достаточном понимании предмета, однако со значительными недостатками. Большая часть результатов обучения соответствует удовлетворительному уровню
D,посредственно 20-24 балла	Оцениваемая работа выполнена на слабом уровне и свидетельствует о крайне ограниченном понимании предмета, недостаточных знаниях и имеет существенные недостатки. Удовлетворительному уровню соответствует лишь малая часть результатов обучения.
E, крайне посредственно 18-19 баллов	Минимально допустимый уровень успеваемости. Оцениваемая работа выполнена на очень слабом уровне, имеет серьезные недостатки и свидетельствует о весьма низком уровне знаний, понимания и/или умений и знакомства с предметом. Удовлетворительному уровню соответствует лишь очень малая часть результатов обучения (или таких результатов нет вообще)
F, неудовлетворительно 0-17 баллов	Оцениваемая работа неприемлема и свидетельствует о практическом отсутствии знаний и понимания предмета работы.

	Удовлетворительному уровню не соответствуют никакие результаты обучения

Автономная некоммерческая образовательная организация высшего образования «Сколковский институт науки и технологий»

Утверждено

Директор образовательной программы

Дорожкин П.С.

Идентификатор документа, задачи / ID: 479406 v.1, 450401

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ПРОСТОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ / The document is signed with a simple electronic signature

Директор образовательной программы / The Director of the program
Дорожкин Павел Сергеевич / Dorozhkin Pavel Sergeevich

Дата подписания / Date of signing 22.09.2026

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

“Введение в системы беспроводной связи”

Направление подготовки 12.04.03 Фотоника и оптоинформатика

Квалификация “магистр”

Москва 2026

Skoltech

Название курса
Введение в системы беспроводной связи

1. Аннотация

Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО: относится к модулю 1 "Наука, техника и технологии", элективная часть. Четверть 1В, первый год обучения.

Язык дисциплины (модуля): английский.

Ведущий преподаватель: Андреев Кирилл Владимирович

Предлагаемый курс описывает основные теоретические принципы построения и работы беспроводных сетей. В ходе курса будет дан обзор технологий беспроводной связи, основных телекоммуникационных протоколов и стандартов. Будут рассмотрены основные физические принципы и модели распространения сигнала.

Материалы курса включают в себя основные математические понятия и алгоритмы, используемые в современных системах цифровой беспроводной связи: синхронизация, аналого-цифровое и цифро-аналоговое преобразование, модуляция и помехоустойчивое кодирование. Материалы лекций включают в себя необходимые для дальнейшего анализа беспроводных систем связи математические понятия: элементы теории вероятности и случайных процессов, элементы линейной алгебры.

Курс состоит из лекций, практических лабораторных занятий, а также домашних заданий. Лабораторные занятия предполагают анализ простейших математических моделей беспроводных сетей и проведение численных экспериментов. Основной язык программирования - Python. Домашние задания включают в себя как проведение численных экспериментов и теоретический анализ простейших моделей систем связи.

Курс состоит из семи основных тем: 1) Протоколы беспроводных сетей: Модель OSI и поколения систем сотовой связи; 2) Преобразование Фурье; 3) Элементы теории вероятностей; 4) Дискретизация детерминированных и случайных сигналов; 5) Модели беспроводного канала; 6) Модуляция и демодуляция сигнала для различных моделей канала; 7) Элементы теории кодирования.

Основная цель курса - предоставить материал, необходимый для успешного изучения дальнейших курсов (Цифровая обработка сигналов, Теория информации и кодирования, Основы беспроводной связи), а также дать студентам возможность проводить исследования беспроводных сетей.

Skoltech

В соответствии с локальными нормативными актами Сколковского института науки и технологий обучение проводится на английском языке.

2. Материально-техническое обеспечение

Лекционная и семинарская часть занятий проходит в учебной аудитории.

Аудитория на 70 человек для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации:
- специализированная мебель: 13 парт групповой рассадки студентов, 1 стол преподавателя, магнитно-маркерные доски
- технические средства обучения: моноблок, моторизированный проекционный экран, проектор на потолочном кронштейне, микрофоны беспроводной радиосистемы, сетевая камера, потолочные громкоговорители, дублирующий экран, ЖК-панель.

Лабораторные занятия проходят в Лаборатории Проектного центра беспроводной связи и интернета вещей (помещение 3016-E-A5 и 3015-E-A5). Во время лабораторных работ будет использоваться следующее оборудование:
- Серверная платформа SuperMicro SYS-6028R-T;
- Сервер PowerEdge R740XD Server.

Для самостоятельной работы студенты могут использовать рабочее пространство библиотеки.

В аудитории и в библиотеке студенты имеют свободный доступ подключения к сети Интернет.

Перечень ПО, используемого на курсе:

- MS Office
- Scilab
- MATLAB

3. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия

Для освоения курса студенты должны владеть базовыми знаниями математического анализа, теории вероятностей и линейной алгебры, а также иметь начальные навыки программирования.

4. Трудоёмкость

3 з.е. (1 з.е. это 27 астрономических часов)

5. Содержание курса

Л – лекции в часах
С – семинары в часах
П – практики (лабораторные занятия) в часах

Тема	Содержание	Л	С	П
Протоколы беспроводной сети	Стек протоколов.Эталонная модель OSI. Простейшая беспроводная связь «точка-точка». Содержание курса.	2	0	0
Преобразование Фурье	Непрерывное преобразование Фурье (CTFT), формула суммирования Пуассона, дискретное преобразование Фурье (DFT). Связь между CTFT и DFT.	2	1	1
Элементы теории вероятностей	Непрерывные случайные величины. Многомерное нормальное распределение. Шумы в системах связи. Случайные процессы. Спектр случайных процессов.	2	1	1
Выборка сигнала	Выборка детерминированных и случайных сигналов. Базовый сигнал. Теоремы выборки Найквиста. Модель канала белого гауссовского шума с дискретным временем.	2	1	1
Модель беспроводного канала	Крупномасштабное и мелкомасштабное замирание. Допплеровское распространение. Основы оценки канала.	1	0	1
Модуляции для узкополосного канала	Когерентное и некогерентное обнаружение. Двоичная фазовая манипуляция. Квадратурная амплитудная модуляция. Коэффициент ошибок	2	1	2

	по битам и символам. Разнообразие в беспроводной связи.			
Элементы теории кодирования	Концепции теории информации: энтропия и взаимная информация. Надежная связь. Пропускная способность канала. Блок-коды	2	1	1
Всего контактных часов:		**25 часов**		
Самостоятельная работа:		**53 часа**		
Промежуточная аттестация:		**3 часа**		
Общее кол-во часов:		**81 час**		

6. Требования к результатам освоения дисциплины

Изучение дисциплины **“Введение в системы беспроводной связи”** при подготовке магистров по направлению подготовки **12.04.03 Фотоника и оптоинформатика** направлено на приобретение следующих компетенций:

ПК-1. Способен самостоятельно и (или) в составе исследовательской группы разрабатывать, исследовать и применять математические модели для качественного и количественного описания явлений и процессов и (или) разработки новых технических средств;

ПК-2. Способен ставить, формализовать и решать задачи, уметь системно анализировать научные проблемы, генерировать новые идеи и создавать новое знание;

7. Вид итоговой оценки

Экзамен

8. Структура оценки

Вид деятельности	**Относительный вклад в итоговую оценку за курс, %**

Домашние задания	30
Компьютерные лабораторные работы	40
Финальный экзамен	30

1% = 1 балл

9. Система оценивания

A, отлично 86% и выше	Оцениваемая работа выполнена с отменным качеством и свидетельствует об отличных знаниях, глубоком понимании предмета, глубоких всесторонних познаниях и умелом применении концепций и/или учебных материалов. Все результаты обучения соответствуют высокому уровню
B, хорошо 76% - 85%	Работа выполнена в соответствии с высокими стандартами и свидетельствует о наличии всесторонних познаний и хорошем понимании предмета, умении использовать соответствующие концепции, а также об умении решать проблемы, возникающие в ходе изучения предмета работы. Большая часть результатов обучения соответствует высокому уровню
C, удовлетворительно 66% - 75%	Оцениваемая работа в целом выполнена на удовлетворительном уровне и свидетельствует об адекватных знаниях и достаточном понимании предмета, однако со значительными недостатками. Большая часть результатов обучения соответствует удовлетворительному уровню
D,посредственно 56% - 65%	Оцениваемая работа выполнена на слабом уровне и свидетельствует о крайне ограниченном понимании предмета, недостаточных знаниях и имеет существенные недостатки. Удовлетворительному уровню соответствует лишь малая часть результатов обучения.
E, крайне посредственно	Минимально допустимый уровень успеваемости. Оцениваемая работа выполнена на очень слабом

46% - 55%	уровне, имеет серьезные недостатки и свидетельствует о весьма низком уровне знаний, понимания и/или умений и знакомства с предметом. Удовлетворительному уровню соответствует лишь очень малая часть результатов обучения (или таких результатов нет вообще)
F, неудовлетворительно 0% - 45%	Оцениваемая работа неприемлема и свидетельствует о практическом отсутствии знаний и понимания предмета работы. Удовлетворительному уровню не соответствуют никакие результаты обучения

10. Самостоятельная работа

Самостоятельная работа по дисциплине включает:

1. Выполнение домашних заданий, включающих доказательство отдельных утверждений курса, теоретический анализ и численное моделирование систем беспроводной связи;
2. Подготовку и выполнение компьютерных лабораторных работ, анализ численных результатов, подготовку кратких отчетов и исходного кода;
3. Подготовку к семинарским занятиям и самостоятельное решение задач по преобразованию Фурье, теории вероятностей, дискретизации, моделям канала, модуляции и кодированию;
4. Подготовку к письменному финальному экзамену;
5. Изучение основной и дополнительной литературы по тематике курса.

Трудоемкость самостоятельной работы - 53 часа.

Для самостоятельной работы студентам рекомендуется использовать следующие источники:

1. D. Tse, P. Viswanath, "Fundamentals of wireless communication", Cambridge University Press, 2005, ISBN: 9780521845274;
2. S. Sesia, I. Toufik, M. Baker, "LTE - The UMTS Long Term Evolution: From Theory to Practice", 2nd Edition, ISBN: 9780470660256;
3. A. Goldsmith, "Wireless communications", Cambridge University Press, 2005, ISBN: 9780521837163.

4. David Tse and Pramod Viswanath. 2005. Fundamentals of wireless communication. Cambridge University Press, USA., ISBN: 9780511807213.

11. Фонд оценочных средств. Оценочные и методические материалы по дисциплине

Итоговая оценка формируется по результатам домашних заданий, компьютерных лабораторных работ и письменного финального экзамена. Домашние задания и лабораторные работы направлены на проверку способности студентов применять математические модели и алгоритмы беспроводной связи, сопоставлять теоретические результаты с численным экспериментом и обеспечивать воспроизводимость расчетов.

11.1. Домашние задания

11.1.1. Оценочные материалы:

Домашние задания могут включать следующие типы задач:

1. доказательство отдельных теорем, лемм и утверждений, рассматриваемых в лекционном курсе;

2. теоретический анализ моделей сигналов и беспроводных каналов;

3. численное моделирование различных методов передачи и приема сигнала с последующей проверкой теоретических зависимостей;

4. сравнительный анализ характеристик алгоритмов модуляции, демодуляции, оценивания канала и помехоустойчивого кодирования.

11.1.2. Методические рекомендации и критерии оценивания:

Общий вес домашних заданий составляет 30% от итоговой оценки, то есть 30 баллов. В исходной системе курса каждое домашнее задание оценивается максимум в 10 баллов. Студент предоставляет исходный код расчетов и краткий отчет в формате PDF с описанием постановки задачи, используемой модели, полученных результатов и выводов. Численные результаты, приведенные в отчете, должны воспроизводиться при запуске предоставленного кода.

При оценивании учитываются корректность математических выводов и алгоритмов, правильность реализации численной модели, физическая интерпретация результатов, качество визуализации и воспроизводимость расчетов.

11.2. Компьютерные лабораторные работы

Skoltech

11.2.1. Оценочные материалы:

Лабораторные занятия включают выполнение численных экспериментов и реализацию алгоритмов, иллюстрирующих материалы лекционного курса. Примеры лабораторных заданий:

1. численно проверить теорему дискретизации Найквиста и исследовать искажения, возникающие при недостаточной частоте дискретизации;

2. реализовать модель доплеровского расширения беспроводного канала и численно оценить его автокорреляционную функцию

3. реализация модели канала с Доплеровским рассеянием без частотной селективности. Исследование алгоритмов оценки канала на основе разработанной модели.

После каждой лабораторной работы студент предоставляет краткий отчет с результатами моделирования и исходный код, воспроизводящий приведенные результаты.

Пример лабораторной работы “Анализ модели многолучевого канала с Доплеровским рассеянием”:

Цель работы:

Реализация модели канала с Доплеровским рассеянием без частотной селективности.

Исследование алгоритмов оценки канала на основе разработанной модели.

Теоретическое введение

В этом разделе студентам рекомендуется провести анализ следующих вопросов:

1. Возникновение Доплеровского рассеяния: описание, возникновение.
2. Интерференция сигналов .
3. Автокорреляционные функции.
4. Экстраполяция канала.

Оборудование

— Персональный компьютер (ноутбук) с установленной средой разработки на языке Python (>3.8).

Выполнение работы

- Реализовать на языке Python модель Джейкса в предположении отсутствия линии прямой видимости и средней энергии принимаемого сигнала, равной единице.
- Убедиться, что для небольшого количества моделируемых путей распространения сигнала (до 10), автокорреляционная функция коэффициента ослабления сигнала в канале достаточно точно приближается функцией Бесселя.
- Реализовать алгоритмы оценки состояния канала. Убедиться, что точность оценки будет снижаться с ростом интервала времени с момента последнего наблюдения.

- Провести анализ точности измерений и вычислений.
- Отчет по выполненной работе, включая исходные данные, анализ результатов и выводы, должен быть загружен в LMS Canvas.

Экспериментальные результаты

- таблицы: оценка частоты Доплера по принятым опорным сигналам для различных параметров модели Джейкса;
- графики: зависимость точности оценки канала от отношения сигнал-шум в беспроводном канале;
- описание: качественная оценка влияния доплеровского рассеяния на автокорреляционную функцию, качественное влияние наличия линии прямой видимости на доплеровское рассеяние;
- расчеты: численная оценка изменения автокорреляционной функции с уменьшением диапазона возможных углов прихода сигнала;
- отчет по выполненной работе.

Выводы

Выводы по проделанной работе должны быть основаны на анализе полученных экспериментальных результатов и их сопоставлении с сформулированными в начале работы целью и задачами.

Контрольные вопросы

1. Как эффект Доплера влияет на принимаемый сигнал в условиях многолучевого распространения?

2. Что представляет собой автокорреляционная функция и какое значение она имеет при оценке состояния канала?

3. Почему важно учитывать доплеровское рассеяние при проектировании беспроводных систем?

Примеры дополнительных вопросов:

Skoltech

1.	Синусоидальный сигнал анализируется с помощью дискретного преобразования Фурье. Частота сигнала не совпадает ни с одной частотой спектральных отсчётов преобразования. Какой эффект наиболее вероятно будет наблюдаться? А) Энергия сигнала распределится между несколькими соседними спектральными отсчётами; Б) Частота автоматически округлится до ближайшего спектрального отсчёта без изменения спектра; В) Сигнал полностью исчезнет из дискретного спектра; Г) Возникнет только постоянная составляющая.
2.	В системе с прямым детектированием используется двоичная модуляция по интенсивности. Коэффициент экстинкции передатчика составляет 10 дБ, то есть оптическая мощность логической «1» в десять раз превышает мощность логического «0». Чувствительность фотодиода составляет 0,8 А/Вт. Среднеквадратичный шум тока составляет 6 мкА как для логической «1», так и для логического «0». Для обеспечения требуемой BER необходимо получить добротность сигнала Q=6. Определите минимальную среднюю принимаемую оптическую мощность, предполагая равную вероятность передачи нулей и единиц. Ответ выразите в мкВт.
3.	Полоса системы связи равна 20 МГц, а отношение сигнал/шум составляет 10 дБ. Используя формулу Шеннона, оцените теоретическую пропускную способность канала. Ответ выразите в Мбит/с.
4.	В оптической линии используется код Рида—Соломона RS(255,239) над 8-битными символами. Код способен исправлять до 8 ошибочных символов в одном кодовом слове. Из-за кратковременного глубокого ухудшения канала возникает пакет из 40 последовательно ошибочных байтов. Перед FEC используется идеальный блочный перемежитель, который равномерно распределяет последовательные ошибочные байты между несколькими кодовыми словами.

	Определите минимальную глубину перемежения, при которой в каждом кодовом слове окажется не более 8 ошибочных символов.
5.	Двоичный блочный FEC-код имеет длину кодового слова 255 бит и гарантированно исправляет до 3 ошибочных битов в одном кодовом слове. До декодирования вероятность ошибки каждого бита составляет 10^-3. Ошибки считать статистически независимыми. Определите вероятность того, что в одном кодовом слове возникнет более трех ошибок и декодер не сможет гарантированно исправить принятое слово. Ответ запишите в виде множителя перед 10^-4.
6.	Линейный блочный код имеет минимальное кодовое расстояние dmin=5. Какое максимальное число ошибочных битов в кодовом слове такой код способен гарантированно исправить?
7.	Когерентная оптическая система использует двухполяризационную 16-QAM со скоростью символов 64 ГБод. Из всех передаваемых символов 2% используются в качестве пилотных и не несут пользовательских данных. Для коррекции ошибок применяется FEC с кодовой скоростью 5/6. Определите полезную информационную скорость передачи данных. Ответ запишите в Гбит/с.
8.	После цифровой обработки когерентного сигнала 16-QAM измеренное среднеквадратичное значение ошибки вектора модуляции (EVM) составляет 12%. Предполагая, что все искажения обусловлены аддитивным гауссовским шумом, оцените отношение сигнал/шум. Ответ выразите в дБ.
9.	Модель цифровой линии связи в канале с аддитивным белым гауссовским шумом практически идеально совпадает с теоретической зависимостью вероятности битовой ошибки от отношения сигнал/шум. При испытании той же системы в мобильном радиоканале вероятность ошибки значительно выше, хотя среднее отношение сигнал/шум такое же. Какое дополнение модели наиболее принципиально? А) Увеличение частоты дискретизации;

	Б) Случайные замирания амплитуды и фазы канала; В) Увеличение разрядности цифро-аналогового преобразователя; Г) Только изменение скорости кодирования.
10.	Две беспроводные системы имеют одинаковое среднее отношение сигнал/шум 15 дБ. В первой оно практически постоянно, а во второй быстро флуктуирует из-за глубоких замираний. Будет ли их качество связи обязательно одинаковым? А) Да, поскольку среднее отношение сигнал/шум одинаково; Б) Да, если используется одинаковая несущая частота; В) Нет: система с замираниями может иметь существенно большую вероятность отказа и ошибки, несмотря на одинаковое среднее отношение сигнал/шум; Г) Нет, но только из-за различия частоты дискретизации.
11.	Символьная скорость системы постепенно увеличивается. При низкой скорости канал хорошо описывается одной комплексной передаточной характеристикой, однако при высокой скорости внутри одного символа начинают приходить несколько существенно задержанных копий сигнала. Как изменилась физическая модель канала? А) Канал перешёл от частотно-неселективного к частотно-селективному режиму; Б) Канал перешёл из гауссовского в пуассоновский; В) Доплеровское расширение обязательно стало равно нулю; Г) Канал стал безошибочным вследствие роста символьной скорости.
12.	В мобильной системе когерентный приём дает хуже ожидаемую вероятность ошибки, тогда как некогерентный алгоритм оказывается устойчивее. Какое объяснение наиболее правдоподобно? А) Ошибка оценки быстро изменяющейся фазы канала ухудшает работу когерентного приёмника; Б) Некогерентный приём всегда теоретически лучше когерентного; В) Когерентная демодуляция не используется в цифровых системах связи; Г) В мобильном канале отсутствует шум.

13.	Как называется перестановка последовательности передаваемых кодовых символов, используемая для превращения пакетных ошибок канала в более распределенные во времени ошибки?
14.	Приемник использует точную статистическую модель канала, но передатчик не знает текущую реализацию замираний. Исследователь предлагает передавать каждый раз с максимально возможной скоростью, рассчитанной для среднего состояния канала. В чем риск такого подхода? А) В неблагоприятных реализациях мгновенный канал может не поддерживать выбранную скорость, несмотря на приемлемое среднее качество; Б) Среднее состояние канала всегда является худшим состоянием; В) Неизвестность канала передатчику влияет только на несущую частоту; Г) Приемник автоматически увеличивает физическую пропускную способность канала.
15.	После введения более мощного помехоустойчивого кода вероятность ошибки заметно уменьшилась, но полезная скорость передачи информации также снизилась. Почему нельзя оценивать новый код только по вероятности ошибки? А) Необходимо учитывать избыточность кодирования и фактическую полезную скорость передачи при заданных ресурсах канала; Б) Вероятность ошибки не имеет отношения к качеству системы связи; В) Все коды с меньшей вероятностью ошибки имеют одинаковую спектральную эффективность; Г) Кодирование влияет только на задержку, но не на скорость передачи.

11.2.2. Методические рекомендации и критерии оценивания:

Общий вес компьютерных лабораторных работ составляет 40% от итоговой оценки, то есть 40 баллов. При оценивании лабораторных работ учитываются следующие критерии:

Критерий	**Доля баллов за лабораторный блок, %**

Корректность реализации алгоритмов и численной модели	50
Корректность анализа и физической интерпретации результатов	25
Воспроизводимость результатов по предоставленному исходному коду	15
Качество краткого отчета, графиков и оформления	10

11.3. Финальный экзамен

11.3.1. Оценочные материалы:

Финальный экзамен проводится в письменной форме и включает два теоретических вопроса и одну численную задачу. Примерный перечень тем и вопросов:

1. Архитектура стека протоколов и роль эталонной модели взаимодействия открытых систем в описании беспроводной сети.

2. Непрерывное и дискретное преобразования Фурье; связь временного и частотного представления сигнала.

3. Случайные величины и случайные процессы в моделях систем связи; спектральные характеристики шума.

4. Дискретизация детерминированных и случайных сигналов; физический смысл теоремы Найквиста.

5. Дискретная модель канала с аддитивным белым гауссовским шумом и границы ее применимости.

6. Крупномасштабные и мелкомасштабные замирания в беспроводном канале.

7. Доплеровское расширение и его влияние на характеристики временно изменяющегося канала.

8. Основы оценивания беспроводного канала и влияние ошибок оценивания на демодуляцию.

9. Когерентное и некогерентное обнаружение сигналов.

10. Двоичная фазовая манипуляция и квадратурная амплитудная модуляция; вероятность битовой и символьной ошибки.

11. Разнесенный прием и его влияние на надежность передачи в каналах с замираниями.

12. Энтропия, взаимная информация, пропускная способность канала и надежная передача информации.

13. Основные принципы блочного помехоустойчивого кодирования.

Численная задача может быть посвящена дискретизации и спектральному анализу сигнала, параметрам беспроводного канала, характеристикам модуляции или элементам теории информации.

11.3.2. Методические рекомендации и критерии оценивания:

Общий вес финального экзамена составляет 30% от итоговой оценки. В исходной системе оценивания каждое из трех экзаменационных заданий оценивается в 3 первичных балла (9 баллов суммарно), после чего результат нормируется к весу экзамена в итоговой оценке курса. Для численной задачи максимальный балл выставляется при получении корректного ответа и корректном ходе решения. Для теоретических вопросов требуется полный, логически последовательный и научно корректный ответ, демонстрирующий понимание используемых моделей и границ их применимости.

11.4. Требования к посещаемости

Требование по физическому присутствию на занятиях составляет не менее 80%. Пропуски допускаются при наличии уважительной причины и соответствующего подтверждения. Посещаемость не выделена в отдельный компонент итоговой оценки, однако необходима для полноценного выполнения очных лабораторных и семинарских заданий.

Автономная некоммерческая образовательная организация высшего образования «Сколковский институт науки и технологий»

Утверждено

Директор образовательной программы

Дорожкин П.С.

Идентификатор документа, задачи / ID: 479406 v.1, 450401

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ПРОСТОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ /
The document is signed with a simple electronic signature

Директор образовательной программы / The Director of the program
Дорожкин Павел Сергеевич / Dorozhkin Pavel Sergeevich

Дата подписания / Date of signing 22.09.2026

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

“Прикладная физика биомиметическиих структур”

Направление подготовки 12.04.03 Фотоника и оптоинформатика

Квалификация “магистр”

Москва 2026

Skoltech

Название курса
Прикладная физика биомиметических структур

1. Аннотация

Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО: относится к модулю 1 "Наука, техника и технологии", элективная часть. Четверть 2, первый год обучения.

Язык дисциплины (модуля): английский.

Ведущий преподаватель: Цветинович Юлияна

Со-преподаватели: Горин Дмитрий Александрович

Курс исследует фундаментальные принципы физики с точки зрения биомиметики, сосредотачиваясь на том, как биологические структуры и процессы могут вдохновлять на создание инновационных решений в области материаловедения, фотоники, энергетических систем, робототехники и других направлений. Предназначенный для магистрантов и аспирантов, курс предлагает междисциплинарный подход, объединяющий физику и биологию, и побуждает студентов анализировать природные системы и применять физические принципы для проектирования устойчивых технологий. Основные темы охватывают механику биологических структур, терморегуляцию, биофотонику, электродинамику в сенсорных системах, умные интерфейсы и процессы преобразования энергии, моделируемые по аналогии с природными механизмами. В рамках интерактивного обучения студенты будут осваивать теорию через лекции и экспресс-тесты, применять изученные концепции в лабораторных экспериментах и совместном решении задач, анализировать примеры существующих биомиметических разработок и работать в командах над созданием функциональных прототипов, вдохновлённых природой. Оценивание включает финальный проект, лабораторные отчёты, презентацию кейс-исследования, участие в занятиях и рецензирование работ других студентов, а также оценки через тесты и обучающие игры. Объединяя теоретическое понимание с практическим творчеством и совместной работой, курс готовит студентов к тому, чтобы стать учёными, инженерами и инноваторами, черпающими вдохновение в природе для решения технологических задач.

В соответствии с локальными нормативными актами Сколковского института науки и технологий обучение проводится на английском языке.

2. Материально-техническое обеспечение

Лекционная часть занятий проходит в учебной аудитории.

Аудитория на 12 человек для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповой проектной работы, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации:

- специализированная мебель для индивидуальной и групповой работы студентов, стол преподавателя, доска;
- технические средства обучения: проекционный экран, проектор, средства аудио- и видеосвязи.

Лабораторные занятия проходят в Лаборатории Биофотоники. В ходе лабораторной части могут использоваться:

- стандартное лабораторное оборудование;
- оптоакустический мезоскоп растрового сканирования RSOM Explorer P50;
- установка для измерения контактного угла;
- система флуоресцентной визуализации in vivo IVIS Spectrum CT.

Перечень используемого ПО:

- MS Office;
- Antiplagiat.

3. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия

Для освоения курса рекомендуется владеть базовыми знаниями по общей физике и биологии. Дополнительным преимуществом являются базовые знания механики, термодинамики, оптики и материаловедения.

4. Трудоёмкость

3 з.е. (1 з.е. это 27 астрономических часов)

5. Содержание курса

Л – лекции в часах
С – семинары в часах
П – практики (лабораторные занятия) в часах

Skoltech

Тема	Содержание	Л	С	П
Введение в биомиметику и механику	Обзор биомиметики. Основные физические принципы в биологических системах. Введение в механику биологических структур. Механика несущих природных структур. Динамика жидкостей в природе: кровоток, транспорт жидкостей в растениях и биологические аналоги инженерных систем.	4	2	0
Термодинамика и тепловые явления в биологических системах	Основные понятия термодинамики применительно к биологическим системам. Энергетическая эффективность и управление энергией. Терморегуляция у животных и человека. Теплопроводность в биологических тканях.	3	2	0
Оптика в природе	Природные оптические явления и их биомиметические приложения. Структурная окраска и камуфляж. Взаимодействие света с веществом в биологических системах.	3	2	3
Электродинамика, сенсорика и навигация в природе	Биоэлектрические и биомагнитные явления. Природные механизмы восприятия и навигации. Применение природных принципов в сенсорных технологиях.	2	2	0
Материаловедение и биомиметические интерфейсы	Биоматериалы, включая паучий шелк и костную ткань, и их инженерные приложения. Поверхностная энергия, адгезия, самоочищающиеся материалы и функциональные интерфейсы.	3	2	3
Системы преобразования энергии, вдохновленные природой	Биологические механизмы преобразования энергии, включая фотосинтез. Применение природных принципов в солнечной энергетике и других энергетических технологиях.	2	2	0
Интеллектуальные структуры и биоинспирированная робототехника	Биологическое движение и адаптивное поведение как модели для робототехники и искусственного интеллекта. Принципы проектирования биоинспирированных интеллектуальных систем.	2	3	0
Всего контактных часов:		40		

Самостоятельная работа:	38
Промежуточная аттестация	3
Общее кол-во часов:	81

6. Требования к результатам освоения дисциплины

Изучение дисциплины **“Прикладная физика биомиметических структур”** при подготовке магистров по направлению подготовки **12.04.03 Фотоника и оптоинформатика** направлено на приобретение следующих компетенций:

ПК-1. Способен самостоятельно и (или) в составе исследовательской группы разрабатывать, исследовать и применять математические модели для качественного и количественного описания явлений и процессов и (или) разработки новых технических средств;

ПК-3. Способен применять на практике умения и навыки в организации исследовательских и проектных работ, способен самостоятельно организовывать и проводить научные исследования и внедрять их результаты в качестве члена или руководителя малого коллектива.

7. Вид итоговой оценки

Экзамен (по результатам выполнения текущих заданий и финального проекта)

8. Структура оценки

Вид деятельности	**Относительный вклад в итоговую оценку за курс, %**
Финальный проект	40
Отчеты по лабораторным работам	30
Анализ биомиметического кейса	10
Активное участие в занятиях	10

Тесты / опросы	10

9. Система оценивания

A, отлично 86% и выше	Оцениваемая работа выполнена с отменным качеством и свидетельствует об отличных знаниях, глубоком понимании предмета, глубоких всесторонних познаниях и умелом применении концепций и/или учебных материалов. Все результаты обучения соответствуют высокому уровню
B, хорошо 76% - 85%	Работа выполнена в соответствии с высокими стандартами и свидетельствует о наличии всесторонних познаний и хорошем понимании предмета, умении использовать соответствующие концепции, а также об умении решать проблемы, возникающие в ходе изучения предмета работы. Большая часть результатов обучения соответствует высокому уровню
C, удовлетворительно 66% - 75%	Оцениваемая работа в целом выполнена на удовлетворительном уровне и свидетельствует об адекватных знаниях и достаточном понимании предмета, однако со значительными недостатками. Большая часть результатов обучения соответствует удовлетворительному уровню
D,посредственно 56% - 65%	Оцениваемая работа выполнена на слабом уровне и свидетельствует о крайне ограниченном понимании предмета, недостаточных знаниях и имеет существенные недостатки. Удовлетворительному уровню соответствует лишь малая часть результатов обучения.
E, крайне посредственно 46% - 55%	Минимально допустимый уровень успеваемости. Оцениваемая работа выполнена на очень слабом уровне, имеет серьезные недостатки и свидетельствует о весьма низком уровне знаний, понимания и/или умений и знакомства с

	предметом. Удовлетворительному уровню соответствует лишь очень малая часть результатов обучения (или таких результатов нет вообще)
F, неудовлетворительно 0% - 45%	Оцениваемая работа неприемлема и свидетельствует о практическом отсутствии знаний и понимания предмета работы. Удовлетворительному уровню не соответствуют никакие результаты обучения

10. Самостоятельная работа

Самостоятельная работа по дисциплине включает:

1. Подготовку и выполнение финального проекта, включая разработку концепции, моделирование или изготовление прототипа и анализ результатов;
2. Подготовку к лабораторным работам и составление лабораторных отчетов;
3. Подготовку анализа выбранного биомиметического кейса и презентации;
4. Подготовку к тестам и экспресс-опросам;
5. Изучение научной и учебной литературы по тематике курса.

Трудоемкость самостоятельной работы - 38 часов.

Для самостоятельной работы студентам рекомендуется использовать следующие источники:

1. Bhushan B. Biomimetics: Bioinspired Hierarchical-Structured Surfaces for Green Science and Technology. Springer Series in Materials Science, 2018. ISBN 978-3-319-71676-3.
2. Karthaus O. Biomimetics in Photonics. Taylor & Francis Group, 2013. ISBN 978-1-4398-7747-0.
3. Primrose S. B. Biomimetics: Nature-Inspired Design and Innovation. John Wiley & Sons, 2020. ISBN 9781119683322.
4. Vincent J. F. V. Structural Biomaterials. Princeton University Press, 2012. ISBN 978-0-691-15400-8.

5. Sackmann E. Biomimetic physics: Learning from nature's strategies of overcoming evolutionary crises. International Journal of Nanotechnology, 2013. DOI: 10.1504/IJNT.2013.053510.

11. Фонд оценочных средств. Оценочные и методические материалы по дисциплине

Итоговая оценка формируется по результатам финального проекта, двух лабораторных работ, анализа биомиметического кейса, активного участия в занятиях и текущих тестов/экспресс-опросов. Ниже приведены примеры заданий и критерии их оценивания.

11.1. Финальный проект

11.1.1. Оценочные материалы:

Пример проекта: «Биомиметическая микрофлюидная система для переноса жидкости».

Студенты индивидуально или в малых группах разрабатывают микрофлюидный чип, имитирующий природные системы транспорта жидкости с использованием принципа перистальтической перекачки, характерного для биологических организмов. Работа включает анализ биологического аналога и существующих микрофлюидных решений, разработку конструкции с использованием цифровых инструментов, изготовление прототипа (при наличии необходимых технологических возможностей), экспериментальную оценку его характеристик и документирование полученных результатов. Итоговые материалы включают краткий письменный отчет, прототип или детализированную модель и презентацию.

11.1.2. Методические рекомендации и критерии оценивания:

Общий вес финального проекта составляет 40% от итоговой оценки, то есть 40 баллов. Для получения максимальной оценки проект должен соответствовать следующим критериям:

Концепция и инновационность – 10 баллов: четко сформулирована реальная инженерная или научно-техническая проблема; биомиметический подход оригинален; физические и биологические принципы интегрированы содержательно и обоснованно.

Проектирование и техническая реализация – 10 баллов: представлен корректный и функциональный прототип или модель; обоснован выбор материалов и методов изготовления; архитектура системы логично отражает природный принцип.

Испытания и оценка результатов – 8 баллов: процедура испытаний структурирована; результаты интерпретированы критически; ограничения решения обсуждены; при необходимости задокументированы итерации разработки.

Качество отчета – 6 баллов: отчет содержит введение, обзор исходной проблемы, методы, результаты, обсуждение, заключение и список литературы; текст логичен, оформлен корректно и использует научную терминологию.

Презентация и защита – 6 баллов: доклад структурирован, визуальные материалы информативны, студент способен аргументированно отвечать на вопросы.

Возможные снижения: отсутствие обязательных разделов отчета или презентации – 2–5 баллов; недостаточная научная аргументация – 3–6 баллов; отсутствие испытаний или анализа результатов – 4 балла; неясная или неполная модель/прототип – 3–5 баллов; несвоевременная сдача без предварительного согласования – 2 балла.

11.2. Лабораторные работы

11.2.1. Оценочные материалы:

Пример лабораторной работы: «Исследование оптических свойств фантомов биологических тканей».

Цель работы:

Изготовить или исследовать набор фантомов, имитирующих оптические свойства биологических тканей, и определить влияние их структуры и состава на прохождение света. Получить количественные характеристики ослабления оптического излучения и сопоставить результаты с принципами биомиметического моделирования биологических объектов.

Теоретическое введение

Оптические свойства биологических тканей определяются главным образом поглощением и рассеянием света. Поглощение связано с преобразованием энергии излучения в другие формы энергии, а рассеяние возникает из-за пространственной неоднородности показателя преломления и наличия структур с размерами, сопоставимыми с длиной волны. Совместное действие этих процессов определяет глубину проникновения света в ткань и контраст оптических методов визуализации и диагностики.

Фантомы биологических тканей представляют собой искусственные образцы с контролируемым составом и геометрией, которые воспроизводят отдельные функциональные свойства реальных тканей. В рамках данной лабораторной работы биомиметический подход состоит в воспроизведении оптического отклика

биологической ткани с помощью модельного материала, параметры которого можно целенаправленно изменять.

Для количественного анализа используются коэффициент пропускания $T = I/I_0$ и оптическая плотность $A = -\log_{10}(T)$, где I_0 — интенсивность падающего излучения, а I — интенсивность после прохождения через образец. Для сравнительной оценки ослабления света в фантомах одинаковой геометрии может быть рассчитан эффективный коэффициент ослабления $\mu_{eff} = -(1/L)\cdot\ln(T)$, где L — толщина образца.

Оборудование

1. Набор готовых фантомов биологических тканей или материалы для их изготовления, предоставленные преподавателем.
2. Стандартное лабораторное оборудование для подготовки образцов: лабораторные ёмкости, дозирующие устройства, весы, формы или кюветы.
3. Источник оптического излучения и система регистрации интенсивности света; при проведении работы в Лаборатории биофотоники может использоваться доступная оптическая измерительная или визуализационная система.
4. Средство измерения толщины образца.
5. Персональный компьютер для обработки результатов и подготовки отчёта.

Выполнение работы

1. Ознакомиться с составом исследуемых фантомов. Зафиксировать для каждого образца его состав, толщину и отличия от других образцов.

2. Выполнить референсное измерение интенсивности I_0 без исследуемого фантома при выбранной длине волны или наборе спектральных каналов.

3. Установить первый фантом в измерительную схему и зарегистрировать интенсивность прошедшего излучения I. Повторить измерение не менее трёх раз.

4. Повторить измерения для остальных фантомов, сохраняя одинаковую геометрию и параметры регистрации.

5. Для каждого образца рассчитать коэффициент пропускания T, оптическую плотность A и, при известной толщине образца, эффективный коэффициент ослабления μ_{eff}.

6. Построить графики зависимости полученных оптических характеристик от состава образца и/или длины волны. Оценить, какие изменения состава приводят к наиболее заметному изменению оптического отклика.

7. Сопоставить экспериментальные результаты с физическими механизмами поглощения и рассеяния и объяснить, каким образом исследуемые фантомы воспроизводят свойства биологических тканей.

8. Подготовить отчёт по лабораторной работе. Отчёт должен содержать разделы: Введение, Материалы и методы, Результаты и обсуждение, Выводы и Список литературы.

Экспериментальные результаты

- Таблица с параметрами образцов и результатами измерений: толщина, I_0, I, T, A и μeff.
- Графики зависимости пропускания или эффективного коэффициента ослабления от состава фантома и/или длины волны.
- Оценка повторяемости измерений по серии повторных измерений.
- Обсуждение вклада поглощения и рассеяния в наблюдаемое ослабление света.
- Краткое описание связи полученных результатов с практическим использованием тканевых фантомов в биофотонике, оптической визуализации и диагностике.

Выводы

Выводы должны быть основаны на анализе полученных экспериментальных данных и их сопоставлении с целью работы. Необходимо указать, как состав и структура фантома влияют на его оптический отклик, какие физические процессы определяют наблюдаемые различия и насколько исследованные образцы пригодны для воспроизведения оптического поведения биологических тканей.

Контрольные вопросы

1. Какие физические процессы определяют ослабление света в биологических тканях?

2. Для чего в биофотонике используются фантомы биологических тканей?

3. Как определяется коэффициент пропускания и чем он отличается от оптической плотности?

4. Как изменение концентрации поглощающего или рассеивающего компонента должно повлиять на регистрируемый сигнал?

5. Почему при сравнении разных фантомов необходимо контролировать толщину образца и геометрию измерения?

6. В чём состоит биомиметический принцип данной лабораторной работы?

11.2.2. Методические рекомендации и критерии оценивания:

Общий вес двух лабораторных работ составляет 30% от итоговой оценки, то есть 30 баллов. Каждый отчет должен включать разделы «Введение», «Материалы и методы», «Результаты и обсуждение», «Заключение» и «Список литературы».

Критерий	**Максимальный балл**
Структура и логика отчета	2
Введение и постановка цели	3
Описание экспериментальной установки, материалов и методики	5
Представление и анализ данных	10
Обсуждение результатов и выводы	7
Научный язык, оформление и ссылки	3

Отчет должен демонстрировать корректное понимание эксперимента, точное использование терминологии, обоснованный анализ данных и связь результатов с физическими принципами и биомиметическими приложениями.

11.3. Анализ биомиметического кейса

11.3.1. Оценочные материалы:

Пример кейса: «Биомиметические роботы, вдохновленные локомоцией животных».

Студент анализирует, каким образом механизмы движения животных (например, гекконов, рыб или насекомых) используются при создании роботов, способных перемещаться по вертикальным поверхностям, эффективно плавать или ориентироваться в сложной среде. Необходимо определить физические механизмы локомоции (трение, распределение сил, гидродинамика и др.), проследить их перенос в инженерную систему, оценить эффективность и ограничения существующих решений и предложить возможные улучшения или новые области применения.

11.3.2. Методические рекомендации и критерии оценивания:

Общий вес задания составляет 10% от итоговой оценки, то есть 10 баллов.

Критерий	**Максимальный балл**

Соответствие теме и четкость постановки	2
Научный анализ физических и биологических механизмов	4
Критичность анализа и оригинальность выводов	2
Качество презентации и ответов на вопросы	2

11.4. Активное участие в занятиях

11.4.1. Оценочные материалы:

Активное участие включает содержательное участие в лекциях, семинарах, дискуссиях, групповых заданиях и взаимном рецензировании работ. Студенты задают вопросы, участвуют в решении задач, предлагают аргументированные идеи и дают конструктивную обратную связь.

Пример заданий для обсуждения на занятии:

1.	На супергидрофобной поверхности массой капли пренебрегать нельзя. Масса водяной капли составляет 10 мг, характерная ширина линии контакта — 2 мм. Поверхностное натяжение воды равно 72 мН/м. Наступающий контактный угол равен 160o, отступающий —150o. Считая, что капля начинает скользить, когда составляющая силы тяжести вдоль поверхности становится равна удерживающей силе, определите минимальный угол наклона поверхности. Ответ выразите в градусах.
2.	Структурная окраска формируется многослойной системой с эффективным показателем преломления 1,6 и характерным оптическим периодом 170 нм. В первом приближении нормального падения оцените центральную длину волны конструктивного отражения. Ответ выразите в нм.
3.	Биомиметическая многослойная структура, воспроизводящая принцип структурной окраски крыла бабочки, имеет эффективный показатель преломления n=1,55 и пространственный период 180 нм.

Skoltech

	Свет падает из воздуха под углом 45о. Используя закон Снеллиуса и условие интерференционного максимума первого порядка, определите длину волны максимального отражения. Ответ выразите в нм.
4.	Гладкая гидрофобная поверхность имеет краевой угол смачивания 110 градусов. После формирования иерархического рельефа капля контактирует только с 10% твердой поверхности, а остальная площадь контакта приходится на воздух. Используя модель Касси—Бакстера, оцените кажущийся краевой угол. Ответ выразите в градусах.
5.	Гладкая поверхность имеет собственный краевой угол 110 градусов. После формирования полностью смачиваемого шероховатого рельефа коэффициент шероховатости в модели Венцеля равен 1,5. Оцените кажущийся краевой угол. Ответ выразите в градусах.
6.	Почему разбиение контактирующей поверхности на огромное количество микроскопических щетинок и наноскопических окончаний повышает эффективность сухой адгезии, п А) Увеличивается реальная площадь молекулярного контакта и податливость контактирующей системы, что позволяет большему числу окончаний адаптироваться к микрорельефу поверхности; Б) Основной эффект возникает вследствие капиллярной конденсации воды между всеми окончаниями и поверхностью; В) Адгезия возникает вследствие электростатической зарядки каждой щетинки и не зависит от расстояния до поверхности; Г) Разветвление необходимо преимущественно для уменьшения коэффициента трения.
7.	Гигроморфный привод, имитирующий чешуйку сосновой шишки, ограничен диффузией влаги через толщину материала. Если толщина активного слоя увеличена в два раза, во сколько раз приблизительно возрастет характерное время отклика при прочих равных условиях?
8.	Студенты изготовили наноструктурированную антиотражающую поверхность по принципу глаза мотылька и получили снижение отражения относительно обычного стекла. Какой набор контрольных образцов наиболее убедительно позволяет доказать, что эффект связан именно с нанорельефом?

	А) Плоская поверхность из того же материала и наноструктурированная поверхность при одинаковой толщине подложки с измерением спектров при нескольких углах падения; Б) Только другая коммерческая линза с неизвестным покрытием; В) Второй наноструктурированный образец из другого материала; Г) Только измерение пропускания исходного образца до нанесения структуры.
9.	Необходимо экспериментально отделить влияние химии поверхности от влияния микро- и нанорельефа в искусственной поверхности типа листа лотоса. Какой дизайн исследования наиболее корректен? А) Измерить только краевой угол структурированного образца; Б) Сравнить лист лотоса с любым гладким полимером; В) Подготовить гладкие и структурированные поверхности с одинаковой поверхностной химией и отдельно изменить химическую функционализацию при фиксированном рельефе; Г) Увеличивать шероховатость до достижения максимального краевого угла без контроля химического состава.
10.	Команда разработала синтетическую адгезионную поверхность, имитирующую лапу геккона. Адгезия резко возрастает при повышении влажности. Какой следующий эксперимент наиболее информативен для определения механизма? А) Сравнить цвет искусственной поверхности с поверхностью лапы геккона; Б) Увеличить число микроворсинок до максимума и повторить измерение только при одной влажности; В) Измерить только массу адгезионного образца до и после испытания; Г) Измерить силу адгезии на поверхностях различной полярности при контролируемой влажности и сопоставить результат с моделями сухих межмолекулярных и капиллярных взаимодействий.
11.	При масштабировании гидродинамического эксперимента с биомиметическими микроребрами необходимо обеспечить динамическое подобие потока. Как называется безразмерный параметр, характеризующий отношение инерционных и вязких сил?

Skoltech

12.	Модель поверхности кожи акулы была увеличена в 20 раз и испытывается в другом рабочем веществе. Почему недостаточно просто увеличить все геометрические размеры в одинаковое число раз? А) Необходимо сохранить релевантные безразмерные параметры течения и масштаб структуры относительно толщины вязкого пристенного слоя; Б) Геометрическое подобие автоматически обеспечивает полное гидродинамическое подобие; В) Для биомиметических структур масштабирование возможно только в воде; Г) При увеличении модели вязкость среды перестает влиять на сопротивление.
13.	Команда заявляет, что новый перламутроподобный композит «лучше исходного материала», потому что его трещиностойкость выросла на 70%, хотя предел прочности уменьшился на 20%, плотность выросла, а технология изготовления стала сложнее. Как должен быть сформулирован инженерный вывод? А) Снижение прочности несущественно, если материал биомиметический; Б) Рост трещиностойкости автоматически означает превосходство материала для любого применения; В) Необходимо определить набор целевых характеристик и сравнивать решения многокритериально, а не использовать единственную улучшившуюся характеристику; Г) Следует сравнивать только материал с природным перламутром, а не с исходной инженерной конструкцией.
14.	В партии биомиметических фотонных структур, имитирующих крыло бабочки, наблюдается значительный разброс цвета. Какой набор измерений наиболее полезен для поиска физической причины?
15.	Разрабатывается микрофлюидный насос, имитирующий перистальтическое движение биологического канала. Миниатюрный прототип должен воспроизводить не только средний расход, но и характер нестационарного потока. Какие безразмерные параметры особенно полезно контролировать?

11.4.2. Методические рекомендации и критерии оценивания:

Общий вес активного участия составляет 10% от итоговой оценки, то есть 10 баллов. Для получения максимального балла учитываются:

- содержательный вклад в обсуждения и решение задач – до 4 баллов;
- качество взаимного рецензирования и обратной связи – до 3 баллов;
- эффективная работа в группе и разделение ответственности – до 2 баллов;
- регулярность участия и соблюдение требований по посещаемости – до 1 балла.

Требование по физическому присутствию на занятиях – не менее 80%, кроме случаев документально подтвержденных уважительных причин.

11.5. Тесты и опросы

11.5.1. Оценочные материалы:

Примеры тестовых заданий:

1. Какой механизм наиболее точно объясняет переливающуюся окраску крыльев бабочек? А) Поглощение пигментами; Б) Флуоресценция; В) Структурная окраска вследствие интерференции; Г) Фосфоресценция. Правильный ответ: В.

2. Объясните, каким образом наноструктура глаза мотылька уменьшает отражение света. Какой физический принцип лежит в основе эффекта и каким образом он применяется в инженерных технологиях?

3. Какой физический принцип лежит в основе эффекта самоочищения листьев лотоса? А) Капиллярное действие; Б) Электростатическое притяжение; В) Супергидрофобность и особенности краевого угла смачивания; Г) Дифракция. Правильный ответ: В.

4. Приведите пример современного оптического устройства или материала, созданного по аналогии с природной системой. Укажите природный прототип и физический принцип, который был перенесен в инженерное решение.

Допускается проведение командной учебной активности в формате сопоставления трех типов карточек: природная структура или процесс – физический принцип – биомиметическое техническое применение. Например: лист лотоса – поверхностное натяжение и гидрофобность – самоочищающееся покрытие.

11.5.2. Методические рекомендации и критерии оценивания:

Skoltech

Общий вес тестов и экспресс-опросов составляет 10% от итоговой оценки, то есть 10 баллов. Баллы начисляются за правильность ответов, научную корректность объяснений и способность устанавливать связь между природным объектом, физическим механизмом и инженерным применением.

Автономная некоммерческая образовательная организация высшего образования «Сколковский институт науки и технологий»

Утверждено

Директор образовательной программы

Дорожкин П.С.

Идентификатор документа, задачи / ID: 479406 v.1, 450401

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ПРОСТОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ /
The document is signed with a simple electronic signature

Директор образовательной программы / The Director of the program
Дорожкин Павел Сергеевич / Dorozhkin Pavel Sergeevich

Дата подписания / Date of signing 22.09.2026

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

“Введение в оптические биосенсоры”

Направление подготовки 12.04.03 Фотоника и оптоинформатика

Квалификация “магистр”

Москва 2026

Skoltech

Название курса
Введение в оптические биосенсоры

1. Аннотация

Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО: относится к модулю 1 "Наука, техника и технологии", элективная часть. Четверть 2, первый год обучения. Есть возможность взять курс на втором году обучения, четверть 6.

Язык дисциплины (модуля): английский.

Ведущий преподаватель: Ященок Алексей Михайлович

Курс «Введение в оптические биосенсоры» дает студентам базовые концепции биосенсоров с особым акцентом на технологию оптических биосенсоров. Курс подчеркивает следующие важные направления: 1) подходы оптической передачи сигнала, такие как люминесценция, абсорбция, поверхностный плазмонный резонанс и т. д., которые можно использовать для обнаружения и идентификации химических и биологических веществ; 2) элементы биологического распознавания, которые можно использовать для разработки биосенсоров и их взаимодействия для обнаружения аналитов; 3) применение наноматериалов и нанотехнологий для изготовления оптических биосенсоров. Курс описывает широкий спектр применения оптических биосенсоров для обнаружения различных аналитов.

В соответствии с локальными нормативными актами Сколковского института науки и технологий обучение проводится на английском языке.

2. Материально-техническое обеспечение

Лекционная часть занятий и семинары проходят в учебной аудитории, оснащенной специализированной мебелью, доской и техническими средствами для демонстрации учебных материалов и проведения групповой работы.

Лабораторные занятия проходят в Лаборатории Биофотоники. В ходе лабораторной части используется следующее оборудование:

• лазерный анализатор Zetasizer Nano ZS;

• микропланшетный ридер Infinite 200 PRO;

• стандартное лабораторное оборудование и расходные материалы, необходимые для подготовки и исследования образцов.

Перечень используемого ПО:

- MS Office;
- Antiplagiat.

3. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия

Для освоения курса студенты должны владеть базовыми знаниями по физике, оптике и физической химии на уровне программы бакалавриата. Желательны также базовые представления о спектроскопии, свойствах биомолекул, статистической обработке экспериментальных данных и работе с лабораторным оборудованием.

4. Трудоёмкость

3 з.е. (1 з.е. это 27 астрономических часов)

5. Содержание курса

Л – лекции в часах
С – семинары в часах
П – практики (лабораторные занятия) в часах

Тема	Содержание	Л	С	П
Введение	Механизмы отклика биосенсоров. Принципы сенсинга и преобразования сигнала. Основные ограничения и технологические вызовы оптических биосенсорных систем.	3	0	0
Распознавание и захват аналитов	Иммобилизация и захват аналита. Принципы биораспознавания. Природные, полусинтетические и синтетические элементы распознавания.	3	0	0
Транспорт аналита	Конвективный и диффузионный перенос. Реакционный и диффузионный потоки. Критерии проектирования и эксплуатации	3	0	0

	биосенсорных систем с учетом транспорта вещества.			
Оптические свойства биомолекул	Экспериментальное определение спектров поглощения и флуоресценции. Собственное поглощение и флуоресценция биомолекул. Оптические свойства важных биологических кофакторов.	3	3	3
Сенсоры на основе поверхностно-усиленного комбинационного рассеяния	Механизмы поверхностно-усиленного комбинационного рассеяния света (SERS). Коэффициенты усиления. Одномолекулярное SERS. Активные подложки и связанные усиленные спектроскопические методы.	3	3	6
Наноматериалы в оптических биосенсорах	Металлические наночастицы. Флуоресцентные наночастицы. Наноструктурированные материалы и их применение для усиления и преобразования оптического сигнала.	3	3	3
Распознавание и количественная оценка аналитического сигнала	Отношение сигнал/шум. Холостой опыт. Линейная регрессия и подходы, основанные на оценке точности. Предел холостого опыта (LoB), предел обнаружения (LoD), предел количественного определения (LoQ).	3	0	0
Методы и протоколы	Биоаналитические и биомолекулярные применения. Исследование клеток. Обнаружение вирусов и микроорганизмов. Медицинские приложения оптических биосенсоров.	3	0	0
Всего контактных часов:		45		
Самостоятельная работа:		33		
Промежуточная аттестация		3		
Общее кол-во часов:		81		

6. Требования к результатам освоения дисциплины

Skoltech

Изучение дисциплины **“Введение в оптические биосенсоры”** при подготовке магистров по направлению подготовки **12.04.03 Фотоника и оптоинформатика** направлено на приобретение следующих компетенций:

ПК-1. Способен самостоятельно и (или) в составе исследовательской группы разрабатывать, исследовать и применять математические модели для качественного и количественного описания явлений и процессов и (или) разработки новых технических средств;

ПК-3. Способен применять на практике умения и навыки в организации исследовательских и проектных работ, способен самостоятельно организовывать и проводить научные исследования и внедрять их результаты в качестве члена или руководителя малого коллектива.

7. Вид итоговой оценки

Оценка (по результатам выполнения текущих заданий, лабораторных работ и презентации)

8. Структура оценки

Вид деятельности	**Относительный вклад в итоговую оценку за курс, %**
Презентация	30
Решение задач	20
Тесты / опросы	20
Отчеты по лабораторным работам	30

1% = 1 балл

9. Система оценивания

A, отлично 86% и выше	Оцениваемая работа выполнена с отменным качеством и свидетельствует об отличных знаниях, глубоком понимании предмета, глубоких всесторонних познаниях и умелом применении концепций и/или учебных материалов. Все результаты обучения соответствуют высокому уровню

B, хорошо 76% - 85%	Работа выполнена в соответствии с высокими стандартами и свидетельствует о наличии всесторонних познаний и хорошем понимании предмета, умении использовать соответствующие концепции, а также об умении решать проблемы, возникающие в ходе изучения предмета работы. Большая часть результатов обучения соответствует высокому уровню
C, удовлетворительно 66% - 75%	Оцениваемая работа в целом выполнена на удовлетворительном уровне и свидетельствует об адекватных знаниях и достаточном понимании предмета, однако со значительными недостатками. Большая часть результатов обучения соответствует удовлетворительному уровню
D,посредственно 56% - 65%	Оцениваемая работа выполнена на слабом уровне и свидетельствует о крайне ограниченном понимании предмета, недостаточных знаниях и имеет существенные недостатки. Удовлетворительному уровню соответствует лишь малая часть результатов обучения.
E, крайне посредственно 46% - 55%	Минимально допустимый уровень успеваемости. Оцениваемая работа выполнена на очень слабом уровне, имеет серьезные недостатки и свидетельствует о весьма низком уровне знаний, понимания и/или умений и знакомства с предметом. Удовлетворительному уровню соответствует лишь очень малая часть результатов обучения (или таких результатов нет вообще)
F, неудовлетворительно 0% - 45%	Оцениваемая работа неприемлема и свидетельствует о практическом отсутствии знаний и понимания предмета работы. Удовлетворительному уровню не соответствуют никакие результаты обучения

10. Самостоятельная работа

Самостоятельная работа по дисциплине включает:

1. Подготовку 15-минутной научной презентации по теме, связанной с оптическими биосенсорами, с изучением современной литературы;
2. Решение расчетных и аналитических задач по спектроскопии, биораспознаванию и количественной оценке аналитического сигнала;
3. Подготовку к лабораторным работам и оформление лабораторных отчетов;
4. Подготовку к тестам и экспресс-опросам;
5. Изучение рекомендуемой учебной и научной литературы по тематике курса.

Трудоемкость самостоятельной работы - 33 часа.

Для самостоятельной работы студентам рекомендуется использовать следующие источники:

1. Biosensors: Fundamentals and Applications. 2nd Edition. Walter de Gruyter GmbH, Berlin/Boston, 2019. ISBN 978-3-11-063780-9.
2. Modern Biophysical Chemistry: Detection and Analysis of Biomolecules. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2014. ISBN 978-3-527-33773-6.

11. Фонд оценочных средств. Оценочные и методические материалы по дисциплине

Итоговая оценка формируется по результатам научной презентации, решения задач, текущих тестов/экспресс-опросов и лабораторных работ. Требование по физическому присутствию на занятиях – не менее 85%. Ниже приведены примеры заданий и критерии их оценивания.

11.1. Презентация

11.1.1. Оценочные материалы:

В качестве самостоятельной работы студенту предлагается исследовательская тема, связанная с содержанием курса. Студент изучает научную литературу и готовит 15-минутную презентацию для выступления перед группой.

Пример темы: «Спектроскопия накачка–зондирование».

11.1.2. Методические рекомендации и критерии оценивания:

Общий вес презентации составляет 30% итоговой оценки, то есть 30 баллов. В исходной шкале задания презентация оценивается по 10-балльной системе; полученный результат переводится в 30-балльную шкалу пропорционально.

Для высокого результата презентация должна содержать четко сформулированную научную проблему, критический анализ современной литературы, научную дискуссию, обоснованную гипотезу и ссылки на актуальные публикации. Максимальный уровень соответствует содержательному критическому обзору и аргументированной научной позиции; снижение оценки применяется при поверхностном анализе литературы, отсутствии гипотезы или научного обсуждения, а также при недостаточном использовании современных источников.

11.2. Решение задач

11.2.1. Оценочные материалы:

Примеры задач:

1. В кювете с длиной оптического пути 1 см измеряется вещество неизвестной концентрации. На длине волны 550 нм интенсивность прошедшего света составляет 80% от исходной. Считая, что ослабление связано только с поглощением, определить оптическую плотность образца. Затем определить концентрацию вещества, если молярный коэффициент экстинкции на 550 нм равен 20 000 $М^{-1}·см^{-1}$.

2. Неизвестный образец содержит белок, ДНК или РНК. Отношение оптических плотностей при 260 и 280 нм равно 1,8, а оптическая плотность при 280 нм в стандартной кювете с длиной оптического пути 1 см составляет 0,1. Определить тип анализируемого вещества и оценить его концентрацию.

11.2.2. Методические рекомендации и критерии оценивания:

Общий вес решения задач составляет 20% итоговой оценки, то есть 20 баллов. Полный балл начисляется за корректное решение с правильным итоговым ответом. При наличии ошибок балл снижается с учетом их влияния на ход решения и итоговый результат. При отсутствии решения баллы за соответствующую задачу не начисляются.

11.3. Тесты и опросы

11.3.1. Оценочные материалы:

Примеры дополнительных вопросов:

1. Объясните, почему триптофан имеет больший коэффициент экстинкции, более высокий квантовый выход флуоресценции и более длинноволновое поглощение

по сравнению с фенилаланином и тирозином. Какая ароматическая аминокислота обычно определяет собственную флуоресценцию белков?

2. Одной из реакций организма на холод является уменьшение кровоснабжения периферических тканей. Объясните, почему при охлаждении губы у светлокожих людей могут приобретать синеватый оттенок.

3. Объясните качественно понятие кооперативности и ее значение для регуляции биохимических и метаболических процессов.

Примеры тестовых заданий:

1.	Микрокольцевой биосенсор имеет объемную чувствительность 80 нм на единицу показателя преломления. Среднеквадратичное отклонение положения резонанса в отсутствие аналита составляет 2 пм. Предел обнаружения принимается равным трем стандартным отклонениям фонового сигнала. Оцените предел обнаружения изменения показателя преломления. Ответ запишите как множитель перед 10^-5.
2.	Резонанс микрокольцевого сенсора расположен на длине волны 1550 нм и имеет ширину на полувысоте 0,10 нм. Определите добротность резонатора.
3.	Поверхность оптического биосенсора функционализирована рецепторами. Для взаимодействия аналит–рецептор константа диссоциации составляет 10 нМ. При полном заполнении рецепторов максимальный сдвиг резонанса сенсора составляет 240 пм. Концентрация аналита равна 30 нМ. В предположении равновесной модели Ленгмюра определите ожидаемый сдвиг резонанса. Ответ выразите в пм.
4.	В модели связывания Ленгмюра концентрация аналита в растворе равна равновесной константе диссоциации комплекса. Какая доля доступных рецепторов поверхности будет занята аналитом в состоянии равновесия?
5.	Для взаимодействия «аналит–рецептор» константа скорости ассоциации составляет 10 5 M ^(−1) c^(−1) , константа скорости диссоциации — 10 ^(−3) c ^(−1) , а концентрация аналита — 10 нМ. Оцените характерное время установления ассоциационного отклика в предположении кинетики Ленгмюра без массообменных ограничений. Ответ выразите в с.

Skoltech

6.	Микрокольцевой биосенсор имеет объемную чувствительность 120 нм на единицу показателя преломления. После введения аналита резонансная длина волны сместилась на 36 пм. Ответ запишите как множитель перед 10^-4.
7.	Как называется режим, при котором наблюдаемая скорость связывания определяется преимущественно доставкой аналита к поверхности, а не собственными константами реакции «лиганд–аналит»?
8.	При поверхностном плазмонном резонансе исследователь пытается по одному измеренному сдвигу резонанса одновременно определить толщину адсорбированного биомолекулярного слоя и его показатель преломления. В чем фундаментальная проблема такой постановки? А) Показатель преломления биологических слоев всегда известен заранее и не должен входить в модель. Б) Толщина биомолекулярного слоя принципиально не влияет на поверхностный плазмонный резонанс. В) Оба параметра могут вносить взаимозаменяемый вклад в один и тот же оптический отклик, поэтому одной измеряемой величины недостаточно для их независимого определения. Г) Поверхностный плазмонный резонанс чувствителен только к коэффициенту поглощения слоя.
9.	Разрабатывается безметочный сенсор для определения низкой концентрации белкового маркера непосредственно в сыворотке крови. В буферном растворе сенсор демонстрирует хороший предел обнаружения, однако в сыворотке появляется большой устойчивый положительный сигнал даже в отсутствие целевого белка. Какой эксперимент наиболее информативен первым? А) Сравнить активный канал с референсным каналом, имеющим ту же поверхностную химию, но не связывающим целевой аналит; Б) Повысить поверхностную плотность специфических антител до насыщения; В) Увеличить время инкубации образца до установления полного равновесия; Г) Повторить калибровку в буфере с большим числом концентрационных точек.

10.	Исследователь хочет определить собственные константы ассоциации и диссоциации антитела. Получаемые значения константы ассоциации заметно меняются при изменении расхода жидкости через сенсор и поверхностной плотности иммобилизованного лиганда. Что следует сделать прежде, чем интерпретировать эти значения как молекулярную кинетику? А) Определять константу сродства только из скорости диссоциации; Б) Увеличить концентрации аналита, чтобы быстрее достичь насыщения поверхности; В) Использовать только сенсограмму с максимальным амплитудным откликом; Г) Провести измерения при нескольких расходах и более низких плотностях лиганда и проверить наличие массообменных ограничений.
11.	После каждого цикла измерения поверхность сенсора регенерируют кислым раствором. После десяти циклов максимальный сигнал связывания снизился на 35%, хотя концентрация аналита и оптические характеристики преобразователя не изменились. Какой вывод наиболее обоснован? А) Вероятна постепенная потеря активности иммобилизованного рецептора вследствие слишком жесткой регенерации; Б) Вероятно постепенное увеличение сродства рецептора к аналиту; В) Снижение сигнала однозначно свидетельствует о росте константы диссоциации аналита в растворе; Г) Такое изменение следует корректировать только нормировкой сенсограмм на первый цикл.
12.	Как называется изменение аналитического отклика сенсора, возникающее из-за сложного состава реального биологического образца и приводящее к отличию калибровки в сыворотке от калибровки в буферном растворе?
13.	Для микрокольцевого сенсора необходимо отделить связывание биомаркера от температурного сдвига резонанса. Какая архитектура наиболее надежна? А) Увеличить концентрацию рецепторов на поверхности, чтобы биологический сдвиг всегда превышал температурный;

	Б) Использовать один резонатор и перед каждым измерением заново измерять его начальную длину волны; В) Повысить добротность единственного резонатора, чтобы температурный сдвиг стал меньше; Г) Разместить рядом чувствительный и референсный резонаторы в одном микрофлюидном канале и анализировать разностный сигнал.
14.	При ковалентной иммобилизации антител через доступные аминогруппы поверхность показывает хорошую общую загрузку белка, но неожиданно слабое специфическое связывание антигена. Какую гипотезу следует проверить первой? А) Случайная ориентация части антител могла сделать антиген-связывающие центры стерически недоступными; Б) Высокая плотность антител обязательно означает низкое сродство каждого отдельного антитела; В) Ковалентная иммобилизация принципиально исключает специфическое связывание; Г) Низкий сигнал можно однозначно объяснить уменьшением показателя преломления белкового слоя.
15.	Как называется связывание компонентов образца с чувствительной поверхностью, не обусловленное специфическим взаимодействием с целевым рецептором?

11.3.2. Методические рекомендации и критерии оценивания:

Общий вес тестов и экспресс-опросов составляет 20% итоговой оценки, то есть 20 баллов. Ответы оцениваются по степени понимания физического и биофизического смысла вопроса, корректности объяснения и полноте решения. Максимальный уровень соответствует правильному и содержательному ответу без существенных ошибок; частичный балл начисляется при верном понимании задачи, но наличии отдельных неточностей; при отсутствии корректного ответа баллы не начисляются.

11.4. Лабораторные работы

11.4.1. Оценочные материалы:

Пример лабораторной работы: «Размерная зависимость оптических свойств наночастиц золота».

Skoltech

Цель работы:

Исследовать зависимость оптического отклика коллоидных наночастиц золота от их размера. Определить характерный размер наночастиц методом динамического рассеяния света, получить спектры оптической плотности и установить положение максимума локализованного поверхностного плазмонного резонанса. Сопоставить размер частиц со спектральными характеристиками и объяснить значение наблюдаемых эффектов для оптических биосенсоров.

Теоретическое введение

Металлические наночастицы широко применяются в оптических биосенсорах благодаря выраженному взаимодействию свободных электронов металла с электромагнитным излучением. Для наночастиц золота в видимом диапазоне наблюдается локализованный поверхностный плазмонный резонанс (LSPR) — коллективные колебания электронов проводимости, возбуждаемые падающим светом.

Положение и форма плазмонной полосы зависят от размера и формы наночастиц, показателя преломления окружающей среды, межчастичного расстояния и степени агрегации. Поэтому изменение этих параметров приводит к смещению максимума спектра и изменению его ширины и интенсивности. Эта чувствительность используется в безметочных биосенсорах, где связывание биомолекул вблизи поверхности наночастицы изменяет локальное оптическое окружение и, следовательно, регистрируемый спектральный отклик.

Для оценки размера частиц может использоваться динамическое рассеяние света (DLS). Метод основан на регистрации временных флуктуаций интенсивности рассеянного света, связанных с броуновским движением частиц. По коэффициенту диффузии определяется гидродинамический диаметр частиц. Дополнительно оценивается индекс полидисперсности (PDI), характеризующий ширину распределения частиц по размерам.

Оптический отклик оценивается по спектру оптической плотности $A = -\log_{10}(I/I_0)$, где I_0 — интенсивность падающего излучения, а I — интенсивность прошедшего излучения. Для сравнения образцов рекомендуется анализировать положение максимума плазмонной полосы λmax, максимальную оптическую плотность и ширину полосы.

Оборудование

1. Лазерный анализатор Zetasizer Nano ZS.
2. Микропланшетный ридер Infinite 200 PRO.
3. Набор водных дисперсий наночастиц золота различного номинального размера, предоставленный преподавателем.

4. Кюветы или микропланшеты, дозирующие устройства, одноразовые наконечники, деионизованная вода или буферный раствор для холостого измерения.
5. Персональный компьютер с программным обеспечением для управления измерительным оборудованием и обработки экспериментальных данных.

Выполнение работы

1. Ознакомиться с набором образцов наночастиц золота. Зафиксировать маркировку, номинальный размер и условия хранения каждого образца. Перед измерением аккуратно перемешать дисперсию без образования пузырьков.

2. Подготовить холостой образец, содержащий тот же растворитель или буфер, что и исследуемые дисперсии.

3. Для каждого образца провести измерение методом DLS на приборе Zetasizer Nano ZS. Выполнить не менее трех повторных измерений. Зафиксировать средний гидродинамический диаметр и индекс полидисперсности PDI.

4. Измерить спектр оптической плотности каждого образца на микропланшетном ридере Infinite 200 PRO в спектральном диапазоне, охватывающем плазмонную полосу наночастиц золота. Выполнить коррекцию по холостому образцу и использовать одинаковые геометрические условия для всех измерений.

5. Для каждого спектра определить длину волны максимума плазмонной полосы λmax и соответствующую оптическую плотность Amax. При необходимости определить ширину полосы на половине максимума.

6. Нормировать спектры на максимальную оптическую плотность и построить их на одном графике для визуального сравнения формы и положения плазмонной полосы.

7. Построить зависимость λmax от измеренного гидродинамического диаметра частиц. Оценить характер изменения спектрального отклика с увеличением размера наночастиц и обсудить возможное влияние полидисперсности и агрегации.

8. Связать наблюдаемые спектральные изменения с механизмом LSPR и объяснить, почему металлические наночастицы могут использоваться как оптические преобразователи в биосенсорах.

9. Подготовить отчет по лабораторной работе. Отчет должен содержать: название работы, введение, материалы и методы, результаты и обсуждение с графиками/таблицами, выводы и список литературы.

Экспериментальные результаты

1. Таблица для всех исследованных образцов: номинальный размер, гидродинамический диаметр, PDI, λmax и Amax.

2. Спектры оптической плотности наночастиц золота различного размера, представленные на одном графике.

3. График зависимости положения максимума плазмонной полосы λmax от гидродинамического диаметра частиц.

4. Оценка повторяемости результатов по серии повторных измерений и обсуждение возможных источников неопределенности.

5. Обсуждение влияния размера, полидисперсности и возможной агрегации наночастиц на оптический отклик, а также связи полученных результатов с принципами работы LSPR-биосенсоров.

Выводы

Выводы должны быть основаны на полученных экспериментальных данных и их сопоставлении с целью работы. Необходимо указать, как изменяются спектральные характеристики наночастиц золота при изменении их размера, насколько согласуются результаты DLS и оптических измерений, и почему размерная зависимость LSPR важна при проектировании оптических биосенсоров.

Контрольные вопросы

1. Что представляет собой локализованный поверхностный плазмонный резонанс и чем обусловлено его возникновение в наночастицах золота?

2. Какие параметры наночастиц и окружающей среды влияют на положение и форму плазмонной полосы?

3. Что измеряет метод динамического рассеяния света и чем гидродинамический диаметр может отличаться от геометрического размера наночастицы?

4. Что характеризует индекс полидисперсности PDI?

5. Почему агрегация наночастиц золота может приводить к заметному изменению их оптического спектра?

6. Каким образом LSPR может быть использован для регистрации связывания биомолекул на поверхности наночастиц?

11.4.2. Методические рекомендации и критерии оценивания:

Общий вес лабораторных отчетов составляет 30% итоговой оценки, то есть 30 баллов. Максимальная оценка выставляется за корректно выполненную лабораторную работу, научно обоснованный анализ результатов, правильные ответы на контрольные вопросы и надлежащее оформление отчета. Балл снижается при ошибках в представлении данных, недостаточном анализе или пропущенных/некорректных ответах на вопросы.

Автономная некоммерческая образовательная организация высшего образования «Сколковский институт науки и технологий»

Утверждено

Директор образовательной программы

Дорожкин П.С.

Идентификатор документа, задачи / ID: 479406 v.1, 450401

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ПРОСТОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ /
The document is signed with a simple electronic signature

Директор образовательной программы / The Director of the program
Дорожкин Павел Сергеевич / Dorozhkin Pavel Sergeevich

Дата подписания / Date of signing 22.09.2026

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

“Экспериментальная оптика I”

Направление подготовки 12.04.03 Фотоника и оптоинформатика

Квалификация “магистр”

Москва 2026

Skoltech

Название курса
Экспериментальная оптика I

1. Аннотация

Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО: относится к модулю 1 "Наука, техника и технологии", элективная часть. Четверть 2, первый год обучения. Есть возможность взять курс на втором году обучения, четверть 6.

Язык дисциплины (модуля): английский.

Ведущий преподаватель: Майлис Сакелларис

Курс экспериментальной оптики направлен на предоставление студентам основных практических навыков, необходимых для успешного начала карьеры в области фотоники. Курс сосредоточен вокруг четырех экспериментальных проектов, которые имеют отношение к различным областям фотоники: подсчет одиночных фотонов (демонстрирующий корпускулярную природу света), голография (демонстрирующая волновую природу света), поляризация (важное свойство света), и введение в лабораторные методы, такие как интерферометрия и волоконная оптика. Курс включает общее введение в лазеры и оптоэлектронику, а также регулярные лекции, которые имеют отношение к конкретным темам эксперимента. Студенты будут работать частично самостоятельно в небольшой группе из 2-3 человек с возможным руководством со стороны ассистента преподавателя.

В соответствии с локальными правилами Сколковского института науки и технологий обучение проводится на английском языке.

2. Материально-техническое обеспечение

Лекционная часть занятий проходит в учебной аудитории:

Аудитория на 70 человек для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации:

- специализированная мебель: 13 парт групповой рассадки студентов, 1 стол преподавателя, магнитно-маркерные доски

- технические средства обучения: моноблок, моторизированный проекционный экран, проектор на потолочном кронштейне, микрофоны беспроводной

радиосистемы, сетевая камера, потолочные громкоговорители, дублирующий экран, ЖК-панель.

Лабораторные занятия проходят в *лаборатории Наноматериалов*, *комнатах 23, 24 (Квартал Менделеева, Нобеля, 3*).

Во время лабораторной части будет использоваться следующее оборудование:

- Лазеры HeNe (Thorlabs model HNL 100LB, USA)
- Импульсный диодный лазер (PicoQuant model PDL-800-D, GmbH)
- Вращающаяся платформа и контроллер (Thorlabs model PRM1/MZ8, USA)
- Пьезоэлектрическая трансляционная платформа (Piezomechanik Dr L Pickelmann GmbH- model SRV150/1)
- Цифровые осциллографы (Keysight infiniiVision model DSOX3054T, USA, UNI-T China, model UTD2102C)
- Фотодиод большой площади Thorlabs (Thorlabs USA, model DET36A2)
- Камера CCD (Thorlabs USA, model WFS31-7AR)
- Оптический измеритель мощности (Thorlabs USA model PM100A))
- Лавинный фотодиод (IDQ Switzerland, model id100)
- TCSPC аппаратное обеспечение (Becker & Hickl, GmbH model SPC160)
- TCSPC программное обеспечение
- Спектрометр с оптоволоконной связью (Ocean Optics, USA, model SR2)

Для самостоятельной работы студенты могут использовать рабочее пространство библиотеки.

Перечень используемого ПО:

- MS Office
- Antiplagiat

3. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия

Для освоения курса студенты должны владеть базовыми знаниями и компетенциями по следующим дисциплинам: «Электромагнетизм», «Физика твердого тела» и «Оптика».

4. Трудоёмкость

3 з.е. (1 з.е. это 27 астрономических часов)

Skoltech

5. Содержание курса

Л – лекции в часах
С – семинары в часах
П – практики в часах

Тема	Содержание	Л	С	П
Введение в фотонику	Общее введение в фотонику, включая введение в поляризацию, интерференцию, оптические волноводы.	1		
Безопасность лазеров	Осведомленность об опасностях, связанных с лазерами, что является важным элементом этого курса. По этой причине курс по лазерной безопасности будет предложен в течение вводной первой недели		1	
Поляризация и двулучепреломление	Двулучепреломляющие материалы, двойное лучепреломление, характеристика двулучепреломления, фазовые пластинки.		1	9
Фоторефракция в реальном времени, голография, фазовое сопряжение и оптика Фурье	Введение в интерференцию волн, голографию, нелинейную оптику (эффект Поккельса) и оптическое обращение волнового фронта.		1	9
Коррелированный по времени подсчет одиночных фотонов и его применение в спектроскопии	Детектирование одиночных фотонов, статистика фотонов и спектроскопия.		1	9
Оптика Фурье	Введение в оптическое преобразование Фурье и его применение в обработке изображений.		1	9
Связь с волокнами и волноводами	Введение в методы оптической связи с направленной оптикой, планарными волноводами, оптическими волокнами.		1	9

Оптическая интерферометрия	Введение в различные интерферометры, интерферометрические измерения, фазовая синхронизация.		1	9
Всего контактных часов:		62		
Самостоятельная работа:		16		
Промежуточная аттестация		3		
Общее кол-во часов:		81		

6. Требования к результатам освоения дисциплины

Изучение дисциплины **“Экспериментальная оптика I”** при подготовке магистров по направлению подготовки **12.04.03 Фотоника и Оптоинформатика** направлено на приобретение следующих компетенций:

ПК-1. Способен самостоятельно и (или) в составе исследовательской группы разрабатывать, исследовать и применять математические модели для качественного и количественного описания явлений и процессов и (или) разработки новых технических средств;
ПК-2. Способен ставить, формализовать и решать задачи, уметь системно анализировать научные проблемы, генерировать новые идеи и создавать новое знание.

7. Вид итоговой оценки

Зачет

8. Структура оценки

Вид деятельности	**Относительный вклад в итоговую оценку за курс, %**
Лабораторный отчет	100

9. Система оценивания

Skoltech

A, отлично 86% и выше	Оцениваемая работа выполнена с отменным качеством и свидетельствует об отличных знаниях, глубоком понимании предмета, глубоких всесторонних познаниях и умелом применении концепций и/или учебных материалов. Все результаты обучения соответствуют высокому уровню
B, хорошо 76% - 85%	Работа выполнена в соответствии с высокими стандартами и свидетельствует о наличии всесторонних познаний и хорошем понимании предмета, умении использовать соответствующие концепции, а также об умении решать проблемы, возникающие в ходе изучения предмета работы. Большая часть результатов обучения соответствует высокому уровню
C, удовлетворительно 66% - 75%	Оцениваемая работа в целом выполнена на удовлетворительном уровне и свидетельствует об адекватных знаниях и достаточном понимании предмета, однако со значительными недостатками. Большая часть результатов обучения соответствует удовлетворительному уровню
D,посредственно 56% - 65%	Оцениваемая работа выполнена на слабом уровне и свидетельствует о крайне ограниченном понимании предмета, недостаточных знаниях и имеет существенные недостатки. Удовлетворительному уровню соответствует лишь малая часть результатов обучения.
E, крайне посредственно 40% - 55%	Минимально допустимый уровень успеваемости. Оцениваемая работа выполнена на очень слабом уровне, имеет серьезные недостатки и свидетельствует о весьма низком уровне знаний, понимания и/или умений и знакомства с предметом. Удовлетворительному уровню соответствует лишь очень малая часть

	результатов обучения (или таких результатов нет вообще)
F, неудовлетворительно 0% - 39%	Оцениваемая работа неприемлема и свидетельствует о практическом отсутствии знаний и понимания предмета работы. Удовлетворительному уровню не соответствуют никакие результаты обучения

10. Самостоятельная работа

Самостоятельная работа состоит из следующих элементов, перечисленных ниже:

1. Подготовка к каждому эксперименту
2. Обработка данных
3. Критический анализ данных
4. Составление отчета

Трудоемкость самостоятельной работы – 16 часов.

Подготовка к каждому эксперименту должна занять около 1-2 часов или более в зависимости от подготовки. Студенты должны ознакомиться с теоретическими основами эксперимента, а также с экспериментальными задачами.

После экспериментальных сессий каждый участник экспериментальной группы должен обработать данные, которые были получены коллективно командой. Анализ данных будет в основе отчета, который должен подготовить каждый студент. Представленные в отчете данные критически проанализированы, чтобы можно было сделать обоснованные выводы. Численные результаты должны быть обоснованы и сопоставлены с литературой.

Для самостоятельной работы студентам рекомендуется использовать следующие источники:

1. Методические материалы по выполнению лабораторных работ
2. Рекомендуемая библиография:

- Optics, 4th ed., E. Hecht. Addison-Wesley, 2016
- Yariv, Amnon. — Quantum electronics
- Лекции по физике, Ричард Фейнман

Методические указания по отдельным видам работ приведены в системе управления обучением “Canvas LMS”. Для доступа требуется персональный логин/пароль.

Skoltech

11. Фонд оценочных средств. Оценочные и методические материалы по дисциплине

Все задания для самостоятельной работы, включая варианты домашних заданий, а также задания для лабораторных работ находятся в системе управления обучением “Canvas LMS”. Для доступа требуется персональный логин/пароль.

Ниже приведены примеры лабораторных работ и методические рекомендации по их выполнению.

11.1. Лабораторная работа

Лабораторные занятия проходят в лаборатории Наноматериалов, комнате оптических измерений. Во время лабораторной части будет использоваться следующее оборудование:

- Лазеры HeNe (Thorlabs model HNL 100LB, USA)
- Импульсный диодный лазер (PicoQuant model PDL-800-D, GmbH)
- Вращающаяся платформа и контроллер (Thorlabs model PRM1/MZ8, USA)
- Пьезоэлектрический трансляционный этап (Piezomechanik Dr L Pickelmann GmbH- model SRV150/1)
- Цифровые осциллографы (Keysight infiniiVision model DSOX3054T, USA, UNI-T China, model UTD2102C)
- Фотодиод большой площади Thorlabs (Thorlabs USA, model DET36A2)
- Камера CCD (Thorlabs USA, model WFS31-7AR)
- Оптический измеритель мощности (Thorlabs USA model PM100A))
- Лавинный фотодиод (IDQ Switzerland, model id100)
- TCSPC аппаратное обеспечение (Becker & Hickl, GmbH model SPC160)
- TCSPC программное обеспечение
- Спектрометр с оптоволоконной связью (Ocean Optics, USA, model SR2)

Все учебные материалы и задания для лабораторных работ находятся в системе управления обучением «Canvas LMS»:

- Описания лабораторных работ
- Материалы по лазерной безопасности
- Примеры отчетов по лабораторным работам
- Вводные слайды курса
- Слайды лекций
- Руководства

11.1. 1. Оценочные материалы:

Примеры лабораторных работ:

Skoltech

1. Поляризация и двулучепреломление: Исследование свойств двулучепреломляющих материалов, механизмы двойного лучепреломления, характеристика явления двулучепреломления, а также анализ фазовых пластин.
2. Голография в реальном времени: Изучение светопреломления, фазового сопряжения и фурье-оптики. Введение в интерференцию волн, голографию и нелинейную оптику (эффект Поккельса) и оптическое фазовое сопряжение.
3. Временная корреляция счета одиночных фотонов и её применение в спектроскопии: Методы обнаружения одиночных фотонов, статистических свойств фотонов и применение этих методов в спектроскопических исследованиях.
4. Фурье-оптика: Основы оптического преобразования Фурье и его применение в задачах обработки изображений.
5. Сопряжение с оптическими волокнами и волноводами: Методы оптического сопряжения, применяемых в направленной оптике, а также в планарных волноводах и оптических волокнах.
6. Оптическая интерферометрия: Введение в различные типы интерферометров, методы интерферометрических измерений и принципы фазовой синхронизации.

Примеры дополнительных вопросов:

1.	В интерферометре Майкельсона зеркало сместили на величину Δx. Как изменится оптическая разность хода между плечами интерферометра? А) Δx; Б) 2Δx; В) Δx/2; Г) не изменится.
2.	Какое изменение оптической разности хода соответствует переходу от максимума к соседнему минимуму интерференционной картины? А) λ; Б) λ/2; В) λ/4; Г) 2λ.
3.	Какая математическая модель описывает интенсивность света после анализатора при прохождении линейно поляризованного излучения через идеальный поляризатор?

Skoltech

4.	Для фазовой пластинки с толщиной d, двулучепреломлением Δn и длиной волны λ фазовая задержка между ортогональными поляризациями равна: А) $\delta=2\pi\Delta nd/\lambda$; Б) $\delta=\lambda/(\Delta nd)$; В) $\delta=2\pi\lambda/(\Delta nd)$; Г) $\delta=\Delta n/(\lambda d)$.
5.	Вам необходимо измерить нанометровые перемещения пьезоэлектрической платформы. Какой экспериментальный метод наиболее подходит для этой задачи?
6.	В эксперименте по TCSPC наблюдается искажение временного распределения из-за слишком высокой частоты регистрации фотонов. Какую проблему это может вызвать? А) Полное исчезновение поляризации; Б) Pile-up effect, то есть смещение статистики зарегистрированных времен прихода фотонов; В) Автоматическое увеличение длины когерентности; Г) Устранение темнового счета.
7.	В эксперименте по Фурье-оптике нужно удалить высокие пространственные частоты изображения. Где следует разместить пространственный фильтр в схеме с линзой? А) В произвольной точке перед источником; Б) В фокальной плоскости линзы, где формируется Фурье-образ; В) Только непосредственно на CCD-матрице; Г) Внутри лазера.
8.	Расположите этапы постановки экспериментальной задачи по измерению показателя преломления в правильной последовательности. А) Выбрать измеряемую величину и модель связи с фазовым сдвигом; Б) Собрать и юстировать интерферометр;

	В) Зарегистрировать изменение интерференционной картины; Г) Рассчитать показатель преломления и оценить погрешность; Д) Сформулировать цель измерения.
9.	В эксперименте по поляризации интенсивность после анализатора не обращается в ноль при скрещенных поляризаторах. Какое объяснение наиболее корректно проверить в первую очередь? А) Наличие неполной поляризации, паразитной засветки или неидеальности поляризаторов; Б) Нарушение закона сохранения энергии; В) Невозможность существования линейной поляризации; Г) Обязательное наличие однофотонного режима.
10.	При вводе излучения в одномодовое волокно мощность на выходе сильно падает при малом угловом смещении. Какой вывод наиболее обоснован? А) Эффективность ввода определяется модовым перекрытием и чувствительна к угловой юстировке; Б) Волокно перестало быть диэлектриком; В) Длина волны лазера перестала существовать; Г) Числовая апертура не влияет на ввод.
11.	Как называется основной физический параметр, ограничивающий наблюдение интерференционных полос при большой разности хода в интерферометре?
12.	Какой тип детектора используется в эксперименте по регистрации одиночных фотонов?
13.	В интерферометре Майкельсона при смещении зеркала зарегистрировано прохождение 20 интерференционных максимумов. Длина волны лазера 633 нм. Оцените перемещение зеркала, ответ выразите в мкм.
14.	В эксперименте по TCSPC строится гистограмма задержек между импульсом возбуждения и зарегистрированным фотоном. Какой

	параметр люминесценции обычно можно определить из экспоненциального спада такой гистограммы?
15.	Какой элемент экспериментальной схемы позволяет разделить или анализировать ортогональные состояния поляризации света?
16.	В эксперименте по поляризации интенсивность после анализатора равна 25% от изначальной. Найдите угол между направлением поляризации и осью анализатора, если выполняется закон Малюса. Ответ выразите в градусах.

11.1.2. Методические рекомендации:

Общий вес выполнения лабораторных работ составляет 100% от общей оценки, таким образом данный курс оценивается исключительно на основании лабораторных отчетов.

Студенты должны быть знакомы с методическими материалами по выполнению лабораторных работ, а также должны продемонстрировать понимание теоретических основ эксперимента. Ожидается, что студенты понимают теоретические основы эксперимента и знакомы с задачами, описанными в методических материалах по выполнению лабораторных работ.

Во время лабораторной работы студенты работают в команде, совместно выполняя экспериментальные задачи для получения данных. Члены группы будут использовать один и тот же набор данных для дальнейшего анализа в основном задании: отчете по лабораторной работе.

Каждый студент экспериментальной группы должен подготовить подробный отчет по лабораторной работе. Отчет по лабораторной работе должен представлять собой структурированный документ, содержащий i) общее введение в эксперимент, ii) эксперименты и обсуждение (подробности экспериментальной части, представление данных, обсуждение данных) и iii) выводы. Шаблон типового отчета предоставляется в Canvas. Отчеты по лабораторной работе должны быть загружены в Canvas для проверки по окончании эксперимента и до начала следующего эксперимента.

Чтобы получить оценку «зачет», студент должен предоставить письменный отчет после завершения лабораторной работы и обработать данные в соответствии с инструкциями в методических материалах по выполнению лабораторной работы.

Минимальным требованием для получения «зачета» по лабораторной работе является предоставление отчета по лабораторной работе в соответствии с требуемой структурой документа (введение в эксперимент, описание экспериментов, обсуждение и выводы).

Skoltech

Оценка «незачет» выставляется, если отчет по лабораторной работе не предоставлен, если представленный отчет не содержит требуемые разделы (введение в эксперимент, описание экспериментов, обсуждение и выводы), если описание экспериментов и обсуждение не соответствует выводам, либо если выводы сделаны неправильно.

Методические материалы по выполнению лабораторной работы по дисциплине “Экспериментальная оптика I”.

Лабораторная работа: **“Оптическая интерферометрия: Введение в различные типы интерферометров, методы интерферометрических измерений и принципы фазовой синхронизации.”**

Цель работы:

Оптические интерферометры играют чрезвычайно важную роль в современной фотонике и находят широкое применение в различных областях, включая оптические телекоммуникации, механический, химический и биологический контроль, а также в детектировании гравитационных волн.

В ходе выполнения данной лабораторной работы вы:

- Соберёте и настроите два основных типа интерферометров:
  - интерферометр Майкельсона,
  - интерферометр Маха-Цендера.
- Определите различия между ними и оцените их пригодность для различных приложений.
- Используете интерферометр Майкельсона для измерения изменений длин, сравнимых с длиной волны света.
- Примените интерферометр Маха-Цендера для измерения показателя преломления диэлектрического материала.

Теоретическое введение

В этом разделе студентам необходимо провести анализ следующих вопросов:

- Теория оптической интерференции.
- Измерение длины с использованием интерферометра Майкельсона.
- Измерение показателя преломления.
- Интерферометр Маха-Цендера.

Оборудование

1. Гелий-Неоновые лазеры (Thorlabs model HNL 100LB, USA)
2. Цифровые осциллографы (Keysight infiniiVision model DSOX3054T, USA, UNI-T China, model UTD2102C)
3. Фотодиод большой площади Thorlabs (Thorlabs USA, model DET36A2)
4. Вращающаяся ступень и драйвер (Thorlabs model PRM1/MZ8, USA)
5. Пьезоэлектрическая трансляционная платформа (Piezomechanik Dr L Pickelmann GmbH- model SRV150/1)

Выполнение работы

1. Определите длину когерентности лазера с полосой пропускания 10 ГГц.
2. Соберите интерферометр Майкельсона и используйте его для измерения вибраций в лаборатории.
3. Применить интерферометр Майкельсона для измерения перемещений зеркала на нанометровом масштабе с использованием пьезоэлектрической трансляционной платформы.
4. Используйте интерферометр Майкельсона для определения показателя преломления стеклянной пластины.
5. Соберите и настройте интерферометр Маха-Цендера, а затем понаблюдайте возникающие интерференционные картины.

Экспериментальные результаты

- Опишите интерференционную картину полученную с помощью интерферометра Майкельсона. Проанализируйте данные, полученные с помощью фотодетектора, используя быстрый осциллограф в режиме Фурье.
- Измерьте перемещение пьезоэлектрической трансляционной платформы с помощью интерферометра Майкельсона.
- Проанализируйте влияние добавления вращающейся стеклянной пластины в одно из плеч интерферометра. Используйте интерферометр для расчёта показателя преломления этой стеклянной пластины.
- Опишите интерференционную картину, полученную с помощью интерферометра Маха-Цендера с добавлением и без добавления стеклянной пластины в одно из плеч. Выведите уравнения, необходимые для выполнения измерений показателя преломления, ранее проведенных с использованием интерферометра Майкельсона.
- Подготовьте отчет по выполненной работе.

Выводы

Выводы по проделанной работе должны быть основаны на анализе полученных экспериментальных результатов и их сопоставлении с сформулированными в начале работы целью и задачами.

Skoltech

Контрольные вопросы

1. Какова длина когерентности лазера с полосой пропускания 10 ГГц?
2. Какое изменение длины оптического пути соответствует переходу от максимальной к минимальной интенсивности интерференционных полос?
3. Каково предельное изменение оптической разности хода, при котором возможно наблюдение интерференционных полос?
4. Какое минимальное расстояние можно измерить с помощью интерферометра Майкельсона?
5. Какие изменения необходимо внести в формулу для расчёта показателя преломления, применяемую для измерения показателя преломления вращающейся стеклянной пластины, если для того же измерения используется интерферометр Маха-Цендера?

Литература

“Optics”, 4th ed., E. Hecht. Addison Wesley, 2016, ISBN 9781292096933

"Introduction to Optics" Pendrotti and Pendrotti, ISBN 9781108428262

Автономная некоммерческая образовательная организация высшего образования «Сколковский институт науки и технологий»

Утверждено

Директор образовательной программы

Дорожкин П.С.

Идентификатор документа, задачи / ID: 479406 v.1, 450401

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ПРОСТОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ /
The document is signed with a simple electronic signature

Директор образовательной программы / The Director of the program
Дорожкин Павел Сергеевич / Dorozhkin Pavel Sergeevich

Дата подписания / Date of signing 22.09.2026

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

“Физические основы оптических коммуникаций”

Направление подготовки 12.04.03 Фотоника и оптоинформатика

Квалификация “магистр”

Москва 2026

Skoltech

Название курса
Физические основы оптических коммуникаций

1. Аннотация

Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО: относится к модулю 1 "Наука, техника и технологии", элективная часть. Четверть 3, первый год обучения. Есть возможность взять курс на втором году обучения, четверть 7.

Язык дисциплины (модуля): английский.

Ведущий преподаватель: Шипулин Аркадий Владимирович

Этот курс охватывает основы современных оптических систем связи и подразделяется на базовую и прикладную части.

Базовая часть начинается с обзора различных форм уравнений Максвелла, процедуры усреднения на основе теории мультиполей. Основы взаимодействия света с веществом (включая метаматериалы) в дипольном приближении рассматриваются в рамках классических и квантовых моделей.

Сочетание уравнений Максвелла и квантовой механики используется для описания динамики лазеров и оптических усилителей. В отличие от традиционных курсов по квантовой механике для консервативных систем, в данном курсе используется теория матрицы плотности для двух-, трехи четырехуровневых квантовых объектов.

Модели распространения лазерного излучения в оптических волноводах анализируются на основе теории собственных мод.

Рассматриваются линейные и нелинейные свойства среды, влияющие на параметры распространяющегося света.

Во второй части курса разрабатываются прикладные аспекты современных систем оптической связи. Подчеркиваются основные факторы, ограничивающие производительность системы передачи. Рассматриваются линейные и нелинейные искажения, влияющие на параметры систем оптической передачи информации. Особое внимание уделяется применению стохастических методов в фотонике. Изучаются основы теории возникновения ошибок при распространении и детектировании оптических цифровых информационных сигналов.

Курс охватывает волоконно-оптические системы связи на дальние расстояния и локальные системы связи, системы связи в свободном пространстве (в том числе межспутниковые) и на борту самолетов/спутников, а также вопросы взаимодействия с мобильными системами. Курс также охватывает современные

вопросы обеспечения конфиденциальности передаваемой информации, в том числе технологию квантового распределения ключей.

В курсе рассматривается применение нанофотоники и технологий фотонных интегральных схем для оптических компьютеров, нейронных сетей, оптических датчиков и лидарных систем.

В соответствии с локальными нормативными актами Сколковского института науки и технологий обучение проводится на английском языке.

2. Материально-техническое обеспечение

Лекционная часть занятий и семинары проходят в учебной аудитории.

Аудитория должна обеспечивать проведение лекционных и семинарских занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

– специализированная мебель, стол преподавателя, доска;

– технические средства обучения: проекционный экран, проектор, средства аудио- и видеосвязи.

Для выполнения модельных расчетов и самостоятельных заданий необходим персональный компьютер или ноутбук. В качестве программной среды могут использоваться Python или MATLAB, в том числе для спектрального анализа, решения дифференциальных уравнений и численного моделирования распространения оптического сигнала.

Перечень используемого ПО:

- MS Office;
- Antiplagiat;
- программное обеспечение для математических вычислений и численного моделирования (MATLAB, Mathcad, Wolfram Mathematica, Maple, Python или аналогичные программные средства).

3. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия

Для освоения курса студенты должны владеть базовыми знаниями электродинамики и математического анализа, основами квантовой механики и теории случайных процессов.

Skoltech

4. Трудоёмкость

3 з.е. (1 з.е. это 27 астрономических часов)

5. Содержание курса

Л – лекции в часах
С – семинары в часах
П – практики в часах

Тема	Содержание	Л	С	П
Оптические коммуникации: введение и математические основы	Обзор структуры курса. Разложение Фурье. Динамика гармонического осциллятора. Приближение медленно меняющейся амплитуды.	2	1	0
Микроскопические уравнения Максвелла и их усреднение	Энергетические соотношения. Уравнение распространения Гельмгольца. Мультипольное разложение. Радиационные потери. Микроскопические уравнения Максвелла и процедура усреднения. Различные представления материальных уравнений. Преобразования Сердюкова–Федорова. Введение эффективных параметров.	2	1	0
Распространение излучения в сплошных средах: классическая динамика зарядов	Мультипольный подход к гомогенизации материалов при классическом описании динамики зарядов. Дисперсионные соотношения и эффективные параметры. Энергетические соотношения. Причинность диэлектрической проницаемости. Релятивистская инвариантность.	2	1	0
Распространение излучения в сплошных средах: квантовая динамика зарядов	Квантовая динамика зарядов на основе формализма матрицы плотности. Вывод диэлектрической проницаемости. Оптическое усиление и насыщение, полоса усиления/потерь. Причинность диэлектрической проницаемости.	2	1	0

Skoltech

Оптическая нелинейность	Физические источники нелинейности. Нелинейные волновые уравнения и теория связанных волн. Нелинейные эффекты второго и третьего порядков.	2	1	0
Оптические собственные моды I	Собственные моды волноводов. Распространение оптических импульсов в волокнах и волноводах. Распространение импульсов в периодически модулированных средах: структуры с фотонной запрещенной зоной и волоконные брэгговские решетки.	2	1	0
Оптические собственные моды II	Собственные моды микрорезонаторов и моды шепчущей галереи. Собственные моды плазмонных структур. Основы оптических метаматериалов. Оптические вихри.	2	1	0
Оптические метаматериалы	Оптические метаатомы. Управление светом на субволновом масштабе. Магнитные эффекты в оптических метаматериалах. Мультипольная нелинейность в метаматериалах.	2	1	0
Динамика оптических усилителей	Распространение оптического сигнала в средах с усилением и потерями. Непрерывная динамика лазерных систем. Модель Лэнга–Кобаяси для полупроводниковых лазеров.	2	1	0
Динамика лазеров	Общая точечная модель лазера. Модель Лэнга–Кобаяси. Режимы синхронизации мод и модуляции добротности. Ширина линии лазерной генерации. Нанолазеры и спазеры.	2	1	0
Модуляция и распространение оптического сигнала	Аналоговые и цифровые форматы модуляции. Когерентная и некогерентная цифровая модуляция. Источники искажений оптических импульсов.	2	1	0
Детектирование оптического сигнала	Основы статистического описания. Квадратичный и интегрирующий детекторы. Шумы фотоприемника. Отношение сигнал/шум и коэффициент шума оптических элементов. Глазковая диаграмма и оценка вероятности битовой ошибки.	2	1	0

Экспериментальные методы в оптических коммуникациях	Экспериментальное моделирование и оценка линий связи без оптических усилителей. Экспериментальное моделирование и оценка линий с оптическими усилителями, включая петлевую схему.	2	1	0
Всего контактных часов:		39		
Самостоятельная работа:		36		
Промежуточная аттестация		6		
Общее кол-во часов:		81		

6. Требования к результатам освоения дисциплины

Изучение дисциплины **“Физические основы оптических коммуникаций”** при подготовке магистров по направлению подготовки **12.04.03 Фотоника и оптоинформатика** направлено на приобретение следующих компетенций:

ПК-1. Способен самостоятельно и (или) в составе исследовательской группы разрабатывать, исследовать и применять математические модели для качественного и количественного описания явлений и процессов и (или) разработки новых технических средств;

ПК-2. Способен ставить, формализовать и решать задачи, уметь системно анализировать научные проблемы, генерировать новые идеи и создавать новое знание.

7. Вид итоговой оценки

Экзамен в устной форме

8. Структура оценки

Вид деятельности	**Относительный вклад в итоговую оценку за курс, %**
Командный проект	50

Финальный экзамен	30
Активность на занятиях	20

1% = 1 балл

9. Система оценивания

A, отлично 86% и выше	Оцениваемая работа выполнена с отменным качеством и свидетельствует об отличных знаниях, глубоком понимании предмета, глубоких всесторонних познаниях и умелом применении концепций и/или учебных материалов. Все результаты обучения соответствуют высокому уровню
B, хорошо 76% - 85%	Работа выполнена в соответствии с высокими стандартами и свидетельствует о наличии всесторонних познаний и хорошем понимании предмета, умении использовать соответствующие концепции, а также об умении решать проблемы, возникающие в ходе изучения предмета работы. Большая часть результатов обучения соответствует высокому уровню
C, удовлетворительно 66% - 75%	Оцениваемая работа в целом выполнена на удовлетворительном уровне и свидетельствует об адекватных знаниях и достаточном понимании предмета, однако со значительными недостатками. Большая часть результатов обучения соответствует удовлетворительному уровню
D,посредственно 56% - 65%	Оцениваемая работа выполнена на слабом уровне и свидетельствует о крайне ограниченном понимании предмета, недостаточных знаниях и имеет существенные недостатки. Удовлетворительному уровню соответствует лишь малая часть результатов обучения.
E, крайне посредственно	Минимально допустимый уровень успеваемости. Оцениваемая работа выполнена на очень слабом

46% - 55%	уровне, имеет серьезные недостатки и свидетельствует о весьма низком уровне знаний, понимания и/или умений и знакомства с предметом. Удовлетворительному уровню соответствует лишь очень малая часть результатов обучения (или таких результатов нет вообще)
F, неудовлетворительно 0% - 45%	Оцениваемая работа неприемлема и свидетельствует о практическом отсутствии знаний и понимания предмета работы. Удовлетворительному уровню не соответствуют никакие результаты обучения

10. Самостоятельная работа

Самостоятельная работа по дисциплине включает:

1. Изучение лекционных материалов и рекомендуемой литературы по электродинамике, квантовому описанию взаимодействия света с веществом, собственным модам и оптическим системам связи;
2. Подготовку командного проекта по одной из тем курса, включая поиск и анализ научно-технических источников, подготовку презентации и распределение материала между участниками;
3. Самостоятельную проработку физических моделей усиления, лазерной динамики, модуляции, распространения и детектирования оптического сигнала;
4. Подготовку к устному финальному экзамену и систематизацию основных физических моделей и их областей применимости.

Трудоемкость самостоятельной работы - 36 часов.

Для самостоятельной работы студентам рекомендуется использовать следующие источники:

1. Agrawal G. P. Fiber-Optic Communication Systems. John Wiley & Sons, 2002. ISBN 9780470505113.
2. Saleh B. E. A., Teich M. C. Fundamentals of Photonics. Wiley, 2007. ISBN 9780471358329.

3. Chipouline A., Küppers F. Optical Metamaterials: Qualitative Models. Introduction to Nano-Optics and Optical Metamaterials. Springer, 2019. ISBN 978-3-319-77518-0; eBook ISBN 978-3-319-77520-3.

11. Фонд оценочных средств. Оценочные и методические материалы по дисциплине

Итоговая оценка формируется по результатам командного проекта, устного финального экзамена и активности на занятиях. Оценочные мероприятия направлены на проверку понимания физических моделей, используемых для описания распространения, усиления, модуляции и детектирования оптического сигнала, а также способности аргументированно объяснять границы их применимости.

11.1. Командный проект

11.1.1. Оценочные материалы:

Студенты объединяются в группы по 2–3 человека. За три недели до экзамена каждая группа выбирает проект из перечня, предложенного преподавателем, и готовит совместную устную презентацию.

Пример проекта: «Анализ линейных источников искажений сигнала в волоконно-оптических системах связи и методов их компенсации».

11.1.2. Методические рекомендации:

Общий вес командного проекта составляет 50% итоговой оценки. Высокая оценка предполагает качественный физический анализ выбранной проблемы, корректное использование современных источников, извлечение необходимых количественных данных, логичную структуру презентации и способность авторов аргументированно отвечать на вопросы. Проект представляется всеми авторами.

11.2. Финальный экзамен

11.2.1. Оценочные материалы:

Финальный экзамен проводится устно после презентации проекта. Каждый студент отвечает на несколько вопросов из заранее предоставленного перечня; формулировка вопроса на экзамене может отличаться от формулировки в перечне, но вопросы не выходят за рамки содержания курса.

Проверяемые темы включают:

1. усреднение уравнений Максвелла и мультипольное представление среды;

2. классическое и квантовое описание оптического отклика;
3. оптические нелинейности; собственные моды волноводов, резонаторов и плазмонных структур;
4. динамику усилителей и лазеров; форматы модуляции;
5. шумы, отношение сигнал/шум, глазковую диаграмму и вероятность битовой ошибки.

11.2.2. Методические рекомендации по выполнению домашних заданий:

Общий вес финального экзамена составляет 30% итоговой оценки. Основной критерий – качественное понимание материала курса: студент должен давать содержательные, логически последовательные и научно корректные объяснения используемых физических моделей и их следствий. При подготовке ответа разрешается использовать материалы курса.

11.3. Активность на занятиях

11.3.1. Оценочные материалы:

Требования к посещаемости: требование по физическому присутствию на занятиях составляет не менее 95%. Высокая посещаемость обусловлена тем, что материалы курса представляют собой компиляцию из различных источников и значительная часть содержания разбирается непосредственно на занятиях.

Учитываются участие в дискуссиях, ответы на вопросы преподавателя, дополнительные содержательные вопросы по материалу курса, участие в сессиях вопросов и ответов и решение задач у доски.

Примеры заданий для рассмотрения на занятиях:

1.	Какая математическая модель обычно используется для описания распространения монохроматического оптического поля в однородной линейной среде?
2.	Какой параметр непосредственно определяет фазовую скорость распространения света в однородной среде?
3.	Что физически означает мнимая часть волнового вектора k при распространении плоской волны в среде?
4.	В модели оптического волокна увеличение хроматической дисперсии при фиксированной скорости передачи приводит прежде всего к: А) Уменьшению ширины спектра источника; Б) Временному уширению импульсов и межсимвольной интерференции;

Skoltech

	В) Автоматическому росту OSNR; Г) Полной компенсации нелинейности
5.	Оптическая мощность на входе волокна равна 1 мВт. Потери линии составляют 20 дБ. Найдите мощность на выходе без учета усиления. Ответ выразите в мВт.
6.	Как называется искажение цифрового сигнала, возникающее из-за перекрытия соседних импульсов во времени после распространения по диспергирующей линии?
7.	При увеличении входной мощности в волоконной линии качество сигнала сначала улучшается, а затем ухудшается. Какое объяснение наиболее корректно? А) На больших мощностях становятся существенными нелинейные эффекты; Б) Потери волокна становятся отрицательными; В) Скорость света в вакууме изменяется; Г) Шум приемника полностью исчезает.
8.	Какой формат модуляции использует две ортогональные поляризации и фазовую модуляцию QPSK для увеличения спектральной эффективности?
9.	При анализе глазковой диаграммы цифрового оптического сигнала “глаз” почти закрыт. Какой вывод наиболее корректен? А) Качество сигнала низкое, вероятны ошибки детектирования; Б) Сигнал обязательно идеален; В) Дисперсия отсутствует; Г) Шумы не влияют на прием.
10.	Расположите этапы системного моделирования цифровой оптической линии связи в логической последовательности. А) Рассчитать BER/Q-factor; Б) Задать параметры передатчика и формат модуляции; В) Смоделировать распространение в линии с потерями, дисперсией и шумами; Г) Смоделировать приемник и процедуру принятия решения; Д) Проанализировать глазковую диаграмму и статистику уровней.

11.	Какие признаки указывают на необходимость использовать когерентный прием вместо прямого детектирования? А) Требуется высокая спектральная эффективность; Б) Используются фазовые или квадратурные форматы модуляции; В) Нужно восстановить информацию о фазе оптического поля; Г) Передается только OOK-сигнал на малое расстояние; Д) Необходима цифровая компенсация дисперсии.
12.	Назовите основной шум, добавляемый оптическим усилителем типа EDFA.
13.	Оптический передатчик имеет мощность 0 дБм. Потери линии составляют 18 дБ, потери на соединителях — 2 дБ, чувствительность приемника — −25 дБм. Определите запас по мощности. Ответ выразите в дБ.
14.	Назовите нелинейный эффект в волокне, при котором интенсивность самого сигнала изменяет его фазу через эффект Керра.
15.	Какой физический механизм лежит в основе четырехволнового смешения в оптическом волокне?

11.3.2. Методические рекомендации:

Общий вес активности на занятиях составляет 20% итоговой оценки. Максимальный результат соответствует регулярному содержательному участию в учебной работе на протяжении курса.

Автономная некоммерческая образовательная организация высшего образования «Сколковский институт науки и технологий»

Утверждено

Директор образовательной программы

Дорожкин П.С.

Идентификатор документа, задачи / ID: 479406 v.1, 450401

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ПРОСТОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ /
The document is signed with a simple electronic signature

Директор образовательной программы / The Director of the program
Дорожкин Павел Сергеевич / Dorozhkin Pavel Sergeevich

Дата подписания / Date of signing 22.09.2026

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

“Интегральная кремниевая фотоника”

Направление подготовки 12.04.03 Фотоника и оптоинформатика

Квалификация “магистр”

Москва 2026

Skoltech

Название курса
Интегральная кремниевая фотоника

1. Аннотация

Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО: относится к модулю 1 "Наука, техника и технологии", элективная часть. Четверть 3, первый год обучения.

Язык дисциплины (модуля): английский.

Ведущий преподаватель: Драчев Владимир Прокопьевич

За последнее десятилетие большое внимание уделяется кремниевой платформе как единой основе для создания фотонных интегральных устройств и электронных схем. Разработаны технологические подходы в области кремниевой фотоники, позволяющие использовать инфраструктуру и маршруты изготовления КМОП для построения сложных фотонных схем. Кремниевая фотоника в настоящее время находится на той же ранней стадии развития, что и электроника 40 лет назад, но с большим преимуществом для изготовления чипов: существующие кремниевые технологии, позволяющие производить пластины с высокой степенью контроля для микроэлектроники, уже существуют.

Курс предполагает обсуждение широкого круга вопросов, от фундаментальных свойств волноводов на чипе и управления светом до проектирования и до решения проблем изготовления фотонных компонентов на платформе "кремний на изоляторе". Содержание курса включает в себя физику пассивных кремниевых фотонных компонентов, включая решетки, направленные ответвители, управляемые волноводные решетки и микро-кольцевые резонаторы. Будут обсуждаться активные компоненты, такие как модулятор, детекторы и гибридизация лазеров на кремниевом чипе. Отклик фотонной схемы включает эффекты, обусловленные физической реализацией, а именно эффекты литографии, неравномерности изготовления, температуры, длины волновода и размещения компонентов, которые также рассматриваются в курсе.

Курс включает раздел, посвященный методологии исследования. Методология исследования лежит в основе любого научного труда и определяет конкретные стратегии и подходы к сбору, анализу и интерпретации данных. В этой части курса концепция методологии исследования изучается на примере отчётов студентов по проектам, включающим подробный анализ значимых публикаций по интегральной кремниевой фотонике.

В соответствии с локальными нормативными актами Сколковского института науки и технологий обучение проводится на английском языке.

2. Материально-техническое обеспечение

Лекционная часть занятий и семинары проходят в учебной аудитории, оснащенной специализированной мебелью, доской и техническими средствами для демонстрации учебных материалов.

Для выполнения численных семинаров, домашних заданий и подготовки проектных материалов необходим персональный компьютер с установленным программным обеспечением Python.

Перечень используемого ПО:

- MS Office;
- Antiplagiat;
- Python 3.x и среда разработки или интерактивных вычислений (Jupyter Notebook/JupyterLab, Spyder, PyCharm, Visual Studio Code или аналогичная).

3. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия

Для освоения курса студенты должны владеть базовыми знаниями по электричеству и магнетизму, электромагнитным волнам и физике твердого тела на уровне программы бакалавриата.

4. Трудоёмкость

6 з.е. (1 з.е. это 27 астрономических часов)

5. Содержание курса

Л – лекции в часах
С – семинары в часах
П – практики (лабораторные занятия) в часах

Тема	Содержание	Л	С	П
Кремниевая фотоника: изготовление на	Введение в технологию изготовления кремниевых схем. Возможности применения существующих микроэлектронных процессов в	10	3	0

основе микроэлектронных технологий и целевые интегральные устройства	интегральной фотонике. Перспективные области применения кремниевых фотонных интегральных схем.			
Базовые компоненты интегральной фотоники	Электромагнитные основы пассивных компонентов: волноводы, решеточные вводы-выводы, направленные ответвители, решетки на массиве волноводов (AWG), микрокольцевые резонаторы, эффект Вернье. Элементы методологии исследования рассматриваются в рамках обсуждения проектных отчетов студентов.	10	4	0
Гибридная интеграция активных компонентов на кремниевой платформе	Лазеры, фотодетекторы и модуляторы. Подходы к гибридной интеграции активных компонентов с кремниевыми фотонными схемами.	10	5	0
Потери в кремниевых волноводах и численные методы проектирования	Численные методы проектирования интегральных фотонных структур. Потери в кремниевых волноводах. Прямоугольные волноводы. Направленные ответвители.	10	6	0
Микрокольцевые резонаторы и AWG: анализ и применения	Микрокольцевые резонаторы и решетки на массиве волноводов (AWG), их основные применения. Рассмотрение уравнений Максвелла и волнового уравнения применительно к анализу интегральных структур.	10	4	0
Всего контактных часов:		72		
Самостоятельная работа:		87		
Промежуточная аттестация		3		
Общее кол-во часов:		162		

Skoltech

6. Требования к результатам освоения дисциплины

Изучение дисциплины **“Интегральная кремниевая фотоника”** при подготовке магистров по направлению подготовки **12.04.03 Фотоника и оптоинформатика** направлено на приобретение следующих компетенций:

ПК-1. Способен самостоятельно и (или) в составе исследовательской группы разрабатывать, исследовать и применять математические модели для качественного и количественного описания явлений и процессов и (или) разработки новых технических средств;

ПК-2. Способен ставить, формализовать и решать задачи, уметь системно анализировать научные проблемы, генерировать новые идеи и создавать новое знание.

7. Вид итоговой оценки

Экзамен

8. Структура оценки

Вид деятельности	**Относительный вклад в итоговую оценку за курс, %**
Финальный проект	25
Кейс-разборы / тесты	15
Домашние задания	40
Итоговый экзамен	20

1% = 1 балл

9. Система оценивания

A, отлично 86% и выше	Оцениваемая работа выполнена с отменным качеством и свидетельствует об отличных знаниях, глубоком понимании предмета, глубоких всесторонних познаниях и умелом применении концепций и/или учебных материалов. Все результаты обучения соответствуют высокому уровню

B, хорошо 76% - 85%	Работа выполнена в соответствии с высокими стандартами и свидетельствует о наличии всесторонних познаний и хорошем понимании предмета, умении использовать соответствующие концепции, а также об умении решать проблемы, возникающие в ходе изучения предмета работы. Большая часть результатов обучения соответствует высокому уровню
C, удовлетворительно 66% - 75%	Оцениваемая работа в целом выполнена на удовлетворительном уровне и свидетельствует об адекватных знаниях и достаточном понимании предмета, однако со значительными недостатками. Большая часть результатов обучения соответствует удовлетворительному уровню
D,посредственно 56% - 65%	Оцениваемая работа выполнена на слабом уровне и свидетельствует о крайне ограниченном понимании предмета, недостаточных знаниях и имеет существенные недостатки. Удовлетворительному уровню соответствует лишь малая часть результатов обучения.
E, крайне посредственно 46% - 55%	Минимально допустимый уровень успеваемости. Оцениваемая работа выполнена на очень слабом уровне, имеет серьезные недостатки и свидетельствует о весьма низком уровне знаний, понимания и/или умений и знакомства с предметом. Удовлетворительному уровню соответствует лишь очень малая часть результатов обучения (или таких результатов нет вообще)
F, неудовлетворительно 0% - 45%	Оцениваемая работа неприемлема и свидетельствует о практическом отсутствии знаний и понимания предмета работы. Удовлетворительному уровню не соответствуют никакие результаты обучения

10. Самостоятельная работа

Самостоятельная работа по дисциплине включает:

1. Подготовку и защиту проектного отчета по анализу результатов ведущих исследовательских групп в области интегральной кремниевой фотоники;
2. Выполнение двух домашних работ с расчетными и аналитическими задачами по темам лекций и семинаров;
3. Подготовку к кейс-разборам и тестам по материалам лекций и семинаров;
4. Подготовку к письменному итоговому экзамену;
5. Изучение рекомендуемой учебной и научной литературы по кремниевой фотонике и методологии исследования.

Трудоемкость самостоятельной работы - 87 часов.

Для самостоятельной работы студентам рекомендуется использовать следующие источники:

1. L. Chrostowski, M. Hochberg. Silicon Photonics Design. Cambridge University Press, 2015.
2. A. Yariv, P. Yeh. Photonics: Optical Electronics in Modern Communications. Oxford University Press, 2006. Дополнительно рекомендуется: M. Hochberg, N. C. Harris, R. Ding et al. “Silicon photonics: the next fabless semiconductor industry”, IEEE Solid-State Circuits Magazine, 5(1), 2013, 48–58; W. Bogaerts et al. “Silicon microring resonators”, Laser & Photonics Reviews, 6(1), 2012, 47–73.

11. Фонд оценочных средств. Оценочные и методические материалы по дисциплине

Итоговая оценка формируется по результатам финального проекта, кейс-разборов и тестов, двух домашних работ и письменного итогового экзамена.

11.1. Финальный проект

11.1.1. Оценочные материалы:

Студент готовит проектный отчет и презентацию по результатам анализа работ одной из ведущих исследовательских групп в области интегральной кремниевой фотоники. В проекте необходимо рассмотреть научную проблематику выбранной группы, ключевые публикации, используемые методы исследования и подходы к сбору, анализу и интерпретации данных.

Конкретная тематика и порядок выбора проекта разъясняются преподавателем до начала выполнения проекта.

11.1.2. Методические рекомендации и критерии оценивания:

Общий вес финального проекта составляет 25% итоговой оценки, то есть 25 баллов. Исходная шкала проекта включает 50 баллов и пересчитывается пропорционально в итоговые 25 баллов курса.

При оценивании учитываются качество презентации проекта, уровень понимания исследуемой тематики и публикаций выбранной научной группы, а также способность аргументированно отвечать на вопросы преподавателя и других студентов.

11.2. Кейс-разборы и тесты

11.2.1. Оценочные материалы:

В ходе лекций и семинаров студентам предлагаются кейсы, связанные с физикой и проектированием компонентов интегральной кремниевой фотоники.

После изучения кейса студент выполняет тест в системе Canvas, включающий 2–3 вопроса или задачи по рассмотренному материалу.

Задания могут проверять понимание физического механизма, выбор корректной модели или метода проектирования, а также интерпретацию результатов анализа фотонной структуры.

Примеры тестовых заданий:

1.	Для моделирования фотонной интегральной схемы необходимо заменить электромагнитную модель каждого волновода и ответвителя набором параметров, пригодным для circuit-level simulation. Какой подход наиболее корректен? А) Использовать только геометрические параметры компонентов; Б) Использовать компактные модели, параметры которых извлечены из физической модели и/или экспериментальных характеристик; В) Использовать один набор параметров для всех компонентов независимо от их геометрии; Г) Заменить каждый компонент идеальным элементом с номинальным коэффициентом передачи.
2.	В модели фотонной схемы используется номинальная ширина кремниевого волновода. После изготовления наблюдается существенный разброс характеристик между одинаковыми структурами на одном кристалле. Какое расширение модели наиболее непосредственно позволит исследовать этот эффект?

Skoltech

	А) Введение статистического распределения геометрических параметров; Б) Увеличение пространственного разрешения модели без изменения параметров; В) Замена модели волновода моделью свободного пространства; Г) Увеличение оптической мощности источника.
3.	Как называется параметр, характеризующий изменение групповой задержки оптического сигнала с длиной волны и непосредственно связанный с дисперсионными свойствами волновода?
4.	Для оценки влияния технологического разброса исследователь многократно моделирует одну и ту же фотонную схему, каждый раз случайным образом изменяя ширину волноводов и другие параметры процесса. Как называется такой метод анализа?
5.	При фиксированных остальных параметрах период дифракционной решетки ввода-вывода излучения (grating coupler) уменьшается. Что произойдет с центральной длиной волны связи в рамках первого порядка приближения фазового синхронизма?
6.	Два последовательно связанных кольцевых резонатора имеют близкие, но разные FSR. Каков физический смысл конфигурации Вернье? А) Уменьшение Q фактора обоих резонаторов; Б) Формирование существенно большего эффективного периода повторения совместных резонансов; В) Полное устранение термооптического эффекта; Г) Преобразование TE-моды в TM-моду.
7.	Как называется фундаментальный механизм изменения показателя преломления Si при изменении концентрации электронов и дырок?
8.	В спектре одного микрокольцевого резонатора вместо одного резонансного пика устойчиво наблюдаются два близких резонанса. Как называется механизм, связывающий моду “по часовой стрелке” и “против часовой стрелки” и приводящий к такому разедлению?
9.	Микрокольцевой резонатор с высоким Q используется как сенсор показателя преломления. Q увеличили в 5 раз, но минимально детектируемое изменение показателя практически не улучшилось. Какое объяснение наиболее содержательно? А) Q вообще не влияет на ширину линии; Б) Система уже ограничена не шириной линии, а температурным дрифтом/шумами и стабильностью системы опроса; В) Более высокий Q обязательно уменьшает чувствительность;

	Г) Групповая скорость перестала зависеть от длины волны.
10.	При увеличении оптической мощности лазера резонанс Si микрокольцевог резонатора смещается в длинноволновую область и при прямом/обратном сканировании лазером появляется гистерезис. Какой механизм наиболее вероятно доминирует? А) Дисперсия свободных носителей; Б) Термооптическая нелинейность вследствие поглощения и нагрева; В) Эффект Керра без теплового вклада; Г) Материальная дисперсия.
11.	Si модулятор Маха-Цендера имеет хорошее ВЧ согласование импеданса до 50 ГГц, но EO-response начинает падать значительно раньше, причем падение становится сильнее при увеличении длины traveling-wave электрода. Какой механизм нужно проверить первым? А) Темновой ток PN-перехода; Б) Дробовой шум; В) Потери при распространении оптического сигнала вне области фазового модулятора; Г) Рассогласование скоростей распространения СВЧ- и оптической волн и затухание СВЧ-сигнала.

11.2.2. Методические рекомендации и критерии оценивания:

Общий вес кейс-разборов и тестов составляет 15% итоговой оценки, то есть 15 баллов. Для получения максимальной оценки необходимо корректно выполнить задания теста и продемонстрировать понимание разобранного на занятии случая.

11.3. Домашние задания

11.3.1. Оценочные материалы:

В течение курса студенты выполняют две домашние работы по темам лекций и семинаров.

Каждая домашняя работа включает 10 расчетных или аналитических задач, оцениваемых по 10 баллов каждая.

Тематика домашних заданий охватывает физику интегральных волноводов и пассивных компонентов, микрокольцевые резонаторы, направленные ответвители, решетки на массиве волноводов, активные компоненты и численные методы проектирования интегральных фотонных структур.

11.3.2. Методические рекомендации и критерии оценивания:

Общий вес домашних заданий составляет 40% итоговой оценки. Максимальная оценка соответствует корректному решению всех задач двух домашних работ; ошибки в методе, расчетах или итоговом ответе приводят к снижению балла.

11.4. Итоговый экзамен

11.4.1. Оценочные материалы:

Итоговый экзамен проводится в письменной форме и включает 6–7 задач.

Задания охватывают темы и методы, аналогичные задачам домашних работ, а также задачам, разбираемым на лекциях и семинарах.

Примеры заданий:

1. В результате изменения температуры резонанс микрокольца смещается на 0,1 нм при изменении температуры на 10 K. Чему равен температурный коэффициент смещения резонанса в нм/К?
2. Микрокольцевой резонатор имеет Q=5.0×10^4 при 1550 нм. Какова FWHM в пм?
3. Радиус кольца равен 10 мкм, ng=4.2, рабочая длина волны 1550 нм. Оцените FSR кольца. Ответ выразите в нм.
4. Два кольцевых резонатора имеют FSR 10.0 и 10.5 нм. Оцените FSR Вернье. Ответ выразите в нм.

11.4.2. Методические рекомендации и критерии оценивания:

Общий вес итогового экзамена составляет 20% итоговой оценки. В исходной шкале экзамена предусмотрено до 110 баллов; максимальная оценка по данному компоненту выставляется при получении не менее 100 баллов.

При оценивании задач учитываются:

• корректность выбранного метода решения;

• правильность количественного результата;

• корректное указание единиц измерения.

Автономная некоммерческая образовательная организация высшего образования «Сколковский институт науки и технологий»

Утверждено

Директор образовательной программы

Дорожкин П.С.

Идентификатор документа, задачи / ID: 479406 v.1, 450401

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ПРОСТОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ /
The document is signed with a simple electronic signature

Директор образовательной программы / The Director of the program
Дорожкин Павел Сергеевич / Dorozhkin Pavel Sergeevich

Дата подписания / Date of signing 22.09.2026

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

“Физика коллоидов и границ раздела фаз”

Направление подготовки 12.04.03 Фотоника и оптоинформатика

Квалификация “магистр”

Москва 2026

Skoltech

Название курса
Физика коллоидов и границ раздела фаз

1. Аннотация

Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО: относится к модулю 1 "Наука, техника и технологии", элективная часть. Четверть 3, первый год обучения. Есть возможность взять курс на втором году обучения, четверть 6.

Язык дисциплины (модуля): английский.

Ведущий преподаватель: Горин Дмитрий Александрович

Наука, изучающая границы раздела фаз, является основой современных нанотехнологий. Объекты микромира управляются поверхностными эффектами, сила действия которых преобладает над силами гравитации и инерции, и как результат являются определяющими. Практическое применение науки о поверхности важно для современной науки и техники, включая технологию «лаборатория на чипе», микрофлюидику, биочипы, инжиниринг биологических тканей, биофотонику, тераностику. Современная наука, изучающая поверхность, является хорошим примером мультидисциплинарности: она находится на стыке физики, химической инженерии, биологии, медицины. В рамках этого курса студенты получат не только теоретические знания, но и следующие практические навыки и умения:

- измерение поверхностного натяжения;

- измерение контактного угла;

- измерение поверхностного потенциала методом зонда Кельвина;

- характеризация наночастиц методом динамического рассеяния света для получения

распределения частиц по размерам и измерения их электрокинетического потенциала;

- синтез микрочастиц карбоната кальция микронного и субмикронного размера и инкапсуляция в них неорганических наночастиц и белков;

- создание полимерных и нанокомпозитных микрокапсул с помощью метода последовательной адсорбции и используя частицы карбоната кальция в качестве темплайтов.

Таким образом, студенты получат знания, которые могут быть использованы для анализа происходящих в микромире явлений, с точки зрения науки, изучающей границы раздела фаз.

2. Материально-техническое обеспечение

Лекционная часть занятий и семинары проходят в учебной аудитории, оснащенной специализированной мебелью, доской и техническими средствами для демонстрации учебных материалов и проведения текущего контроля.

Лабораторные занятия проводятся в Лаборатории Биофотоники. В ходе лабораторной части используется следующее оборудование:

- лазерный анализатор Zetasizer Nano ZS;
- высокоскоростная многофункциональная центрифуга Eppendorf 5430 с роторами и адаптерами для пробирок;
- вортекс для пробирок V-1 plus;
- мини-ротатор Bio RS-24;
- лабораторные весы AND GR-202;
- стандартное лабораторное оборудование и расходные материалы для подготовки, синтеза и исследования коллоидных образцов.

Перечень используемого ПО:

- MS Office
- Antiplagiat

3. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия

Для освоения курса студенты должны владеть базовыми знаниями по оптике и молекулярной физике, а также иметь представление об основных положениях термодинамики и физической химии на уровне программы бакалавриата.

4. Трудоёмкость

6 з.е. (1 з.е. это 27 астрономических часов)

5. Содержание курса

Л – лекции в часах

Skoltech

С – семинары в часах
П – практики (лабораторные занятия) в часах

Тема	Содержание	Л	С	П
Введение	Граница раздела фаз и поверхность. Коллоидные системы. Дисперсионная (внешняя) и дисперсная (внутренняя) фазы. Типы дисперсных систем.	3	0	0
Поверхности жидкостей	Микроскопическое строение поверхности жидкости. Поверхностное натяжение. Уравнение Юнга–Лапласа и криволинейные поверхности. Применение уравнения Юнга–Лапласа. Методы измерения поверхностного натяжения. Уравнение Кельвина. Капиллярная конденсация. Теория зародышеобразования.	3	3	3
Характеризация наночастиц	Теория рассеяния. Рассеяние Рэлея и Ми. Динамическое рассеяние света и фотонная корреляционная спектроскопия. Уравнение Смолуховского. Эффект Тиндаля. Рассеяние Бриллюэна. Рентгеновское и комптоновское рассеяние. Доплеровский сдвиг.	3	3	3
Термодинамика границ раздела фаз	Поверхностный избыток и фундаментальные термодинамические соотношения. Внутренняя энергия и энергия Гельмгольца. Условия равновесия и положение границы раздела. Энергия Гиббса и определение поверхностного натяжения. Поверхностная энергия, межфазная энтальпия и поверхностная энергия Гиббса. Изотерма адсорбции Гиббса и ее вывод. Двухкомпонентные системы и экспериментальные аспекты. Эффект Марангони.	3	3	3
Электрический двойной слой	Модели электрического двойного слоя. Теория Пуассона–Больцмана диффузного двойного слоя. Уравнение Пуассона–Больцмана для плоской поверхности и полный одномерный случай. Уравнение Грэма. Емкость диффузного двойного слоя. Ограничения теории	3	3	3

	Пуассона–Больцмана и модели за ее пределами. Слой Штерна. Свободная энергия Гиббса двойного электрического слоя.			
Эффекты на заряженных границах раздела	Электрокапиллярность: теория и методы измерения. Примеры заряженных поверхностей: ртуть, иодид серебра, оксиды, слюда, полупроводники. Измерение поверхностной плотности заряда. Потенциометрическое коллоидное титрование и емкости. Электрокинетические явления: ζ-потенциал, электроосмос, потенциал течения, электрофорез и седиментационный потенциал.	3	3	3
Контактный угол и смачивание	Уравнение Юнга и контактный угол. Линейное натяжение. Полное смачивание. Геометрии смачивания и капиллярный подъем. Частицы на границе жидкость–газ. Методы измерения контактного угла. Гистерезис контактного угла, шероховатость и неоднородность поверхности. Динамика смачивания и несмачивания. Приложения: флотация, моющее действие, микрофлюидика, управляемое смачивание.	3	3	3
Поверхностно-активные вещества, мицеллы, эмульсии и пены	Поверхностно-активные вещества. Сферические мицеллы, цилиндры и бислои. Критическая концентрация мицеллообразования и влияние температуры. Термодинамика мицеллообразования и структура агрегатов. Биологические мембраны. Макро- и микроэмульсии: образование, стабилизация, эволюция и старение, коалесценция и деэмульгирование. Эластические свойства пленок ПАВ. Пены: классификация, применение, образование, структура и эволюция.	3	3	0
Тонкие пленки на поверхности жидкостей	Фазы мономолекулярных пленок. Экспериментальные методы исследования монослоев, включая оптические методы и рентгеновское отражение и дифракцию. Поверхностный потенциал, поверхностная упругость и вязкость. Перенос Ленгмюра–Блоджетт. Послойная сборка методом последовательной адсорбции. Полиэлектролитные капсулы.	3	3	0

Всего контактных часов:	69
Самостоятельная работа:	90
Промежуточная аттестация	3
Общее кол-во часов:	162

6. Требования к результатам освоения дисциплины

Изучение дисциплины **“Физика коллоидов и границ раздела фаз”** при подготовке магистров по направлению подготовки **12.04.03 Фотоника и оптоинформатика** направлено на приобретение следующих компетенций:

ПК-1. Способен самостоятельно и (или) в составе исследовательской группы разрабатывать, исследовать и применять математические модели для качественного и количественного описания явлений и процессов и (или) разработки новых технических средств;

ПК-3. Способен применять на практике умения и навыки в организации исследовательских и проектных работ, способен самостоятельно организовывать и проводить научные исследования и внедрять их результаты в качестве члена или руководителя малого коллектива.

7. Вид итоговой оценки

Экзамен

8. Структура оценки

Вид деятельности	**Относительный вклад в итоговую оценку за курс, %**
Посещение занятий	15
Активное участие в лекциях и семинарах	15
Отчеты по лабораторным работам	30
Решение задач на семинарах	10

Презентация	10
Финальный экзамен	20

1% = 1 балл

Для очного участия установлено требование посещения не менее 80% занятий. Пропуски допускаются по уважительной причине при наличии подтверждения.

9. Система оценивания

A, отлично 86% и выше	Оцениваемая работа выполнена с отменным качеством и свидетельствует об отличных знаниях, глубоком понимании предмета, глубоких всесторонних познаниях и умелом применении концепций и/или учебных материалов. Все результаты обучения соответствуют высокому уровню
B, хорошо 76% - 85%	Работа выполнена в соответствии с высокими стандартами и свидетельствует о наличии всесторонних познаний и хорошем понимании предмета, умении использовать соответствующие концепции, а также об умении решать проблемы, возникающие в ходе изучения предмета работы. Большая часть результатов обучения соответствует высокому уровню
C, удовлетворительно 66% - 75%	Оцениваемая работа в целом выполнена на удовлетворительном уровне и свидетельствует об адекватных знаниях и достаточном понимании предмета, однако со значительными недостатками. Большая часть результатов обучения соответствует удовлетворительному уровню
D,посредственно 56% - 65%	Оцениваемая работа выполнена на слабом уровне и свидетельствует о крайне ограниченном понимании предмета, недостаточных знаниях и имеет существенные недостатки. Удовлетворительному уровню соответствует лишь малая часть результатов обучения.

E, крайне посредственно 46% - 55%	Минимально допустимый уровень успеваемости. Оцениваемая работа выполнена на очень слабом уровне, имеет серьезные недостатки и свидетельствует о весьма низком уровне знаний, понимания и/или умений и знакомства с предметом. Удовлетворительному уровню соответствует лишь очень малая часть результатов обучения (или таких результатов нет вообще)
F, неудовлетворительно 0% - 45%	Оцениваемая работа неприемлема и свидетельствует о практическом отсутствии знаний и понимания предмета работы. Удовлетворительному уровню не соответствуют никакие результаты обучения

10. Самостоятельная работа

Самостоятельная работа по дисциплине включает:

1. Решение задач по темам лекций и семинаров, включая поверхностное натяжение, капиллярные явления, электрический двойной слой и смачивание;
2. Подготовку к лабораторным работам, обработку экспериментальных данных и оформление лабораторных отчетов;
3. Подготовку 15-минутной научной презентации по предварительно выбранной теме и критический обзор современной литературы;
4. Подготовку к финальному экзамену;
5. Самостоятельное изучение рекомендованной научной и учебной литературы.

Трудоемкость самостоятельной работы - 90 часов.

Для самостоятельной работы студентам рекомендуется использовать следующие источники:

1. Hans-Jürgen Butt, Karlheinz Graf, Michael Kappl. Physics and Chemistry of Interfaces. Wiley-VCH Verlag & Co. KGaA, 2003. ISBN 9783527412167.
2. J. N. Israelachvili. Intermolecular and Surface Forces. 3rd ed. Academic Press, 2011. ISBN 9780123751829.

3. Layer-by-Layer Films for Biomedical Applications / Ed. C. Picart, F. Caruso, J.-C. Voegel. Wiley-VCH, 2015. ISBN 9783527335893.
4. John C. Berg. An Introduction to Interfaces and Colloids: The Bridge to Nanoscience. Wiley-VCH, 2010. ISBN 9789814293075.
5. C. F. Bohren, D. R. Huffman. Absorption and Scattering of Light by Small Particles. Wiley-VCH, 1998. ISBN 9780471293408.

Дополнительные методические материалы и задания могут размещаться в системе управления обучением Canvas LMS.

11. Фонд оценочных средств. Оценочные и методические материалы по дисциплине

Оценивание результатов освоения дисциплины включает посещение занятий, активное участие в обсуждениях и решении задач, лабораторные работы, решение задач на семинарах, научную презентацию и финальный экзамен. Ниже приведены оценочные материалы и методические рекомендации по основным видам деятельности.

11.1. Посещение занятий

11.1.1. Оценочные материалы:

Очное посещение занятий является обязательным; установленное требование – не менее 80% занятий. Пропуски допускаются только по уважительной причине при наличии подтверждения.

11.1.2. Методические рекомендации и критерии оценивания:

Общий вес посещения занятий составляет 15% итоговой оценки. Регулярное посещение рассматривается как показатель вовлеченности студента в курс и готовности к выполнению семинарских и лабораторных заданий.

11.2. Активное участие в лекциях и семинарах

11.2.1. Оценочные материалы:

Активное участие предполагает ответы на вопросы во время лекций, постановку содержательных вопросов, участие в обсуждениях, внимательное восприятие материала и участие в решении задач на семинарах.

Примеры рассматриваемых вопросов:

Skoltech

1.	Две сферические капли одной жидкости имеют радиусы 1 и 10 мкм. Газовое давление снаружи одинаково. Какая капля имеет большее внутреннее давление вследствие кривизны поверхности? А) Капля радиусом 10 мкм, поскольку ее объем больше; Б) Капля радиусом 1 мкм, поскольку лапласовское давление возрастает с уменьшением радиуса; В) Давление одинаково, поскольку поверхностное натяжение одной жидкости одинаково; Г) Ответ зависит только от плотности жидкости.
2.	В системе имеется распределение цилиндрических пор различного радиуса. При постепенном увеличении относительной влажности капиллярная конденсация начинается не одновременно во всех порах. В каких порах она должна возникнуть раньше при одинаковом смачивании поверхности?
3.	В пересыщенном растворе образование новой фазы почти не наблюдается в объеме, но резко ускоряется после введения микроскопических твердых частиц. Какое объяснение наиболее корректно? А) Частицы обязательно увеличивают степень пересыщения раствора; Б) Твердое тело изменяет фундаментальное значение постоянной Больцмана; В) Частицы полностью устраняют поверхностную энергию новой фазы; Г) Поверхность частиц может снижать энергетический барьер зародышеобразования;Твердое тело изменяет фундаментальное значение постоянной Больцмана.
4.	Как называется образование зародыша новой фазы на уже существующей поверхности, примеси или стенке сосуда?
5.	В суспензии присутствует большое число частиц диаметром около 50 нм и небольшая примесь агрегатов диаметром около 500 нм. При динамическом рассеянии света измеренное распределение по интенсивности неожиданно показывает крупную фракцию как доминирующую. Почему?

	А) Крупные частицы могут рассеивать свет несоизмеримо сильнее мелких, поэтому интенсивностное распределение существенно смещено в их сторону; Б) Динамическое рассеяние света непосредственно измеряет число частиц; В) Броуновское движение крупных частиц всегда быстрее; Г) Метод нечувствителен к частицам меньше 100 нм.
6.	Один и тот же монодисперсный образец наночастиц измеряют методом динамического рассеяния света при двух температурах. При повышении температуры коэффициент диффузии возрастает. Можно ли сразу заключить, что частицы стали меньше? А) Да, коэффициент диффузии определяется только размером частиц; Б) Да, если концентрация частиц постоянна; В) Нет, необходимо учитывать одновременно изменение температуры и вязкости среды; Г) Нет, потому что динамическое рассеяние света вообще не связано с броуновским движением.
7.	Поверхностный потенциал частицы остается отрицательным, однако измеренный электрокинетический потенциал значительно ближе к нулю. Почему эти две величины не обязаны совпадать? А) Электрокинетический потенциал относится не непосредственно к физической поверхности, а к плоскости гидродинамического скольжения; Б) Электрокинетический потенциал является просто поверхностным потенциалом, умноженным на размер частицы; В) Поверхностный потенциал определяется только температурой; Г) Электрокинетический потенциал существует только у проводящих частиц.
8.	К водной дисперсии заряженных частиц добавляют индифферентный электролит, не изменяя химический заряд поверхности. Какое изменение двойного электрического слоя наиболее ожидаемо? А) Диффузный слой становится более протяженным; Б) Электростатическое экранирование усиливается, а характерная толщина диффузного слоя уменьшается;

	В) Электрический двойной слой полностью исчезает при любой конечной концентрации соли; Г) Электрокинетический потенциал обязательно меняет знак.
9.	При динамическом рассеянии света три последовательных измерения одной и той же свежеприготовленной суспензии дают диаметры 80, 82 и 410 нм. Какое действие наиболее разумно первым? А) Усреднить три значения; Б) Проверить наличие пыли, крупных агрегатов и загрязнения кюветы, а также временную устойчивость корреляционной функции; В) Исключить значение 410 нм как статистический выброс без дополнительной проверки; Г) Считать 410 нм наиболее точным значением, поскольку оно больше.
10.	Как называется стабилизация коллоидных частиц за счет полимерных или других объемных слоев на поверхности, которые препятствуют достаточно близкому сближению частиц?
11.	При сравнении размеров частиц методом динамического рассеяния света исследователь разбавил концентрированную суспензию в 100 раз и получил существенно меньший гидродинамический размер. Какой вывод наиболее корректен? А) Частицы обязательно растворились при разбавлении; Б) Более разбавленный образец всегда дает истинный размер независимо от химического равновесия; В) Динамическое рассеяние света принципиально работает только при одном фиксированном разбавлении; Г) Необходимо проверить концентрационно-зависимую агрегацию, межчастичные взаимодействия и множественное рассеяние; результат нельзя автоматически трактовать как изменение истинного размера первичных частиц.
12.	Измеряются контактные углы нескольких покрытий. Для каждого покрытия оператор вручную выбирает место нанесения одной капли. Поверхности заметно неоднородны. Как улучшить эксперимент? А) Использовать одну каплю максимально большого объема;

	Б) Проводить измерения в нескольких заранее определенных или случайно выбранных областях, регистрируя как среднее значение, так и пространственный разброс; В) Выбирать область, где форма капли наиболее симметрична; Г) Измерять только максимальный контактный угол.
13.	Два материала имеют одинаковый статический контактный угол, но на первом капля легко начинает двигаться при небольшом наклоне, а на втором остается закрепленной. Измерения каких дополнительных параметров наиболее информативны?
14.	Исследователь хочет определить влияние pH на электрокинетический потенциал наночастиц. Для регулирования pH он добавляет разные количества кислоты и основания, при этом ионная сила раствора также существенно меняется. Почему такой эксперимент трудно интерпретировать? А) Одновременно изменяются заряд поверхности и степень экранирования двойного электрического слоя; Б) Электрокинетический потенциал вообще не зависит от pH; В) Изменение ионной силы влияет только на вязкость раствора; Г) pH нельзя изменять в дисперсиях наночастиц.
15.	Дисперсия наночастиц стабильна в деионизованной воде, но быстро агрегирует после помещения в физиологический раствор. Какой механизм наиболее вероятно следует проверить? А) Сжатие электрического двойного слоя и ослабление электростатического отталкивания вследствие высокой ионной силы; Б) Увеличение скорости света в растворе; В) Исчезновение броуновского движения; Г) Полное прекращение ван-дер-ваальсовых взаимодействий.

11.2.2. Методические рекомендации и критерии оценивания:

Общий вес активного участия составляет 15% итоговой оценки. Ориентировочная шкала: 10–15 баллов – активное участие практически во всех занятиях; 5–10 баллов – активное участие примерно в половине занятий; 0–5 баллов – эпизодическое участие.

11.3. Решение задач на семинарах

11.3.1. Оценочные материалы:

На семинарах студенты решают задачи по отдельным разделам курса. Пример блока по теме «Поверхности жидкостей»:

1. Пластиковый резервуар заполнен водой до высоты 1 м. В дне выполнено отверстие радиусом 0,1 мм. Вытечет ли вся вода, если пластик является несмачиваемым?

2. Метод пластинки Вильгельми: определить силу, действующую на пластинку шириной 1 см при контактном угле 45° в воде.

3. При измерении поверхностного натяжения проволоку радиусом 1 мм и длиной 1 см погружают в жидкость параллельно поверхности. Сила отрыва от полностью смачивающей жидкости равна 0,49 мН. Определить поверхностное натяжение и обсудить изменение соотношения между силой, поверхностным натяжением и контактным углом для контактного угла более 90°.

11.3.2. Методические рекомендации и критерии оценивания:

Общий вес решения задач составляет 10% итоговой оценки. Решения должны быть корректными, читаемыми, изложенными по шагам, с указанием единиц измерения и пояснениями. Графики, если они необходимы, должны быть получены с помощью программных средств анализа и визуализации данных. Максимальный балл выставляется при правильном и ясном решении всех задач; оценка снижается пропорционально доле корректно выполненных заданий.

11.4. Презентация

11.4.1. Оценочные материалы:

Пример темы проекта: «Полиэлектролитные капсулы». Каждый студент готовит презентацию по предварительно выбранной теме, отражающую содержание темы курса и современное состояние исследований.

11.4.2. Методические рекомендации и критерии оценивания:

Презентация должна быть рассчитана примерно на 15 минут и сопровождаться короткой сессией вопросов и ответов. Необходимо представить критический обзор современной литературы, преимущественно публикаций последних пяти лет. При оценивании учитываются качество слайдов, полнота и критичность литературного обзора, качество устного доклада и ответы на вопросы. Общий вес презентации составляет 10% итоговой оценки.

11.5. Лабораторные работы

11.5.1. Оценочные материалы:

Пример лабораторной работы: «Получение частиц карбоната кальция микро- и субмикронного размера». Другие практические работы курса направлены на измерение параметров поверхностей и коллоидных систем, характеризацию наночастиц и получение полимерных/нанокомпозитных микрокапсул.

11.5.2. Методические рекомендации и критерии оценивания:

Общий вес лабораторных отчетов составляет 30% итоговой оценки. Для каждой лабораторной работы предусмотрено до 30 баллов: вопросы перед выполнением работы – до 5 баллов; лабораторный отчет – до 20 баллов; ответы на вопросы в отчете – до 5 баллов.

Лабораторный отчет должен содержать теоретическую и экспериментальную части, анализ данных, обсуждение результатов, выводы и ответы на контрольные вопросы. Рекомендуемая структура:

- название работы;
- введение с формулировкой цели и актуальности;
- материалы и методы с описанием оборудования и процедур;
- результаты с таблицами, графиками и рисунками;
-
- обсуждение результатов, источников ошибок и ограничений с сопоставлением с литературными данными при необходимости;
- заключение;
- список литературы;
- ответы на контрольные вопросы.

11.6. Финальный экзамен

11.6.1. Оценочные материалы:

Пример основного экзаменационного вопроса: «Теория Пуассона–Больцмана диффузного электрического двойного слоя». Пример дополнительного вопроса: «Сравните энергетические барьеры при гомогенном и гетерогенном зародышеобразовании и капиллярной конденсации».

11.6.2. Методические рекомендации и критерии оценивания:

Общий вес финального экзамена составляет 20% итоговой оценки. Студент заранее получает два тематических вопроса, которые обсуждаются с преподавателем на экзамене; при необходимости могут быть заданы дополнительные вопросы по курсу. Для высокой оценки требуется знание всего материала дисциплины. Ориентировочная шкала исходного syllabus: 15–20 баллов – полный ответ на основной вопрос и корректные ответы на четыре дополнительных вопроса; 10–15 баллов – полный ответ и корректные ответы на три дополнительных вопроса; 5–10 баллов – полный ответ и корректные ответы на

два дополнительных вопроса; 0–5 баллов – полный ответ и корректный ответ на один дополнительный вопрос.

Методические материалы по выполнению лабораторной работы по дисциплине “Физика коллоидов и границ раздела фаз”.

Лабораторная работа: **“Получение частиц карбоната кальция микро- и субмикронного размера”**

Цель работы:

Получить дисперсные частицы карбоната кальция методом осаждения из раствора, исследовать влияние условий синтеза на образование и размер частиц и провести их характеризацию. Освоить операции подготовки коллоидного образца, отделения и промывки осадка, диспергирования частиц и определения их характерного размера методом динамического рассеяния света. Связать наблюдаемые свойства системы с процессами зародышеобразования, роста кристаллов, агрегации и межфазными явлениями.

Теоретическое введение

Карбонат кальция является удобной модельной системой для изучения процессов образования дисперсной фазы в растворе. При смешении растворов, содержащих ионы Ca^{2+} и CO_3^{2-}, при достижении пересыщения начинается зародышеобразование, после чего происходит рост частиц. В простейшем виде процесс осаждения может быть записан как $Ca^{2+} + CO_3^{2-} \rightarrow CaCO_3\downarrow$.

Размер и морфология образующихся частиц определяются конкуренцией процессов зародышеобразования, роста, агрегации и рекристаллизации. На них влияют концентрация реагентов, степень пересыщения, скорость смешения, интенсивность перемешивания, температура, время выдержки, ионный состав среды и наличие добавок. При более высокой скорости образования зародышей число частиц может увеличиваться, а их характерный размер — уменьшаться; при последующем росте и агрегации, напротив, формируются более крупные структуры.

После синтеза частицы необходимо отделить от растворимых компонентов среды и повторно диспергировать в подходящей жидкости. Для этого применяют центрифугирование, удаление супернатанта, промывку и ресуспендирование. Качество диспергирования существенно влияет на измеряемое распределение частиц по размерам, поскольку агрегаты могут давать вклад, непропорционально большой их численной доле.

Для оценки характерного размера субмикронных и мелких микронных частиц может применяться динамическое рассеяние света (DLS). Метод основан на

анализе временных флуктуаций интенсивности рассеянного света, вызванных броуновским движением частиц. По коэффициенту диффузии определяется гидродинамический диаметр с использованием соотношения Стокса–Эйнштейна. При интерпретации результатов необходимо учитывать полидисперсность, возможную агрегацию и ограничения метода для крупных или седиментирующих частиц.

Оборудование

1. Лазерный анализатор Zetasizer Nano ZS.
2. Высокоскоростная многофункциональная центрифуга Eppendorf 5430 с соответствующими роторами и адаптерами.
3. Вортекс V-1 plus и мини-ротатор Bio RS-24.
4. Лабораторные весы AND GR-202.
5. Стандартное лабораторное оборудование и расходные материалы: пробирки, дозирующие устройства, одноразовые наконечники, деионизованная вода.
6. Растворы, содержащие ионы кальция и карбоната, и при необходимости дополнительные реагенты, предоставленные преподавателем.
7. Персональный компьютер с программным обеспечением для управления измерительным оборудованием и обработки экспериментальных данных.

Выполнение работы

1. Ознакомиться с протоколом синтеза и подготовить исходные растворы. Конкретные концентрации, объемы, порядок смешения и режим перемешивания задаются преподавателем для используемого варианта лабораторной работы.

2. Подготовить два или более режима синтеза, отличающихся одним заданным параметром (например, концентрацией исходных растворов, скоростью смешения или интенсивностью перемешивания). Остальные условия поддерживать одинаковыми.

3. Провести осаждение карбоната кальция путем смешения исходных растворов в соответствии с заданным протоколом. Зафиксировать момент начала помутнения и качественные изменения дисперсии в процессе выдержки.

4. После завершения синтеза отделить частицы центрифугированием. Осторожно удалить супернатант, не нарушая осадок.

5. Выполнить промывку частиц деионизованной водой: добавить воду к осадку, ресуспендировать образец на вортексе или ротаторе, повторно центрифугировать и удалить супернатант. Число циклов промывки устанавливается преподавателем.

6. После последней промывки приготовить стабильную суспензию частиц для измерений. При необходимости выполнить контролируемое разбавление, используя одну и ту же среду для всех сравниваемых образцов.

7. Для каждого образца выполнить не менее трех измерений на Zetasizer Nano ZS. Зафиксировать характерный гидродинамический размер, ширину распределения

или индекс полидисперсности и качество корреляционной функции, если эти параметры доступны в используемом режиме прибора.

8. Сравнить распределения частиц по размерам для разных условий синтеза. Оценить повторяемость измерений и проверить наличие признаков агрегации или седиментации.

9. Объяснить полученные различия с точки зрения пересыщения, зародышеобразования, роста частиц и межчастичных взаимодействий. Отдельно обсудить ограничения DLS при исследовании полидисперсных и микронных дисперсий.

10. Подготовить отчет по лабораторной работе. Отчет должен включать теоретическую и экспериментальную части, описание материалов и методов, результаты с таблицами и графиками, обсуждение, выводы, список литературы и ответы на контрольные вопросы.

Экспериментальные результаты

1. Таблица условий синтеза для каждого образца с указанием варьируемого параметра и основных наблюдений при образовании дисперсии.

2. Таблица результатов характеризации: средний гидродинамический размер, показатель полидисперсности или иной доступный показатель ширины распределения, а также разброс повторных измерений.

3. Графики распределения частиц по размерам для исследованных образцов, представленные в сопоставимом виде.

4. Сравнение образцов, полученных при разных условиях синтеза, и количественная оценка изменения характерного размера частиц.

5. Обсуждение возможных источников неопределенности: неодинаковое смешение, агрегация, загрязнение кюветы, концентрационные эффекты, седиментация и ограничения метода DLS.

Выводы

Выводы должны быть основаны на полученных экспериментальных данных и их сопоставлении с целью работы. Необходимо указать, были ли получены устойчивые дисперсии частиц карбоната кальция, как изменялся их характерный размер при изменении условий синтеза, какие процессы могли определять наблюдаемое распределение частиц по размерам и насколько применим метод DLS для исследованных образцов.

Контрольные вопросы

Skoltech

1. Что такое пересыщение раствора и почему оно является необходимым условием образования новой твердой фазы?

2. Чем гомогенное зародышеобразование отличается от гетерогенного?

3. Какие стадии определяют конечный размер частиц при осаждении карбоната кальция?

4. Почему изменение скорости смешения или концентрации реагентов может влиять на размер частиц?

5. Для чего после синтеза выполняют центрифугирование и промывку частиц?

6. На каком физическом принципе основан метод динамического рассеяния света?

7. Чем гидродинамический диаметр отличается от геометрического размера частицы?

Литература

1. Hans-Jürgen Butt, Karlheinz Graf, Michael Kappl. Physics and Chemistry of Interfaces. Wiley-VCH Verlag & Co. KGaA, 2003. ISBN 9783527412167.

2. J. N. Israelachvili. Intermolecular and Surface Forces. 3rd ed. Academic Press, 2011. ISBN 9780123751829.

Автономная некоммерческая образовательная организация высшего образования «Сколковский институт науки и технологий»

Утверждено

Директор образовательной программы

Дорожкин П.С.

Идентификатор документа, задачи / ID: 479406 v.1, 450401

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ПРОСТОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ /
The document is signed with a simple electronic signature

Директор образовательной программы / The Director of the program
Дорожкин Павел Сергеевич / Dorozhkin Pavel Sergeevich

Дата подписания / Date of signing 22.09.2026

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

“Оптические коммуникации. Приложения”

Направление подготовки 12.04.03 Фотоника и оптоинформатика

Квалификация “магистр”

Москва 2026

Skoltech

Название курса
Оптические коммуникации. Приложения

1. Аннотация

Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО: относится к модулю 1 "Наука, техника и технологии", элективная часть. Четверть 4, первый год обучения.

Язык дисциплины (модуля): английский.

Ведущий преподаватель: Шипулин Аркадий Владимирович

Данный курс является второй частью лекций, посвященных современным оптическим системам связи.

Целью курса является практическое моделирование прикладных аспектов современных оптических систем связи. Будут рассмотрены основные факторы, ограничивающие пропускную способность и дальность передаваемого сигнала. В частности, будут рассмотрены линейные и нелинейные искажения, влияющие на параметры системы оптической передачи информации. В курсе также будут рассмотрены современные вопросы обеспечения конфиденциальности передаваемой информации, включая технологию квантового распределения ключей. В рамках курса будут рассмотрены системы волоконно-оптических систем передачи информации на длинные расстояния, локальные системы связи, а также вопросы сопряжения с системами мобильной связи. Будут рассмотрены системы передачи информации на борту летательных аппаратов, а также системы оптической связи в свободном пространстве. Отдельное внимание будет уделено системам радиофотоники.

Будут рассмотрены вопросы применения технологий фотонных интегральных схем, возможности построения полностью оптических вычислительных систем, а также возможные реализации полностью оптических нейронных сетей.

В заключении, будут рассмотрены системы оптической сенсорики и системы лидаров, а также применение фотонных интегральных схем для реализации таких систем.

В соответствии с локальными нормативными актами Сколковского института науки и технологий обучение проводится на английском языке.

2. Материально-техническое обеспечение

Лекционная часть занятий и семинары проходят в учебной аудитории.

Аудитория должна обеспечивать проведение лекционных и семинарских занятий, групповой проектной работы, текущего контроля и промежуточной аттестации.

– специализированная мебель, стол преподавателя, доска;

– технические средства обучения: проекционный экран, проектор, средства аудио- и видеосвязи.

Для выполнения численного моделирования необходим персональный компьютер или ноутбук с установленной программной средой Python или MATLAB. Программное обеспечение используется для моделирования сигналов, фильтров, модуляторов, детекторов, усилителей, шумов и системных характеристик оптических линий связи.

Перечень используемого ПО:

- MS Office;
- Antiplagiat;
- программное обеспечение для математических вычислений и численного моделирования (MATLAB, Python или аналогичные программные средства).

3. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия

Для освоения курса студенты должны владеть базовыми знаниями электродинамики и предварительно освоить дисциплину «Физические основы оптических коммуникаций» (Optical Communications. Basics).

4. Трудоёмкость

3 з.е. (1 з.е. это 27 астрономических часов)

5. Содержание курса

Л – лекции в часах
С – семинары в часах
П – практики в часах

Skoltech

Тема	Содержание	Л	С	П
Формирование и обработка электрического сигнала	Структура курса и требования к финальной аттестации. Предел Шеннона. Моделирование электрических импульсов. Форматы NRZ/RZ. Формирование псевдослучайной двоичной последовательности и электрический спектр Фурье.	2	1	0
Электрический сигнал и электрооптическое преобразование	Электрический полосовой фильтр и модель гармонического осциллятора. Электрический фильтр нижних частот и релаксационная модель. Преобразование электрического сигнала в оптический. Моделирование модулятора Маха–Цендера. Коэффициент экстинкции.	2	1	0
Оптоэлектронное преобразование и детектирование	Квадратичный и интегрирующий детекторы. Модель фотодетектирования и фильтрации нижних частот. Детектирование оптических импульсов.	2	1	0
Оптическая фильтрация и подавление межканальных помех	Теория и моделирование волоконных брэгговских решеток. Распространение импульса через ВБР. Оптическая фильтрация и межканальные перекрестные помехи.	2	1	0
Описание стохастических процессов	Физика стохастических процессов. Плотность распределения вероятности, корреляционная функция и стандартное отклонение. Численная обработка шумового сигнала. Гауссова и рэлеевская статистика. Электрическая фильтрация шума.	2	1	0
Оценка вероятности битовой ошибки	Моделирование непрерывного сигнала с шумом. Оценка вероятности битовой ошибки при гауссовой статистике шума. Прохождение шумового сигнала через фильтр нижних частот.	2	1	0
Подавление шумов	Моделирование шумового импульса и его прохождения через фильтр нижних частот. Оптическая фильтрация шума полосовыми фильтрами на основе ВБР и интерферометра Маха–Цендера.	2	1	0

Оценка системы без оптических усилителей	Дробовой шум фотодетектора. Зависимость вероятности битовой ошибки от принимаемой оптической мощности.	2	1	0
Оценка системы с оптическими усилителями	Моделирование гибридного усилителя на основе эрбиевого и рамановского усиления. Шумы оптических усилителей.	2	1	0
Моделирование нелинейных искажений	Распространение сигнала в оптическом волокне. Линейные и нелинейные искажения и их влияние на характеристики линии связи.	2	1	0
Коррекция ошибок	Кодирование с прямой коррекцией ошибок и его применение в оптических системах связи.	2	1	0
Безопасность коммуникаций	Безопасность связи на физическом уровне. Квантовое распределение ключей.	2	1	0
Оптические сенсорные системы	Оптические системы мониторинга состояния конструкций. Оптические лидары.	2	1	0
Фотонные интегральные схемы	Проектирование, изготовление и тестирование фотонных интегральных схем. Измерения характеристик ФИС.	2	1	0
Бортовые системы связи летательных аппаратов и спутников	Оптические бортовые системы связи. Системы передачи информации на борту летательных аппаратов и спутников, включая связь в свободном пространстве.	2	1	0
Оптические вычисления и радиофотоника	Полностью оптическая обработка сигналов. Оптические вычислители. Оптические нейронные сети. Радиофотонные системы.	2	1	0
Всего контактных часов:		48		
Самостоятельная работа:		32		
Промежуточная аттестация		1		
Общее кол-во часов:		81		

6. Требования к результатам освоения дисциплины

Skoltech

Изучение дисциплины **“Оптические коммуникации. Приложения.”** при подготовке магистров по направлению подготовки **12.04.03 Фотоника и оптоинформатика** направлено на приобретение следующих компетенций:

ПК-1. Способен самостоятельно и (или) в составе исследовательской группы разрабатывать, исследовать и применять математические модели для качественного и количественного описания явлений и процессов и (или) разработки новых технических средств;

ПК-3. Способен применять на практике умения и навыки в организации исследовательских и проектных работ, способен самостоятельно организовывать и проводить научные исследования и внедрять их результаты в качестве члена или руководителя малого коллектива.

7. Вид итоговой оценки

Экзамен в устной форме

8. Структура оценки

Вид деятельности	**Относительный вклад в итоговую оценку за курс, %**
Активность на занятиях	30
Командный проект	50
Финальный экзамен	20

1% = 1 балл

9. Система оценивания

A, отлично 86% и выше	Оцениваемая работа выполнена с отменным качеством и свидетельствует об отличных знаниях, глубоком понимании предмета, глубоких всесторонних познаниях и умелом применении концепций и/или учебных материалов. Все результаты обучения соответствуют высокому уровню

B, хорошо 76% - 85%	Работа выполнена в соответствии с высокими стандартами и свидетельствует о наличии всесторонних познаний и хорошем понимании предмета, умении использовать соответствующие концепции, а также об умении решать проблемы, возникающие в ходе изучения предмета работы. Большая часть результатов обучения соответствует высокому уровню
C, удовлетворительно 66% - 75%	Оцениваемая работа в целом выполнена на удовлетворительном уровне и свидетельствует об адекватных знаниях и достаточном понимании предмета, однако со значительными недостатками. Большая часть результатов обучения соответствует удовлетворительному уровню
D,посредственно 56% - 65%	Оцениваемая работа выполнена на слабом уровне и свидетельствует о крайне ограниченном понимании предмета, недостаточных знаниях и имеет существенные недостатки. Удовлетворительному уровню соответствует лишь малая часть результатов обучения.
E, крайне посредственно 46% - 55%	Минимально допустимый уровень успеваемости. Оцениваемая работа выполнена на очень слабом уровне, имеет серьезные недостатки и свидетельствует о весьма низком уровне знаний, понимания и/или умений и знакомства с предметом. Удовлетворительному уровню соответствует лишь очень малая часть результатов обучения (или таких результатов нет вообще)
F, неудовлетворительно 0% - 45%	Оцениваемая работа неприемлема и свидетельствует о практическом отсутствии знаний и понимания предмета работы. Удовлетворительному уровню не соответствуют никакие результаты обучения

10. Самостоятельная работа

Самостоятельная работа по дисциплине включает:

1. Выполнение самостоятельного численного моделирования электрических и оптических сигналов, фильтров, модуляторов, фотодетекторов и оптических усилителей;
2. Анализ статистических характеристик шумовых сигналов, расчет и интерпретацию показателей качества передачи, включая вероятность битовой ошибки;
3. Подготовку командного проекта по одному из прикладных направлений курса и научно-технический анализ выбранной системы;
4. Подготовку к семинарским обсуждениям и финальной устной сессии вопросов и ответов;
5. Изучение основной и дополнительной литературы по оптическим системам связи, волноводам, усилителям и сетям.

Трудоемкость самостоятельной работы - 32 часа.

Для самостоятельной работы студентам рекомендуется использовать следующие источники:

1. Agrawal G. P. Fiber-Optic Communication Systems. John Wiley & Sons, 2002. ISBN 0-471-21571-6.
2. Saleh B. E. A., Teich M. C. Fundamentals of Photonics. Wiley, 2007. ISBN 978-0-471-35832-9.
3. Cvijetic M., Djordjevic I. B. Advanced Optical Communication Systems and Networks. ISBN 978-1-60807-555-3.
4. Okamoto K. Fundamentals of Optical Waveguides. 3rd ed., 2021. ISBN 9780128156018.

11. Фонд оценочных средств. Оценочные и методические материалы по дисциплине

Итоговая оценка формируется по результатам командного проекта, активности на занятиях и устной финальной сессии вопросов и ответов. Курс ориентирован на практическое численное моделирование элементов и систем оптической связи и на системный анализ факторов, ограничивающих качество передачи.

11.1. Командный проект

11.1.1. Оценочные материалы:

Студенты формируют группы по 2–4 человека, выбирают тему из перечня, предложенного преподавателем, и готовят презентацию продолжительностью не более 30 минут. Каждый участник группы представляет собственную часть проекта. После презентации преподаватель задает вопросы как по выбранной теме, так и по материалу курса.

Тематика проектов определяется содержанием курса и может относиться к моделированию оптических линий с усилителями и без них, линейным и нелинейным искажениям, коррекции ошибок, безопасности связи, оптическим сенсорным системам, фотонным интегральным схемам, бортовым и межспутниковым системам, оптическим вычислениям и радиофотонике.

11.1.2. Методические рекомендации:

Общий вес командного проекта составляет 50% итоговой оценки. При оценивании учитываются научно-техническая корректность содержания, качество численного или системного анализа, логичность презентации, распределение индивидуального вклада участников и качество ответов на вопросы.

11.2. Активность на занятиях

11.2.1. Оценочные материалы:

Оценивается участие в семинарских обсуждениях и выполнение численного моделирования в ходе занятий. Материал курса предполагает регулярную работу с кодом и практический анализ моделей сигналов, фильтров, шумов, усилителей и линий связи.

Примеры задач для обсуждения на занятиях:

1.	При моделировании цифрового оптического канала какой сигнал чаще всего используют как тестовую псевдослучайную битовую последовательность?
2.	Какой элемент системы выполняет электрооптическое преобразование электрического сигнала на оптическую несущую?
3.	Какой параметр характеризует отношение оптической мощности в логической “1” к мощности в логическом “0” на выходе модулятора?
4.	При построении численной модели цифровой оптической линии связи исследователь хочет отдельно оценить вклад передатчика, оптического канала и приемника в деградацию сигнала. Какой подход является наиболее корректным?

	А) Моделировать только приемник, считая канал идеальным; Б) Использовать блочную модель с последовательным включением генератора сигнала, модулятора, канала, фильтров и детектора; В) Исключить шумы из модели; Г) Оценивать систему только по средней оптической мощности
5.	При моделировании модулятора Маха-Цендера студент получил сильное ухудшение extinction ratio при смещении рабочей точки. Какой вывод наиболее корректен? А) Рабочая точка модулятора критически влияет на качество преобразования электрического сигнала в оптический; Б) Параметр extinction ratio не связан с модулятором; В) Рабочая точка влияет только на длину волны лазера; Г) Модулятор можно исключить из модели канала.
6.	При моделировании стохастического оптического сигнала требуется оценить не только среднее значение, но и разброс значений относительно среднего. Какую статистическую характеристику следует использовать?
7.	Команда разрабатывает прототип оптической линии связи. В модели BER соответствует требованиям, но при лабораторной проверке BER ухудшается на порядок. Какое действие наиболее корректно как следующий исследовательский шаг? А) Пересчитать link budget с учетом реальной расходимости пучка, ошибок наведения и динамики приемного пятна; Б) Увеличить длину PRBS-последовательности и считать результат окончательным; В) Заменить BER на среднюю оптическую мощность как единственную метрику; Г) Убрать шум приемника из модели, чтобы приблизить ее к расчетному результату.
8.	В проекте по радиофотонному каналу получены хорошая АЧХ и низкие потери, но при двухтональном тесте наблюдается высокий уровень интермодуляционных искажений. Какой вывод наиболее обоснован?

Skoltech

	А) Канал нельзя оценивать только по полосе пропускания; необходимо включить линейность и динамический диапазон в критерии проекта; Б) АЧХ является достаточной метрикой для любого радиофотонного устройства; В) Интермодуляционные искажения относятся только к цифровым волоконным системам; Г) Потери полностью определяют пригодность радиофотонного тракта
9.	Команда сравнивает EDFA и распределенное рамановское усиление для дальней линии связи. Какой критерий выбора наиболее инженерно полный? А) Только максимальное усиление; Б) Усиление, шумовая фигура, распределение мощности вдоль линии, нелинейности, сложность накачки и требования к безопасности; В) Только центральная длина волны сигнала; Г) Только стоимость одного усилителя без учета системного эффекта.
10.	В проекте по QKD команда получила низкий BER классического канала, но высокий уровень ошибок в квантовом ключе. Какая метрика должна быть введена как отдельный критерий успешности QKD-эксперимента?
11.	Расположите этапы диагностики расхождения между численной моделью и экспериментом в оптической линии связи. А) Проверить калибровку измерительных приборов; Б) Зафиксировать расхождение по конкретной метрике; В) Проверить параметры модели: потери, шумы, фильтры, дисперсию; Г) Выполнить контрольное измерение на упрощенной схеме; Д) Обновить модель и указать оставшиеся ограничения
12.	Как называется метрика радиофотонного канала, характеризующая диапазон между уровнем шума и уровнем нелинейных искажений третьего порядка?

13.	Для передачи полезного потока 100 Гбит/с используется FEC с overhead 25%. Какая скорость передачи данных требуется? Ответ выразите в Гбит/с.

11.2.2. Методические рекомендации по выполнению домашних заданий:

Общий вес активности на занятиях составляет 30% итоговой оценки. Максимальный результат соответствует регулярному выполнению заданий на занятиях, содержательному участию в обсуждениях и способности объяснять полученные численные результаты с физической точки зрения.

11.3. Финальный экзамен

Экзамен состоит из двух частей: доклада на выбранную тему по материалам курса и ответов на вопросы из списка.

11.3.1. Оценочные материалы:

Финальная аттестация включает устную сессию вопросов и ответов. Вопросы охватывают содержание курса:

1. формирование и обработка электрических сигналов,
2. электрооптическое преобразование и фотодетектирование,
3. оптическая фильтрация,
4. статистика шума и оценка вероятности битовой ошибки,
5. усилители,
6. нелинейные искажения,
7. коррекция ошибок,
8. безопасность связи,
9. сенсорные системы,
10. фотонные интегральные схемы,
11. бортовые системы,
12. оптические вычисления и радиофотоника.

11.3.2. Методические рекомендации:

Общий вес финального экзамена составляет 20% итоговой оценки. Критерии конкретной сессии вопросов и ответов уточняются преподавателем в ходе курса; при оценивании учитываются корректность, полнота и аргументированность ответов и способность связать отдельные физические модели с характеристиками системы связи в целом.

11.4. Требования к посещаемости

Требование по физическому присутствию на занятиях составляет не менее 90%. Необходимость очного участия связана с регулярным выполнением численного

моделирования и обсуждением полученных результатов непосредственно на занятиях.

Автономная некоммерческая образовательная организация высшего образования «Сколковский институт науки и технологий»

Утверждено

Директор образовательной программы

Дорожкин П.С.

Идентификатор документа, задачи / ID: 479406 v.1, 450401

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ПРОСТОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ /
The document is signed with a simple electronic signature

Директор образовательной программы / The Director of the program
Дорожкин Павел Сергеевич / Dorozhkin Pavel Sergeevich

Дата подписания / Date of signing 22.09.2026

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

“Биомедицинские приложения фотоники”

Направление подготовки 12.04.03 Фотоника и оптоинформатика

Квалификация “магистр”

Москва 2026

Skoltech

Название курса

Биомедицинские приложения фотоники

1. Аннотация

Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО: относится к модулю 1 "Наука, техника и технологии", элективная часть. Четверть 4, первый год обучения.

Язык дисциплины (модуля): английский.

Ведущий преподаватель: Горин Дмитрий Александрович

Курс дает представление о текущем состоянии биомедицинского применения фотоники. В настоящее время фотонные инструменты используют для визуализации, диагностики, терапии и хирургии на трех уровнях – клеточном, тканевом и всего организма в целом, по этой причине основной задачей курса является обучение студентов пониманию основных принципов биомедицинского применения фотонных инструментов. Каждый уровень требует применения различных методов, например, для визуализации и манипуляции на клеточном уровне используется конфокальная лазерная сканирующая микроскопия, темнопольная микросопия, метод оптического пинцета и лазерная порация; для диагностики – рамановская микроскопия, CARS, in vitro и in vivo флуоресцентная проточная цитометрия, in vivo проточная фотоакустическая цитометрия; а для терапии - индуцированные лазером некроз и апоптоз. Визуализация на уровне ткани требует применения многофотонной и нелинейной оптической микроскопии, оптической когерентной томографии, растровой сканирующей оптоакустической мезоскопии (RSOM); для манипуляции – 3D лазерной печати, лазерной перфорации кожи. Уровень всего организма требует использования для визуализации ОКТ, МРТ, КТ, флуоресцентной и оптоакустической томографии, УЗ, ПЭТ; для диагностики – различные типы in vivo сенсоров, включая имплантируемые медицинские устройства, «умные» татуировки; для терапии – фотодинамическую и фототермическую терапию; для хирургии – управляемую с помощью фотонных технологий хирургию, включая эндоскопию. Один из разделов курса включает описание контрастных и просветляющих агентов. Студенты получат знания и навыки в области биомедицинского применения методов фотоники и могут их использовать при выполнении научных проектов.

В соответствии с локальными нормативными актами Сколковского института науки и технологий обучение проводится на английском языке.

Skoltech

2. Материально-техническое обеспечение

Лекционная часть занятий проходит в учебной аудитории:

Аудитория на 20 человек для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации:

- специализированная мебель: 10 парт парной рассадки студентов, 1 стол преподавателя, магнитно-маркерные доски

- технические средства обучения: сетевая камера видео-конференц связи, громкоговорители, дублирующий экран, моноблок

Лабораторные занятия проходят в *Лаборатории Биофотоники*, *комнате 4 (Квартал Менделеева, Нобеля, 3*). Во время лабораторной части будет использоваться следующее оборудование:

- Двухрежимный микропланшетный ридер Infinite M Nano+
- Система проточной цитометрии CytoFLEX B5-R3-V5
- Система визуализации Operetta High Content Imaging
- Система визуализации IVIS Spectrum CT In Vivo
- Оптоакустическая мезоскопия растрового сканирования RSOM Explorer P50.

Для самостоятельной работы студенты могут использовать рабочее пространство библиотеки.

Все методические материалы и задания курса находятся в системе управления обучением “Canvas LMS”.

Перечень используемого ПО:

- MS Office
- Antiplagiat

3. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия

Для освоения курса студенты должны владеть компетенциями по следующим дисциплинам: «Оптика», «Лазерная физика», а также иметь базовые знания биофизики и коллоидной химии. В соответствии с учебным планом пререквизит - Основы фотоники (MA060160)

Skoltech

4. Трудоёмкость

6 з.е. (1 з.е. это 27 астрономических часов)

5. Содержание курса

Л – лекции в часах
С – семинары в часах
П – практики в часах

Тема	Содержание	Л	С	П
Введение и обзор	Различные области применения средств фотоники. Оптические свойства клеток, биологических тканей и органов (поглощение, отражение, рассеяние, флуоресценция). Окна прозрачности для биологических тканей.	2	3	6
Визуализация, манипуляции, диагностика и терапия на клеточном уровне	Флуоресцентная микроскопия, темнопльная микроскопия, конфокальная лазерная сканирующая микроскопия (включая технологии количественного анализа, такие как FRAP, фотоконверсия, FLIP, FLAP, FRET, FLIM, FCS и FCCS), двухфотонная микроскопия, методы сверхвысокого разрешения, световая микроскопия. Оптический пинцет, порация клеток лазером, перемещение частиц в волоконных фотонных кристаллах. Микроскопия и спектроскопия комбинационного рассеяния света, CARS, SERS, флуоресценция, флуоресцентная проточная цитометрия in vitro и in vivo. Индуцированный лазером некроз и апоптоз. Проточная фотоакустическая цитометрия in vivo для тераностического подхода. Спазер (нанолазер).	3	6	6
Нанесение, манипуляция, терапия на уровне тканей	Многофотонная микроскопия, микроскопия генерации второй и третьей гармоник, ОКТ, растровая оптоакустическая мезоскопия, 3D лазерная печать, лазерная перфорация кожи,	3	6	3

	комбинирование систем доставки лекарств и фотонных инструментов.			
Визуализация, терапия, хирургия на уровне тела	Флуоресцентная томография, ОКТ (оптическая когерентная томография), КТ (компьютерная томография), МРТ (магнитно-резонансная томография), флюоресцентная томография, оптоакустическая томография, УЗИ визуализация, акустооптическая визуализация, ПЭТ (позитронно-эмиссионная томография). Фотодинамические красители и фотодинамическая и фототермическая терапия, хирургия под руководством фотонного подхода, включая эндоскопию, высокоскоростную хирургию с высочайшим разрешением. Имплантированные устройства, смарт-татуировка, различные датчики in vivo. Контрастные и оптические просветляющие агенты.	3	6	3
Всего контактных часов:		50		
Самостоятельная работа:		102		
Промежуточная аттестация		10		
Общее кол-во часов:		162		

6. Требования к результатам освоения дисциплины

Изучение дисциплины **“Биомедицинские приложения фотоники”** при подготовке магистров по направлению подготовки **12.04.03 Фотоника и Оптоинформатика** направлено на приобретение следующих компетенций:

ПК-1. Способен самостоятельно и (или) в составе исследовательской группы разрабатывать, исследовать и применять математические модели для качественного и количественного описания явлений и процессов и (или) разработки новых технических средств;

ПК-2. Способен ставить, формализовать и решать задачи, уметь системно анализировать научные проблемы, генерировать новые идеи и создавать новое знание.

7. Вид итоговой оценки

Skoltech

Экзамен

8. Структура оценки

Вид деятельности	**Относительный вклад в итоговую оценку за курс, %**
Посещение занятий	10
Активное участие в лекциях и семинарах	15
Отчеты по лабораторной работе	30
Решение задач	20
Экзамен	15
Презентация проектов	10

9. Система оценивания

A, отлично 86% и выше	Оцениваемая работа выполнена с отменным качеством и свидетельствует об отличных знаниях, глубоком понимании предмета, глубоких всесторонних познаниях и умелом применении концепций и/или учебных материалов. Все результаты обучения соответствуют высокому уровню
B, хорошо 76% - 85%	Работа выполнена в соответствии с высокими стандартами и свидетельствует о наличии всесторонних познаний и хорошем понимании предмета, умении использовать соответствующие концепции, а также об умении решать проблемы, возникающие в ходе изучения предмета работы. Большая часть результатов обучения соответствует высокому уровню
C, удовлетворительно 66% - 75%	Оцениваемая работа в целом выполнена на удовлетворительном уровне и свидетельствует об адекватных знаниях и достаточном понимании предмета, однако со значительными

	недостатками. Большая часть результатов обучения соответствует удовлетворительному уровню
D,посредственно 56% - 65%	Оцениваемая работа выполнена на слабом уровне и свидетельствует о крайне ограниченном понимании предмета, недостаточных знаниях и имеет существенные недостатки. Удовлетворительному уровню соответствует лишь малая часть результатов обучения.
E, крайне посредственно 40% - 55%	Минимально допустимый уровень успеваемости. Оцениваемая работа выполнена на очень слабом уровне, имеет серьезные недостатки и свидетельствует о весьма низком уровне знаний, понимания и/или умений и знакомства с предметом. Удовлетворительному уровню соответствует лишь очень малая часть результатов обучения (или таких результатов нет вообще)
F, неудовлетворительно 0% - 39%	Оцениваемая работа неприемлема и свидетельствует о практическом отсутствии знаний и понимания предмета работы. Удовлетворительному уровню не соответствуют никакие результаты обучения

10. Самостоятельная работа

Самостоятельная работа по дисциплине включает:

1. Решение задач;
2. Подготовка к лабораторным работам и составление отчетов по лабораторным работам;
3. Подготовка к экзамену;
4. Подготовка презентации на определенную тему;
5. Изучение литературы.

Трудоемкость самостоятельной работы - 102 часа.

Для самостоятельной работы студентам рекомендуется использовать следующие источники:

1. Irving J. Bigio, Sergio Fantini, Quantitative Biomedical Optics, Cambridge texts in biomedical engineering, Cambridge university press, 2016, 659 p;

Дополнительно методические указания по отдельным видам работ приведены в системе управления обучением “Canvas LMS”. Для доступа требуется персональный логин/пароль.

11. Фонд оценочных средств. Оценочные и методические материалы по дисциплине

Все задания для самостоятельной работы, включая варианты домашних заданий, а также задания для лабораторной работы, экзаменационные вопросы находятся в системе управления обучением “Canvas LMS”. Для доступа требуется персональный логин/пароль.

Виды деятельности курса состоят из посещение занятий, активного участия в лекциях и семинарах, выполнения лабораторных работ, решения задач, экзамена и презентации проектов. Посещение занятий и активное участие в лекциях и семинарах составляют 25% от итоговой оценки за курс. Отчеты по лабораторной работе, решение задач, экзамен и презентация проектов составляют 75% от итоговой оценки за курс.

Ниже следует более подробное описание видов деятельности курса, включая оценочные материалы и методические рекомендации для выполнения необходимых задач.

11.1. Посещение занятий

11.1.1. Оценочные материалы:

Обязательное посещение занятий.

11.1.2. Методические рекомендации по посещению занятий:

Общий вес посещения занятий составляет 10% или 10 баллов от общей оценки.

90%-100% посещения - 10 баллов

80%-89% посещения - 9 баллов

70%-79% посещения - 8 баллов

60%-69% посещения - 7 баллов

50-69% посещения - 6 баллов

0%-49% посещения - 0 баллов

11.2. Активное участие в лекциях и семинарах

Активное участие в занятиях подразумевает вопросы к лектору и преподавателям, ведущим семинарские занятия, и ответы на вопросы лектора и преподавателей, ведущих семинарские занятия, участие в дискуссиях, активное участие в решении задач во время семинаров.

11.2.1. Оценочные материалы:

Примеры вопросов к лектору и преподавателям:

- Как энергия, частота повторения и длительность импульса влияют на качество оптоакустической визуализации и оптоакустической проточной цитометрии?
- Где применяется рамановская микроскопия и спектроскопия?

11.2.2.Методические рекомендации по участию в лекциях и семинарах:

Общий вес активного участия в лекциях и семинарах составляет 15% или 15 баллов от общей оценки.

Если студент задаёт вопросы к лектору и преподавателям, ведущим семинарские занятия, отвечает на вопросы лектора и преподавателей, ведущих семинарские занятия, участвует в дискуссиях, решении задач на X занятиях, то студент получает Y баллов (в соответствии с таблицей ниже).

X (кол-во занятий)	***Y (кол-во баллов)***
95%-100%	*15*
90%-94%	*14*
85%-89%	*13*
80%-84%	*12*
75%-79%	*11*
70%-74%	*10*
65%-69%	*9*
60%-64%	*8*
55%-59%	*7*

50%-54%	*6*
0%-49%	*0*

11.3. Лабораторные работы

Лабораторные занятия проходят в *Лаборатории Биофотоники*, *комнате 4 (Квартал Менделеева, Нобеля, 3*). Во время лабораторной части будет использоваться следующее оборудование:

- Двухрежимный микропланшетный ридер Infinite M Nano+;
- Система проточной цитометрии CytoFLEX B5-R3-V5;
- Система визуализации Operetta High Content Imaging;
- Система визуализации IVIS Spectrum CT In Vivo;
- Оптоакустическая мезоскопия растрового сканирования RSOM Explorer P50.

Все методические материалы и задания для лабораторной работы находятся в системе управления обучением "Canvas LMS". Для доступа требуется персональный логин/пароль.

11.3.1.Оценочные материалы:

Примерный перечень лабораторных работ:

1. Абсорбционная и флуоресцентная спектроскопия эндогенных хромофоров (гемоглобин, билирубин).
2. Спин-диск конфокальная флуоресцентая микроскопия.
3. Флуоресцентная микроскопия с временным разрешением.
4. Метод флуоресцентной визуализации in vivo.
5. Оптоакустическая растровая мезоскопия.
6. Метод проточной флуоресцентной цитометрии.

Примерный перечень заданий лабораторных работ:

1. Получить и проанализировать спектры гемоглобина и билирубина, изучить фотодеградацию билирубина.

2. Анализировать количество клеток, их площадь и форму, посчитать митотический индекс популяции клеток с помощью системы флуоресцентной визуализации Operetta High Content Imaging System.

3. Измерить и анализировать время жизни флуоресценции различных хромофоров с использованием метода время-разрешенной флуоресцетной микроскопии.

4. Исследовать сигнал флуоресценции от разных флуорофоров в разных режимах с помощью системы IVIS Spectrum CT In Vivo

5. Исследовать фотоакустический сигнал от экзогенных хромофоров с использованием системы фотоакустической визуализации RSOM Explorer P50

6. Подсчитать и сортировать различные типы частиц из смеси с помощью флуоресцентной проточной цитометрии.

11.3.2. Методические рекомендации:

Общий вес выполнения лабораторных работ составляет 30% от общей оценки, т.е. 30 баллов.

Для получения максимальной оценки студент должен предоставить отчет, который состоит из восьми разделов: название, введение, материалы и методы, результаты, обсуждение, заключение, ссылки, ответы на вопросы. Введение представляет краткий обзор эксперимента, его целей и его актуальности для данной области. Материалы и методы должны включать описание материалов и методов, использованных в эксперименте, включая любое использованное оборудование или процедуры. Результаты представляют собой результаты эксперимента, включая любые таблицы, графики или рисунки для иллюстрации. Обсуждение подразумевает анализ и интерпретация результатов, включая любые ошибки или ограничения, а также сравнение с литературными данными (при необходимости). Заключение представляет краткое изложение эксперимента, его результатов и его значения для области изучения. Ссылки включают в себя список любых источников, использованных в эксперименте или исследовании. Хорошо написанный лабораторный отчет должен соответствовать правилам форматирования, включая размер шрифта, межстрочный интервал и поля.

Для получения минимального проходного балла по лабораторной работе (15 баллов) необходимо предоставить отчет о проделанной работе, при этом лабораторная работа выполнена полностью, но отчет состоит только из результатов и выводов.

0 баллов ставится если отчет не предоставлен / отчет предоставлен, но работа выполнена не полностью и не содержит основные разделы – результаты и выводы.

11.4. Решение задач

11.4.1. Оценочные материалы:

Примеры задач:

Skoltech

Сферический поглотитель, расположенный на глубине 1,8 см от поверхности ткани, имеет радиус 0,6 мм и коэффициент поглощения μ_a=4,2 $см^{-1}$. При взаимодействии с лазерным импульсом, характеризующимся интегральной по времени плотностью потока электромагнитного излучения ψ =1,3 $мДж/см^2$, в результате оптоакустического эффекта он является источником волны давления. Каково максимальное давление, достигающее поверхности ткани? Пренебречь коэффициентом затухания ультразвука и учесть, что модуль Юнга B = 2,9 ГПа, коэффициент теплового расширения $\beta = 3 \cdot 10^{-4}$ $К^{-1}$, плотность ткани ρ=1,04 $г/см^3$, удельная теплоемкость при постоянном давлении c_p = 4,1 Дж/(г·К). Используйте решение волнового оптоакустического уравнения

$$p_0(r) = B\beta\frac{\mu_a(r)\psi(r)}{\rho c_p}.$$

Небольшой объем беспорядочно ориентированных флуоресцентных молекул освещается неполяризованным светом через объектив микроскопа. Числовая апертура объектива равна 1,0. Какой максимальный процент излучаемой флуоресценции может быть собран одной и той же линзой?

Экспериментатор применяет бромид этидия к клеточной культуре, чтобы облегчить визуализацию ДНК. После уравновешивания в полученном образце 50% EtBr интеркалировано в ДНК и 50% находится в свободном растворе. Какая задержка требуется после короткоимпульсного возбуждения УФ-светом, пока фоновая флуоресценция (от свободного EtBr) не станет менее 1% от общей интенсивности флуоресценции?

Температурная зависимость скорости безызлучательного распада конкретной флуоресцентной молекулы такова, что безызлучательный распад происходит в два раза быстрее при температуре тела (37°C), чем при комнатной температуре (20°C). Когда флуоресценцию раствора красителя измеряют в лаборатории при 20°C, время жизни определяется как 3 нс; когда тот же раствор красителя вводят мышам, время жизни флуоресценции составляет 2 нс. Каково собственное время жизни флуоресценции электронного перехода этого красителя?

Одной из наиболее важных мод колебаний в биологических молекулах является мода растяжения C=O амидной группы в задачах. Точная энергия этой моды варьируется в зависимости от других факторов молекулярной структуры, но обычно находится в диапазоне ~ 0,16 эВ. Сколько амидных молекулярных групп относительно основного уровня можно обнаружить с колебательно-возбужденной модой амида-I при температуре тела (37°C)?

Skoltech

В биологической ткани коэффициент рассеяния равен 120 обратных см, а фактор анизотропии рассеяния — 0,92. Определите приведенный коэффициент рассеяния ткани, выраженный в обратных см.

Источник в системе оптической когерентной томографии имеет центральную длину волны 1300 нм и спектральную ширину 100 нм. Считая спектр гауссовым, а показатель преломления ткани равным 1,4, оцените осевое разрешение в ткани. Ответ выразите в мкм.

В системе оптической когерентной томографии (ОКТ) при неизменной центральной длине волны существенно увеличили ширину спектра источника. Какое сочетание последствий наиболее корректно?

А) Осевое разрешение улучшается, но возрастают требования к компенсации хроматической дисперсии между плечами интерферометра.

Б) Осевое разрешение ухудшается, но увеличивается поперечное разрешение.

В) Осевое разрешение не меняется, однако уменьшается глубина резкости.

Г) Поперечное и осевое разрешения улучшаются в одинаковой степени.

Для флуорофора измерены время жизни возбужденного состояния 3 нс и квантовый выход флуоресценции 0,30. Определите собственное излучательное время жизни при условии, что остальные каналы релаксации являются безызлучательными. Ответ выразите в нс.

Эффективность фёрстеровского резонансного переноса энергии между донором и акцептором составляет 80%. Чему равно отношение расстояния между молекулами к радиусу Фёрстера?

В двухфотонном флуоресцентном микроскопе энергия каждого импульса, частота повторения и размер фокального пятна остаются постоянными, а длительность импульса уменьшается в два раза. Насыщением перехода и фотоповреждением пренебречь. Как изменится интегральный двухфотонный сигнал на один импульс?

Дифракционно ограниченное разрешение флуоресцентного микроскопа составляет 240 нм. В микроскопии со стимулированным истощением флуоресценции интенсивность истощающего излучения составляет восемь интенсивностей насыщения. Используя стандартную модель улучшения разрешения, оцените новое пространственное разрешение. Ответ выразите в нм.

Skoltech

Какое условие необходимо для применения стандартной модели мгновенного формирования начального давления в импульсной оптоакустике?

А) Длительность лазерного импульса должна быть меньше как времени тепловой релаксации, так и времени распространения акустической волны через характерный размер поглотителя;

Б) Длительность импульса должна превышать время тепловой релаксации, но быть меньше акустического времени;

В) Длительность импульса должна быть значительно больше обоих характерных времен;

Г) Достаточно только того, чтобы импульс был короче времени жизни возбужденного электронного состояния.

Диэлектрическая частица существенно меньше длины волны и имеет показатель преломления выше, чем окружающая жидкость. Какое условие обеспечивает устойчивый трехмерный захват частицы сильно сфокусированным лазерным пучком?

А) Градиентная сила должна направлять частицу к максимуму интенсивности и превосходить действие силы, связанной с рассеянием света;

Б) Сила рассеяния должна превосходить градиентную силу и быть направлена против распространения пучка;

В) Необходимо равенство градиентной силы и броуновской силы в каждой точке пространства;

Г) Устойчивый захват возможен только при показателе преломления частицы ниже показателя среды.

При многоволновой оптоакустической визуализации исследователь пытается определить насыщение гемоглобина кислородом на глубине нескольких миллиметров. Простое линейное разложение спектра дает систематически ошибочные значения. Какой эффект наиболее важно добавить в модель?

А) Спектральную зависимость локальной плотности оптической энергии в ткани;

Б) Только частотную характеристику ультразвукового детектора;

В) Только показатель преломления эритроцитов;

Г) Время жизни электронно-возбужденного состояния гемоглобина.

При исследовании взаимодействия двух белков интенсивность флуоресценции донора уменьшилась после добавления предполагаемого акцептора, однако

Skoltech

измеренное время жизни флуоресценции донора осталось неизменным. Какой вывод наиболее корректен?

А) Это является однозначным доказательством фёрстеровского переноса энергии;

Б) Результат скорее указывает на изменение концентрации, эффективности возбуждения или фотодеградацию, чем на фёрстеровский перенос энергии;

В) Неизменность времени жизни означает, что эффективность переноса энергии равна 50%;

Г) Фёрстеровский перенос энергии изменяет интенсивность, но принципиально не влияет на время жизни донора.

Расчетное осевое разрешение системы ОКТ составляет 3 мкм, однако после введения сильно диспергирующего образца экспериментальная функция отклика по глубине расширяется до 8 мкм. Мощность сигнала остается достаточной. Какой механизм следует проверить первым?

В оптоакустической микроскопии необходимо перейти от визуализации крупных сосудов к разрешению микрокапилляров существенно меньшего диаметра. Какое изменение акустической подсистемы физически оправдано?

А) Изменить только показатель преломления оптического иммерсионного слоя;

Б) Использовать только более низкую центральную частоту при той же полосе;

В) Снизить частоту детектора и увеличить длину лазерного импульса;

Г) Использовать более высокочастотный и широкополосный ультразвуковой приемник, принимая уменьшение глубины проникновения как компромисс.

При фотодинамической терапии гипоксической опухоли повышение плотности мощности возбуждающего света перестает увеличивать терапевтический эффект. Какое объяснение наиболее физически обосновано?

После введения оптического просветляющего агента приведенный коэффициент рассеяния ткани существенно уменьшается, тогда как спектр поглощения изменяется мало. Какой механизм наиболее вероятен?

А) Переход рассеяния из упругого в комбинационное;

Б) Резкое уменьшение концентрации всех эндогенных хромофоров;

В) Увеличение квантового выхода флуоресценции коллагена;

Г) Снижение различий показателей преломления между рассеивающими структурами и окружающей средой.
При определенной длине волны молярные коэффициенты поглощения оксигемоглобина и дезоксигемоглобина совпадают. Как называется такая спектральная точка?

11.4.2. Методические рекомендации:

Общий вес решения задач составляет 20% от общей оценки, т.е 20 баллов.

Для получения максимальной оценки (20 баллов) студент должен предоставить корректные решения задач, которые должны быть читабельными, записанными пошагово, с указанием правильных единиц на каждом этапе и сопровождаться пояснениями (при необходимости). Графики (при необходимости) должны быть получены в программах для анализа и визуализации данных, а не нарисованы вручную.

Минимальные проходные требования по решению задач (10 баллов) включают следующее: правильно выведены/использованы формулы, но есть ошибки в вычислениях.

0 баллов ставится за отсутствие решения задач или если правильно решено менее 30 % задач.

11.5. Финальный экзамен

Экзаменационный билет состоит из двух вопросов по дисциплине.

11.5.1. Оценочные материалы:

Примерный перечень экзаменационных вопросов:

1. Флуоресцентная проточная цитометрия, включая визуализирующую цитометрию

2. Лазерно-индуцированный некроз и апоптоз.

3. STORM

4. Оптический пинцет

5. Волокна с полой сердцевиной. Применение в медицине.

6. STED

7. Коэффициенты поглощения и рассеяния. Средний свободный путь и транспорт означают свободный путь. ДРС

8. Конфокальная флуоресцентная микроскопия. Количественные методы (FRAP, FRET)

9. Оптическая когерентная томография

10. Рамановская микроскопия и спектроскопия. SERS.

11. Эндогенные хромофоры. Прозрачные окна для биологических тканей.

12. Методы визуализации в частотной области.

13. Оптоакустическая сканирующая мезоскопия и оптоакустическая проточная цитометрия. Оптоакустические контрастные вещества

14. Ультразвуковое исследование

15. Многофотонная микроскопия.

16. Оптические очистители

17. Анализ траекторий наночастиц (NTA)

18. Акустическая и тепловая изоляция. Влияние энергии, частоты повторения и длительности импульса на качество оптоакустической визуализации и оптоакустической проточной цитометрии

19. Флуоресцентная визуализация in vivo.

20. Фотодинамическая терапия

21. Флуоресценция. Время жизни флуоресценции. FLIM

22. Темнопольная микроскопия.

Полный перечень экзаменационных вопросов находится в системе управления обучением “Canvas LMS”. Для доступа требуется персональный логин/пароль.

11.5.2. Методические рекомендации для проведения экзамена:

Общий вес экзамена составляет 15% от общей оценки, т.е. 15 баллов.

A, отлично 14-15 баллов	Оцениваемая работа выполнена с отменным качеством и свидетельствует об отличных знаниях, глубоком понимании предмета, глубоких всесторонних познаниях и умелом применении концепций и/или учебных материалов. Все

	результаты обучения соответствуют высокому уровню
B, хорошо 12-13 баллов	Работа выполнена в соответствии с высокими стандартами и свидетельствует о наличии всесторонних познаний и хорошем понимании предмета, умении использовать соответствующие концепции, а также об умении решать проблемы, возникающие в ходе изучения предмета работы. Большая часть результатов обучения соответствует высокому уровню
C, удовлетворительно 10-11 баллов	Оцениваемая работа в целом выполнена на удовлетворительном уровне и свидетельствует об адекватных знаниях и достаточном понимании предмета, однако со значительными недостатками. Большая часть результатов обучения соответствует удовлетворительному уровню
D,посредственно 8-9 баллов	Оцениваемая работа выполнена на слабом уровне и свидетельствует о крайне ограниченном понимании предмета, недостаточных знаниях и имеет существенные недостатки. Удовлетворительному уровню соответствует лишь малая часть результатов обучения.
E, крайне посредственно 6-7 баллов	Минимально допустимый уровень успеваемости. Оцениваемая работа выполнена на очень слабом уровне, имеет серьезные недостатки и свидетельствует о весьма низком уровне знаний, понимания и/или умений и знакомства с предметом. Удовлетворительному уровню соответствует лишь очень малая часть результатов обучения (или таких результатов нет вообще)
F, неудовлетворительно 0-5 баллов	Оцениваемая работа неприемлема и свидетельствует о практическом отсутствии знаний и понимания предмета работы. Удовлетворительному уровню не соответствуют никакие результаты обучения

Skoltech

11.6. Презентация проектов

Каждый студент должен подготовить презентацию на определенную заранее тему по дисциплине.

11.6.1. Оценочные материалы:

Хорошо подготовленная презентация должна адекватно отражать тему, содержать всю необходимую информацию, относящуюся к курсу, обеспечивать надлежащий обзор литературы недавних/влияющих публикаций и быть представлена в течение 15 минут с последующей сессией вопросов и ответов.

11.6.2. Методические рекомендации:

Общий вес презентации проекта составляет 10% от общей оценки, т.е. 10 баллов.

Итоговая оценка будет выставляться по трем критериям: качество слайдов, речь и ответов на вопросы.

Для получения максимального балла (10 баллов) студент должен подготовить презентацию, которая содержит критический обзор более 10 опубликованных статей в журнале WOS с импакт-фактором более 4 или Q1 за последние 5 лет, включая обзорные статьи. Помимо этого, студент должен выступить с докладом и ответить на заданные вопросы.

Минимальные требования включают подготовленную презентацию, которая содержит критический обзор как минимум двух статей, доклад и правильный ответ хотя бы на один вопрос.

0 баллов ставится если студент не сделал презентацию и не выступил с докладом.

Skoltech

Методические материалы по выполнению лабораторной работы по дисциплине “Биомедицинские приложения фотоники”.

Лабораторная работа: **"Абсорбционная и флуоресцентная спектроскопия эндогенных хромофоров (гемоглобин, билирубин)"**

Цель работы:

Получить спектры поглощения и флуоресценции для гемоглобина и билирубина. Построить калибровочную кривую и на ее основе рассчитать спектр молярной экстинкции для каждого из хромофоров. Рассчитать квантовый выход флуоресценции для билирубина. Изучить спектральную зависимость билирубина от времени облучения синим светом.

Теоретическое введение

Спектроскопия поглощения в ультрафиолетовом и видимом диапазонах (UV-Vis) включает в себя поглощение фотонов в ультрафиолетовом и видимом диапазонах электромагнитного спектра, как показано на рисунке 1 (длины волн около 10-700 нм) [1]. В зависимости от вещества, ультрафиолетовые или видимые лучи частично поглощаются образцом. Оставшийся свет, т.е. прошедший свет, регистрируется подходящим детектором в зависимости от длины волны. Затем детектор выдает уникальный UV-Vis спектр образца (также известный как спектр поглощения).

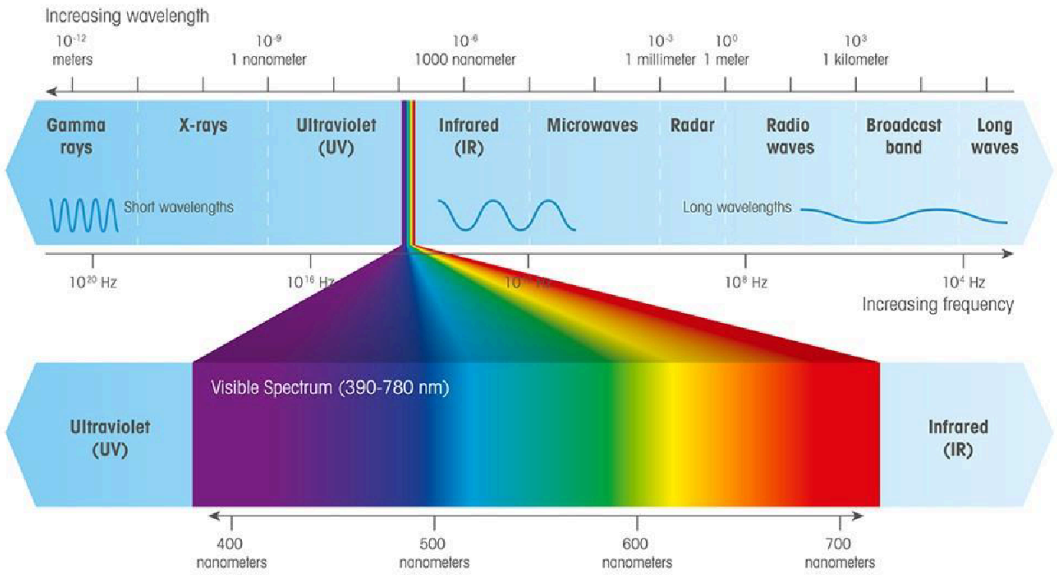


Рисунок 1 Электромагнитный спектр

Ультрафиолетовый и видимый свет обладают достаточной энергией, чтобы перемещать внешние электроны на более высокие энергетические подуровни.

Спектры UV-Vis имеют ограниченные возможности для идентификации образцов, но очень полезны для количественных измерений. Концентрацию анализируемого вещества в растворе можно определить, измерив оптическую плотность на некоторой длине волны и применив закон Бугера-Ламберта-Бера. Поскольку диапазон UV-Vis охватывает диапазон остроты зрения человека, составляющий приблизительно 400-750 нм, спектроскопия UV-Vis используется для характеризации поглощения, пропускания и отражения различных технологически важных материалов: пигментов, покрытий, стекол и фильтров.

Полная энергия молекулы состоит из электронной, колебательной и вращательной составляющих. Молекулы имеют заполненные и свободные электронные орбитали. Поглощение фотона приводит к переходу электрона на пустую орбиталь с большей энергией, и молекула переходит на более высокий энергетический уровень (молекула в возбужденном состоянии) [3]. Электронные состояния молекулы и переходы между ними проиллюстрированы диаграммой Яблонского (рис. 2).

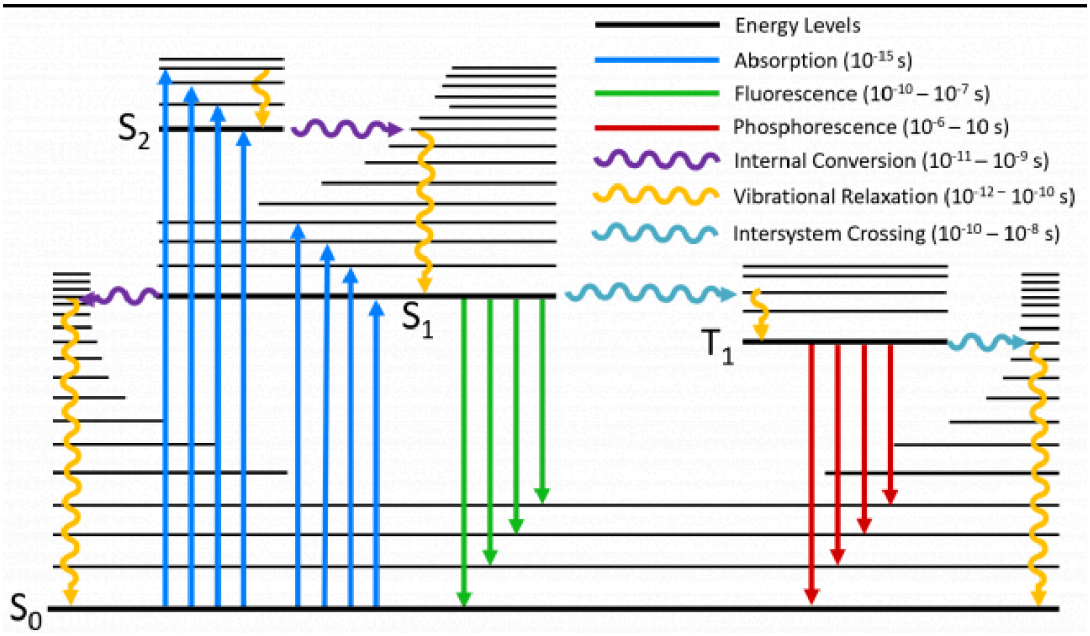


Рисунок 2 Диаграмма Яблонского, иллюстрирующая возможные излучательные и неизлучательные переходы

Основываясь на электронной структуре молекул можно сказать, что все они способны поглощать электромагнитное излучение. Небольшие неполимерные молекулы поглощают излучение в ближнем (300-400 нм), дальнем (200-300 нм) и вакуумном (<200 нм) ультрафиолетовом диапазоне. Теория спектров поглощения хорошо разработана для небольших неорганических молекул. Спектры макромолекул, включая биомолекулы, не анализируются подробно из-за сложности их электронной структуры. Однако это не мешает успешному использованию оптической спектроскопии во многих научных дисциплинах. Многие биологически важные соединения с двойными сопряженными связями поглощают свет в ближнем ультрафиолетовом и видимом диапазонах. Чем

больше количество двойных сопряженных связей в молекуле, тем длиннее длина волны максимального поглощения этого вещества. Характеристики спектров поглощения биомолекул позволяют качественно и количественно идентифицировать вещества, изучать механизмы биохимических реакций, особенно взаимодействие белков с лигандами, а также получать информацию об особенностях строения хромофорных групп и активности простетических центров белковых молекул.

Поглощение света молекулами проявляется в ослаблении светового потока после его прохождения через объект. Рассмотрим монохроматический свет интенсивностью I_0, падающий на кювету с раствором исследуемого вещества. Если молекулы вещества поглощают свет, то в конце оптического пути интенсивность света уменьшается до I. Значение, равное $T = \frac{I}{I_0}$, называется коэффициентом пропускания. Поглощение света раствором вещества зависит от концентрации вещества, длины оптического пути (толщины образца) и способности вещества поглощать свет определенной длины волны. Эти закономерности выражаются законом Бугера-Ламберта-Бера [5].:

$$A = -\lg lg\,(T) = \epsilon \cdot C \cdot l$$

где A - оптическая плотность образца, ε - молярный коэффициент поглощения ($см^{-1} \cdot М^{-1}$), C - молярная концентрация вещества (M), l - оптический путь (см). Молярный коэффициент экстинкции не зависит от концентрации вещества, а в случае отсутствия взаимодействия между молекулами является функцией длины волны света. Умножение ε на C дает коэффициент поглощения: $\mu_a = \epsilon \cdot C$ который измеряется в обратных сантиметрах ($см^{-1}$).

Различные соединения могут иметь очень разные максимумы поглощения и светопоглощающую способность. Сильно поглощающие соединения необходимо исследовать в разбавленном растворе, чтобы детектор получал значительную световую энергию, а для этого необходимо использовать полностью прозрачные растворители. Наиболее часто используемыми растворителями являются вода, этанол, гексан и циклогексан. Как правило, не рекомендуется использовать растворители с двойными или тройными связями или тяжелыми атомами. Поскольку поглощающая способность образца будет пропорциональна его молярной концентрации в кювете для образцов, при сравнении спектров различных соединений используется скорректированное значение поглощения, известное как молярная поглощающая способность.

Спектрофотометры используются для измерения спектров поглощения. Несмотря на большое разнообразие таких приборов, они основаны на общих принципах регистрации спектра. Схема типичных компонентов спектрометра показана на рисунке 3. Луч света от источника света разделяется на составляющие его длины волн призмой или дифракционной решеткой [6]. Затем каждый монохроматический луч разделяется на два луча равной интенсивности с помощью полузеркального устройства. Один луч, или так называемый “измерительный луч”, проходит через небольшую прозрачную кювету, содержащую

раствор исследуемого соединения в прозрачном растворителе. Другой луч, эталонный, проходит через идентичную кювету, содержащую только растворитель. Затем интенсивность этих световых пучков измеряется электронными детекторами и сравнивается. Интенсивность эталонного пучка, который практически не поглощает свет, определяется как I_0. Интенсивность образца пучка определяется как I. За короткий промежуток времени спектрометр автоматически сканирует все составляющие длины волн описанным способом. Обычно сканируется ультрафиолетовая область в диапазоне от 200 до 400 нм, а видимая часть - в диапазоне от 400 до 750 нм.

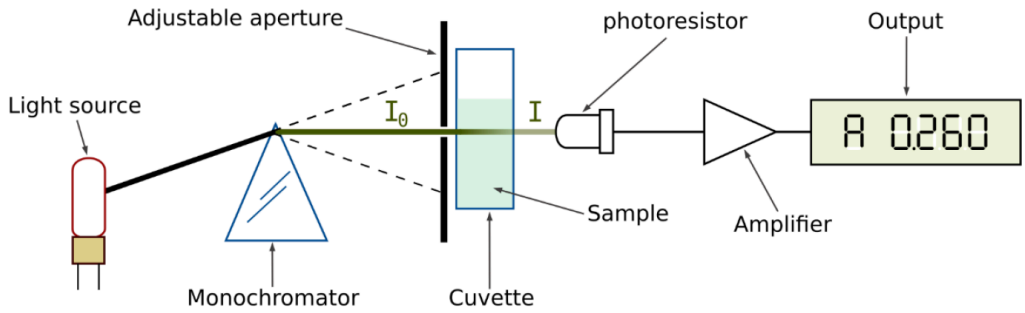


Рисунок 3. Типичная схема UV/Vis спектрометра [7]

Хромофор - это вещество, поглощающее свет, которое может быть как эндогенным соединением, естественным образом присутствующим в организме человека, так и экзогенным агентом, таким как краситель. Основными эндогенными хромофорами являются гемоглобин (окси- и дезоксигемоглобин), миоглобин, билирубин и меланин.

Гемоглобин.

Гемоглобин (Hb), самый важный природный хромофор в организме человека, является железосодержащим металлопротеином, содержащимся в эритроцитах. Он придает крови красный цвет, а его задача - разносить кислород по всему организму [8]. Группа гема обеспечивает гемоглобину способность к связыванию кислорода благодаря наличию атома железа (рис. 4). Каждый белок гемоглобина может связывать четыре молекулы кислорода. Ион железа может находиться либо в состоянии Fe^{2+}, либо в состоянии Fe^{3+}. Однако метгемоглобин (Fe^{3+}) не может связывать и транспортировать кислород. Гемоглобин может быть насыщенным молекулами кислорода – оксигемоглобин (HbO) или ненасыщенным молекулами кислорода – дезоксигемоглобин (Hb). Их спектры поглощения различаются. Спектры поглощения окси- и дезоксигемоглобина показаны на рисунке 4. Между ними существует значительная разница в красной области спектра, где поглощение HbO намного ниже, чем у Hb. При длине волны около 420 нм наблюдается очень сильная полоса поглощения, называемая полосой Соре. Дублет при 540 и 580 нм для HbO и синглет при 560 нм для Hb - это так называемые Q-полосы. Поглощение гемоглобином в области “первого оптического окна” от 650 до 1000 нм находится на минимальном уровне [3]. Характерные

особенности спектров поглощения гемоглобина и оксигемоглобина широко используются для количественной оценки степени насыщения гемоглобина кислородом.

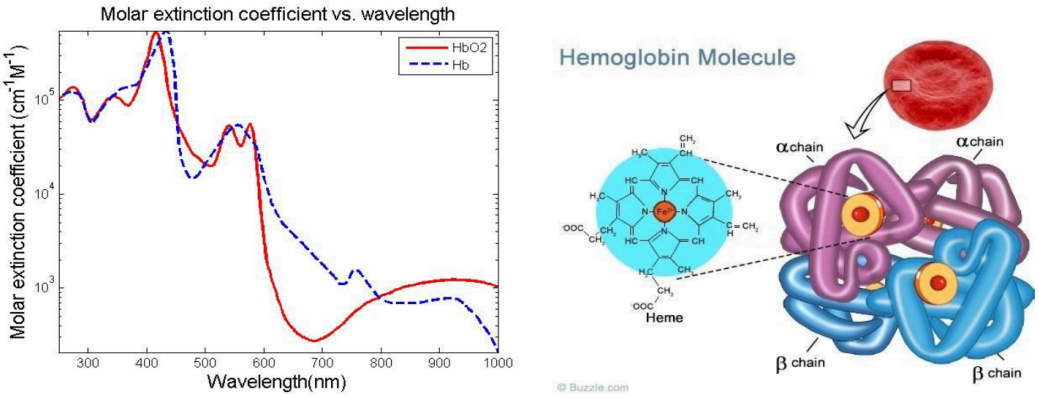


Рисунок 4. Спектр поглощения гемоглобина и оксигемоглобина (слева) и молекула гемоглобина (справа)

Билирубин

Билирубин является продуктом распада гемоглобина. В организме здорового человека все молекулы билирубина, образующиеся из гемоглобина, связываются сывороточным альбумином и транспортируются в печень, где эти комплексы превращаются в моноконъюгаты, которые выводятся с желчью [9]. Однако в первые дни после рождения, различные нарушения могут привести к повышению уровня неконъюгированного билирубина, что происходит из-за того, что сывороточный альбумин у новорожденных (младше пяти месяцев от рождения) имеет меньшее сродство к билирубину, чем у более зрелых детей, и иногда сывороточный альбумин у новорожденных не может связываться с билирубином. связывают весь билирубин, который образуется из гема [10]. Многочисленные исследования показывают, что высокий уровень неконъюгированного билирубина в сыворотке крови может привести к повреждению головного мозга.

Для предотвращения возможных осложнений часто используется фототерапия синим светом. Этот метод был впервые применен в 1950-х годах Кремером и его коллегами [11]. Механизм фототерапии заключается в следующем: при облучении синим светом, длина волны которого близка к пику поглощения билирубина (460-490 нм), билирубин проходит два фотохимических пути. Он может превращаться в свой стереоизомер (также называемый фотоизомером) Z-люмирибин, который также является желтым пигментом с более низким поглощением в синей области спектра, или он может распадаться до бесцветного продукта окисления с более низкой молекулярной массой. В отличие от билирубина, его фотоизомер Z-люмирубин менее гидрофобен и может выводиться с желчью без конъюгации. Однако нет определенного мнения о том, какой из продуктов фототерапии более эффективен с терапевтической точки зрения (продукт окисления или фотоизомеризации), хотя многочисленные клинические

исследования показывают эффективность фототерапии желтухи у новорожденных. Некоторые исследования показали, что воздействие бирюзового света более эффективно снижает уровень билирубина, чем воздействие синего света, хотя другие исследования не выявили никакой разницы. В исследовании Времана и соавторов [12] оптимальные скорости фотодеградации билирубина и выработки люмирубина наблюдались при длине волны 500 нм. Спектры поглощения билирубина, а также структура и метаболизм гема показаны на рисунке 5.

Heme metabolism are shown in Figure 5.

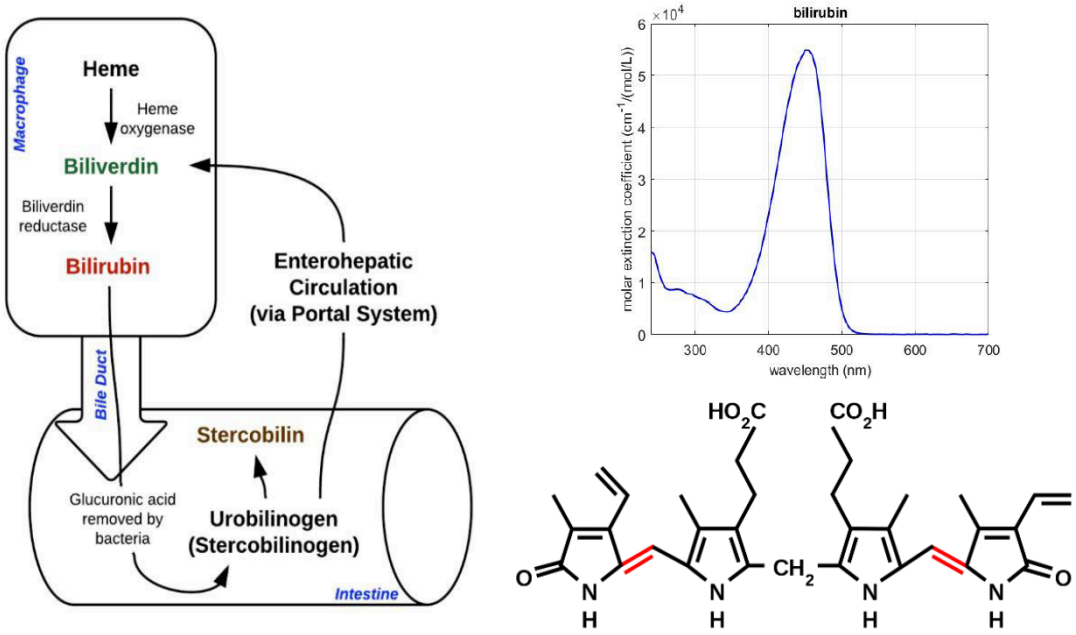


Рисунок 5. Метаболизм гема, спектр поглощения билирубина и его структура [13].

Оборудование

1. Двухрежимный микропланшетный ридер Infinite M Nano+ (Tecan Trading AG, Switzerland).

Выполнение работы

1. Подготовить водные растворы гемоглобина с множеством различных концентраций.
2. Измерить спектры поглощения.
3. Подготовить водные растворы билирубина с множеством различных концентраций.
4. Измерить спектры поглощения и флуоресценции.
5. Провести эксперименты по фотодеградации билирубина

6. Отчет по выполненной работе, включая исходные данные, анализ результатов и выводы, должен быть загружен в LMS Canvas.

Экспериментальные результаты

- Провести анализ спектров поглощения и флуоресценции билирубина и спектров поглощения гемоглобина. Описать характерные пики;
- Определить зависимость поглощения билирубина и гемоглобина от концентрации;
- Вычислить молярный коэффициент экстинкции для всех длин волн. Сравнить полученные результаты с табличными данными;
- Провести анализ зависимости спектров поглощения билирубина от времени облучения синим светом;
- Подготовить отчет по выполненной работе.

Выводы

Выводы по проделанной работе должны быть основаны на анализе полученных экспериментальных результатов и их сопоставлении с сформулированными в начале работы целью и задачами.

Контрольные вопросы

1. Как свет взаимодействует с биомолекулами?

2. Какие типы спектроскопии существуют?

3. Каковы принципы работы UV-Vis спектрометрии?

4. Какие данные могут быть получены, охарактеризованы и вычислены с помощью спектрометрии?

5. Какие диапазоны концентраций для билирубина и гемоглобина считаются нормальными и патологическими?

Литература

[1] F.-X. Schmid, Biological Macromolecules: UV-visible Spectrophotometry. Encyclopedia of Life Sciences. (2001) 1–4. doi:10.1038/npg.els.0003142

[2] Ссылка на интернет источник: https://www.mt.com/ru/ru/home/applications/Application_Browse_Laboratory_Analytics/uv-vis-spectroscopy/uvvis-spectroscopy-explained.html

[3] V.V. Tuchin: Tissue Optics and Photonics: Light-Tissue Interaction II. J of Biomedical Photonics & Eng 2(3) (2016). https://doi.org/10.18287/JBPE16.02.030201

[4] Ссылка на интернет источник: https://www.edinst.com/blog/jablonski-diagram/

[5] Irving J. Bigio, Sergio Fantini, Quantitative Biomedical Optics, (Theory, Methods, and Applications), Cambridge texts in biomedical engineering, Cambridge university press, 2016, 659 p.

[6] N. Raaman. Phytochemical Techniques, New India Publishing agency, 2006.

[7] Ссылка на интернет источник: https://www.mrclab.com/spectrophotometers

[8] R. Winslow, Hemoglobin, in: Encycl. Respir. Med. Four-Volume Set, 2006. https://doi.org/10.1016/B0-12-370879-6/00174-5.

[9] J. Fevery, Bilirubin in clinical practice: A review, Liver Int. (2008). https://doi.org/10.1111/j.1478-3231.2008.01716.x.

[10] Z. Uhrikova, M. Zibolen, K. Javorka, L. Chladekova, M. Javorka, Hyperbilirubinemia and phototherapy in newborns: Effects on cardiac autonomic control, Early Hum. Dev. (2015). https://doi.org/10.1016/j.earlhumdev.2015.03.009.

[11] Stokowski, L. A. (2011). Fundamentals of Phototherapy for Neonatal Jaundice. Advances in Neonatal Care, 11, S10–S21. doi:10.1097/anc.0b013e31822ee62c

[12] J. H. Vreman, S. Kourula, J. Jašprová, L. Ludvíková, P. Klán, L. Muchová, L. Vítek, B. K. Cline, R. J. Wong, D. K. Stevenson. (2019). The effect of light wavelength on in vitro bilirubin photodegradation and photoisomer production. Pediatric Research, doi:10.1038/s41390-019-0310-2

[13] Ссылка на интернет источник:

https://teachmephysiology.com/gastrointestinal-system/liver/bilirubin-metabolism/

Автономная некоммерческая образовательная организация высшего образования «Сколковский институт науки и технологий»

Утверждено

Директор образовательной программы

Дорожкин П.С.

Идентификатор документа, задачи / ID: 479406 v.1, 450401

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ПРОСТОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ /
The document is signed with a simple electronic signature

Директор образовательной программы / The Director of the program
Дорожкин Павел Сергеевич / Dorozhkin Pavel Sergeevich

Дата подписания / Date of signing 22.09.2026

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

“Квантовая оптика”

Направление подготовки 12.04.03 Фотоника и оптоинформатика

Квалификация “магистр”

Москва 2026

Skoltech

Название курса
Квантовая оптика

1. Аннотация

Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО: относится к модулю 1 "Наука, техника и технологии", элективная часть. Четверть 4, первый год обучения.

Язык дисциплины (модуля): английский.

Ведущий преподаватель: Гладуш Максим Геннадьевич

Данный курс представляет собой введение в квантовую оптику — область физики, изучающую квантовые свойства света и его взаимодействие с атомами, молекулами и другими квантовыми системами. Квантовая оптика лежит в основе многих современных квантовых технологий, включая квантовую связь, квантовые вычисления, квантовую визуализацию и прецизионные измерения. Курс направлен на формирование у студентов целостного понимания теоретических принципов, лежащих в основе описания квантовых состояний света, взаимодействия света с веществом и методов квантово-оптических измерений.

Курс охватывает математический аппарат, необходимый для изучения квантовой оптики, включая элементы классической электродинамики и квантовой механики, используемые на протяжении всего курса. Рассматриваемые темы включают квантование электромагнитного поля; состояния Фока, когерентные и неклассические состояния света, такие как сжатые состояния и состояния типа «кот Шрёдингера», взаимодействие света с квантовыми излучателями, включая двухуровневые системы, осцилляции Раби, модель Джейнса—Каммингса, одетые состояния, запутанность, а также коллективные радиационные эффекты, такие как суперизлучение и субизлучение. В курсе также рассматриваются основы теории детектирования фотонов, измерения когерентности и корреляций, светоделители и интерферометрические схемы, интерферометр Хэнбери Брауна—Твисса, эффекты группировки и антигруппировки фотонов, а также формализм матрицы плотности и базовые понятия, относящиеся к квантовым технологиям.

Курс также дополнен серией специальных лекций, посвящённых ключевым экспериментам и важнейшим экспериментальным методам, необходимым для более глубокого понимания квантовой оптики.

В соответствии с локальными нормативными актами Сколковского института науки и технологий обучение проводится на английском языке.

2. Материально-техническое обеспечение

Лекционные занятия проходят в учебной аудитории, оснащенной специализированной мебелью, доской и техническими средствами для демонстрации учебных материалов.

Для решения расчетных задач и выполнения численных расчетов студентам рекомендуется использовать персональный компьютер с программным обеспечением для математических вычислений и моделирования: MATLAB, Mathcad, Mathematica, Maple, Maxima, Python или аналогичные программные средства.

Перечень используемого ПО:

- MS Office;
- Antiplagiat;
- программное обеспечение для математических вычислений и численного моделирования (MATLAB, Mathcad, Wolfram Mathematica, Maple, Maxima, Python или аналогичные программные средства).

3. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия

Для освоения курса студенты должны владеть дифференциальным исчислением, основами квантовой механики или атомной физики, классической электродинамики и оптики, элементами линейной алгебры и комплексного анализа.

4. Трудоёмкость

3 з.е. (1 з.е. это 27 астрономических часов)

5. Содержание курса

Л – лекции в часах
С – семинары в часах
П – практики (лабораторные занятия) в часах

Тема	Содержание	Л	С	П

Skoltech

Квантование электромагнитного поля	Необходимый математический аппарат. Классическое электромагнитное поле и переход к квантовой теории. Фотоны. Состояния Фока (числовые состояния) поля. Многомодовое поле. Корреляционные свойства квантового поля. Эффект Казимира. Поле при конечной температуре.	10	0	0
Когерентные и неклассические состояния света	Когерентные состояния одномодового поля и их связь со смещенным состоянием гармонического осциллятора. Свойства когерентных состояний и связь с состояниями Фока. Генерация когерентных состояний. Сжатые состояния и их генерация в нелинейно-оптических процессах. Состояния типа «кот Шрёдингера». Состояния Белла.	8	0	0
Взаимодействие света с двухуровневыми атомами и другими квантовыми излучателями и средами	Модель Раби. Модель Джейнса–Каммингса. Одетые состояния. Суперизлучение и субизлучение Дикке. Резонансная флуоресценция. Фотолюминесценция. Квантовая запутанность. Формализм матрицы плотности. Основное уравнение Линдблада. Нелинейный отклик.	14	0	0
Квантовая когерентность и корреляционные измерения	Квантово-механическая модель фотодетектора. Когерентность первого и второго порядка. Группировка и антигруппировка фотонов. Интерферометр Хэнбери Брауна–Твисса. Квантовый светоделитель. Двухфотонная интерференция и эксперимент Хонга–У–Мандела. Балансное гомодинное детектирование. Квантовые неразрушающие измерения.	12	0	0
Квантовые материалы и лазерное управление атомами	Атомные ансамбли. Основные принципы доплеровского и субдоплеровского охлаждения. Магнитооптические ловушки. Бозе–эйнштейновские конденсаты атомов.	4	0	0
Всего контактных часов:		48		
Самостоятельная работа:		30		

Skoltech

Промежуточная аттестация	3
Общее кол-во часов:	81

6. Требования к результатам освоения дисциплины

Изучение дисциплины **“Квантовая оптика”** при подготовке магистров по направлению подготовки **12.04.03 Фотоника и оптоинформатика** направлено на приобретение следующих компетенций:

ПК-1. Способен самостоятельно и (или) в составе исследовательской группы разрабатывать, исследовать и применять математические модели для качественного и количественного описания явлений и процессов и (или) разработки новых технических средств;

7. Вид итоговой оценки

Зачет

8. Структура оценки

Вид деятельности	**Относительный вклад в итоговую оценку за курс, %**
Домашние задания	30
Аудиторные задачи и упражнения	30
Тесты / опросы	30
Активное участие в занятиях	10

1% = 1 балл

9. Система оценивания

Зачтено / 70%–100%	Студент набрал не менее 70% от максимального количества баллов и продемонстрировал достаточное понимание основных моделей и методов квантовой оптики. Выполнение базового

	набора заданий в полном объеме является достаточным условием для получения зачета.
Не зачтено / 0%–69%	Студент набрал менее 70% от максимального количества баллов и не продемонстрировал достаточного освоения базовых теоретических моделей, расчетных методов и физических принципов курса.

10. Самостоятельная работа

Самостоятельная работа по дисциплине включает:

1. Решение блока домашних задач по квантованию электромагнитного поля, квантовым состояниям света, взаимодействию света с веществом и квантово-оптическим измерениям;
2. Подготовку к аудиторным расчетным упражнениям, включающим короткие задачи базового и повышенного уровня;
3. Подготовку к регулярным тестам и экспресс-опросам по материалам лекций;
4. Выполнение при необходимости численных расчетов и моделирования с использованием математического программного обеспечения;
5. Изучение рекомендуемой учебной и научной литературы по квантовой оптике.

Трудоемкость самостоятельной работы - 30 часов.

Для самостоятельной работы студентам рекомендуется использовать следующие источники:

1. M. O. Scully, M. S. Zubairy. Quantum Optics. Cambridge University Press, 1997. ISBN 9780511813993.
2. A. Yariv. An Introduction to Theory and Applications of Quantum Mechanics. Dover Publications, 2013. ISBN 9780486499864. Дополнительно рекомендуется: L. Mandel, E. Wolf. Optical Coherence and Quantum Optics. Cambridge University Press, 1995; C. C. Gerry, P. L. Knight. Introductory Quantum Optics. Cambridge University Press, 2005.

Skoltech

11. Фонд оценочных средств. Оценочные и методические материалы по дисциплине

Итоговая оценка формируется по результатам домашних заданий, аудиторных задач и упражнений, регулярных тестов / экспресс-опросов и активного участия в занятиях. Для получения зачета необходимо набрать не менее 70% от максимального количества баллов.

11.1. Домашние задания

11.1.1. Оценочные материалы:

В течение курса студентам предлагается блок из 30–40 задач различного уровня сложности, направленных на освоение математического аппарата и физических моделей квантовой оптики.

Пример задания: рассчитать средние значения бозонных операторов для заданного состояния Фока электромагнитного поля. Студенты могут выполнять базовый набор задач, достаточный для получения зачета, а также дополнительные задания повышенного уровня.

11.1.2. Методические рекомендации и критерии оценивания:

Общий вес домашних заданий составляет 30% итоговой оценки. Каждая задача должна быть решена полно и корректно; необходимо ответить на все части условия и при необходимости привести физическое обсуждение результата.

За неполное или частично неверное решение может быть выставлена часть баллов. После обсуждения решения с преподавателем студенту может быть предоставлена возможность исправить работу и восстановить баллы.

11.2. Аудиторные задачи и упражнения

11.2.1. Оценочные материалы:

На занятиях студенты индивидуально и/или в малых группах решают короткие задачи на бумаге или с использованием вычислительных средств.

Задания могут предлагаться в базовом варианте, достаточном для получения зачета, и в расширенном варианте для студентов с более сильной подготовкой.

Примеры заданий:

1.	Поле находится в состоянии Фока $\|2\rangle$. Какое значение имеет нормированная корреляционная функция второго порядка g(0)?

Skoltech

2.	Одномодовое когерентное состояние проходит через линейный канал с потерями, причем окружающие моды находятся в вакууме. Как корректно описать состояние прошедшего поля? А) Оно становится тепловым состоянием с тем же средним числом фотонов; Б) Оно обязательно становится смешанным состоянием; В) Оно превращается в статистическую смесь состояний Фока с субпуассоновской статистикой; Г) Оно остается когерентным состоянием с уменьшенной амплитудой.
3.	Для одной моды идеального теплового поля измеряется нормированная корреляционная функция второго порядка g(2)(0). Какое значение ожидается?
4.	Рассматривается электромагнитная мода, для которой энергия фотона значительно превышает kT. Какое утверждение наиболее корректно? А) Среднее число тепловых фотонов велико, но вакуумные флуктуации подавлены; Б) Тепловое заполнение становится малым, однако нулевые квантовые флуктуации сохраняются; В) Исчезают как тепловые, так и вакуумные флуктуации; Г) Поле автоматически переходит в когерентное состояние.
5.	Один фотон подается на один вход идеального симметричного 50:50 светоделителя, второй вход находится в вакууме. Как корректно описать выходное состояние до измерения? А) Классическая статистическая смесь: фотон либо в первом, либо во втором выходе; Б) Одномодовое когерентное состояние; В) Двухфотонное состояние с одним фотоном в каждом выходе; Г) Когерентная суперпозиция состояний, в которых фотон находится в разных выходных модах.
6.	Двухчастичная система находится в чистом максимально запутанном Bell-состоянии. Какова энтропия фон Неймана редуцированного состояния одной подсистемы, выраженная в битах?

7.	Два полностью неразличимых одиночных фотона одновременно поступают на разные входы идеального 50:50 светоделителя. Какова вероятность зарегистрировать по одному фотону на каждом выходе?
8.	Какую физическую величину квантового оптического поля выбирает фаза сильного локального осциллятора в балансном гомодинном детектировании?
9.	Дисперсия сжатой квадратуры перед каналом равна 0,25 от уровня шума вакуума. Квантовая эффективность канала составляет 50%. Считать дисперсию вакуума равной 1. Какова нормированная дисперсия после потерь?
10.	В резонансной модели Джейнса—Каммингса частота обмена возбуждением для состояния с n фотонами пропорциональна sqrt(n+1). Во сколько раз частота Раби для n=3 больше, чем для вакуумного состояния n=0?
11.	Двухуровневый атом взаимодействует с резонаторной модой, первоначально находящейся в когерентном состоянии. Почему в модели Джейнса—Каммингса возникают коллапс и последующее восстановление осцилляций атомной инверсии? А) Из-за классического затухания поля в резонаторе; Б) Из-за случайного дрейфа резонансной частоты атома; В) Из-за суперпозиции компонент с различными числами фотонов, для которых частоты Раби различны; Г) Исключительно из-за спонтанной эмиссии атома.
12.	При сильном резонансном возбуждении двухуровневой системы спектр резонансной флуоресценции приобретает центральный пик и два боковых пика. Как называется эта спектральная структура?

11.2.2. Методические рекомендации и критерии оценивания:

Общий вес аудиторных упражнений составляет 30% итоговой оценки. Задачи оцениваются по полноте и корректности решения. Используется качественная градация «выполнено полностью», «выполнено частично», «не выполнено». Для неудовлетворительно выполненных задач по согласованию с преподавателем может быть предоставлена повторная попытка.

Skoltech

11.3. Тесты / опросы

11.3.1. Оценочные материалы:

В начале лекций проводятся короткие тесты продолжительностью около 10–15 минут. Тест включает вопросы с выбором ответа и/или короткие расчетные задания по материалу курса.

Пример задания 1: по периоду осцилляций Раби, определенному из экспериментального графика при заданной мощности возбуждения, оценить величину дипольного момента перехода. Формат ответа может быть закрытым или предусматривать ввод краткого численного значения.

Пример задания 2: Идеальное чётное состояние типа «кот Шрёдингера» $|\alpha\rangle+|-\alpha\rangle$ разлагается по состояниям Фока. Компоненты с каким числом фотонов отсутствуют в таком разложении?

11.3.2. Методические рекомендации и критерии оценивания:

Общий вес тестов и экспресс-опросов составляет 30% итоговой оценки. Результат определяется долей правильно выполненных заданий. Для отдельных тестов могут использоваться базовый и повышенный уровни сложности.

11.4. Активное участие в занятиях

11.4.1. Оценочные материалы:

Активное участие включает содержательное участие в обсуждениях, постановку вопросов, предложение идей и способов решения задач, а также обсуждение физических интерпретаций полученных результатов.

Примеры заданий:

Идеальное двухмодовое сжатое вакуумное состояние является чистым запутанным квантовым состоянием. Как будет выглядеть состояние одной из мод после усреднения по степеням свободы второй моды (взятия частичного следа)? А) Чистое когерентное состояние; Б) Чистое сжатое состояние с тем же параметром сжатия; В) Смешанное состояние с тепловой статистикой числа фотонов; Г) Однофотонное состояние Фока.
Двухуровневый квантовый излучатель резонансно взаимодействует с одной модой оптического резонатора. Константа взаимодействия g значительно превышает как скорость затухания поля в резонаторе κ, так и скорость

декогеренции квантового излучателя γ. Какой спектральный эффект следует ожидать в таком режиме?

11.4.2. Методические рекомендации и критерии оценивания:

Общий вес активного участия составляет 10% итоговой оценки. Баллы начисляются за регулярный и содержательный вклад в обсуждение материала курса и совместное решение задач.

Автономная некоммерческая образовательная организация высшего образования «Сколковский институт науки и технологий»

Утверждено

Директор образовательной программы

Дорожкин П.С.

Идентификатор документа, задачи / ID: 479406 v.1, 450401

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ПРОСТОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ /
The document is signed with a simple electronic signature

Директор образовательной программы / The Director of the program
Дорожкин Павел Сергеевич / Dorozhkin Pavel Sergeevich

Дата подписания / Date of signing 22.09.2026

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

“Производственная практика”

Направление подготовки 12.04.03 Фотоника и оптоинформатика

Квалификация “магистр”

Москва 2026

Skoltech

Название курса

Производственная практика

1. Аннотация

Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО: относится модулю 2 “Отрасль” учебного плана, обязательная часть. Летняя четверть первого года обучения.

Язык дисциплины (модуля): русский и английский.

Ведущий преподаватель: Красников Дмитрий Викторович, Чернышев Виктор Михайлович

Цель программы "Индустриальное погружения" — предоставить студентам Сколтеха опыт практический работы в промышленном секторе, развить навыки и знания для их будущего применения в областях инженерии и инноваций. Индустриальное погружение осуществляется в отраслевой компании и исключает практику в академических учреждениях (например, университетах и т. д.).

Продолжительность программы 8 недель. В отличие от долгосрочных исследовательских задач проект практики представляет собой выполнение краткосрочной технологической задачи в сфере разработки, производства или эксплуатации под руководством кураторов от компании и Сколтеха.

Подготовка проекта практики планируется Институтом и компанией совместно: задание на проект предоставляется компанией и подлежит утверждению координатором программы индустриального погружения.

С потенциальными местами для прохождения практики можно ознакомиться в п.2 рабочей программы дисциплины.

2. Материально-техническое обеспечение

Потенциальные места для прохождения практики студентов, обучающихся по направлению подготовки 12.04.03 Фотоника и Оптоинформатика включают, но не ограничены следующими организациями:

Skoltech

Наименование организации	**Адрес места осуществления образовательной деятельности**	**Материально-техническое обеспечение**
ООО «Новапринт 3Д»	121205, г. Москва, территория Инновационного Центра «Сколково», ул. Нобеля, д. 3	Аудитория для работы, оснащенная стандартным рабочим местом, компьютерной техникой с возможностью подключения к сети Интернет.
ПАО «Сбербанк»	121170, г. Москва, СбербанкСити, Кутузовский пр-т, 32кБ	Аудитория для работы, оснащенная стандартным рабочим местом, компьютерной техникой с возможностью подключения к сети Интернет.
ООО «Рамановские Технологии»	142432, Московская обл., г. Черноголовка, ул. Береговая, дом 24, пом. 30 (2433)	Аудитория для работы, оснащенная стандартным рабочим местом, компьютерной техникой с возможностью подключения к сети Интернет.
ООО «Дефан»	121205, г. Москва, тер. Инновационного Центра Сколково, Большой б-р, д. 30 стр. 1, помещ. 51п	Аудитория для работы, оснащенная стандартным рабочим местом, компьютерной техникой с возможностью подключения к сети Интернет.

Skoltech

ООО «Фистех»	121205, г. Москва, б-р Большой (Инновационного Центра Сколково Тер), д. 30 стр. 1, эт/пом/рм 2/225/225-4	Аудитория для работы, оснащенная стандартным рабочим местом, компьютерной техникой с возможностью подключения к сети Интернет.
ООО «ЛАБАДВАНС»	121205, г. Москва, территория Инновационного Центра «Сколково», ул. Сикорского, д. 11	Аудитория для работы, оснащенная стандартным рабочим местом, компьютерной техникой с возможностью подключения к сети Интернет.
Российский квантовый центр (ООО «Международный центр квантовой оптики и квантовых технологий»/ООО «МЦКТ»)	121205, г. Москва, территория Инновационного Центра «Сколково», Большой б-р, д. 30, стр. 1	Аудитория для работы, оснащенная стандартным рабочим местом, компьютерной техникой с возможностью подключения к сети Интернет.
ООО «Активная фотоника»	124460, г. Москва, г. Зеленоград, Панфиловский пр-кт, д. 10, офис 49	Аудитория для работы, оснащенная стандартным рабочим местом, компьютерной техникой с возможностью подключения к сети Интернет.
ООО «Сиквэл»	105187, г. Москва, Щербаковская ул., д. 53 к. 16	Аудитория для работы, оснащенная стандартным рабочим местом, компьютерной техникой с возможностью подключения к сети Интернет.

Skoltech

ООО «Гиперспектрус»	192284, г. Санкт-Петербург, Будапештская ул, д. 71 к. 1 литера А, кв. 156	Аудитория для работы, оснащенная стандартным рабочим местом, компьютерной техникой с возможностью подключения к сети Интернет.
НИИ "Полюс" им. М.Ф. Стельмаха	117342, г. Москва, ул. Введенского, д.3 к.1	Аудитория для работы, оснащенная стандартным рабочим местом, компьютерной техникой с возможностью подключения к сети Интернет.
ООО «Активная фотоника»	124460, г. Москва, г. Зеленоград, Панфиловский пр-кт, д. 10, офис 49	Аудитория для работы, оснащенная стандартным рабочим местом, компьютерной техникой с возможностью подключения к сети Интернет.
ООО «ТЕТРАКВАНТ»	121205, г. Москва, территория Инновационного Центра «Сколково», ул. Нобеля, д. 3, пом. 044, 103.1	Аудитория для работы, оснащенная стандартным рабочим местом, компьютерной техникой с возможностью подключения к сети Интернет.
ООО «БАРИ-НН»	603155, г. Нижний Новгород, ул. Ульянова, д. 46	Аудитория для работы, оснащенная стандартным рабочим местом, компьютерной техникой с возможностью подключения к сети Интернет.

ООО «Т8»	107076, г. Москва, ул. Краснобогатырская, д. 44, стр. 1	Аудитория для работы, оснащенная стандартным рабочим местом, компьютерной техникой с возможностью подключения к сети Интернет.
ООО «Сиквэл»	105187, г. Москва, Щербаковская ул., д. 53 к. 16	Аудитория для работы, оснащенная стандартным рабочим местом, компьютерной техникой с возможностью подключения к сети Интернет.
ООО «ТЕТРАКВАНТ»	121205, г. Москва, территория Инновационного Центра «Сколково», ул. Нобеля, д. 3, пом. 044, 103.1	Аудитория для работы, оснащенная стандартным рабочим местом, компьютерной техникой с возможностью подключения к сети Интернет.

Перечень используемого ПО:

- MS Office
- Antiplagiat

3. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия

-

4. Трудоёмкость

12 з.е. (1 з.е. это 27 астрономических часов)

5. Содержание курса

Skoltech

Тема	Содержание	Контактная работа	Самостоятельная работа
Работа в компании + отчет о проделанной работе	Студенческие команды работают в компаниях в течение восьми недель в течение летнего семестра (обычно июнь-июль). Проектные работы выполняются под пристальным контролем компании, руководителя проекта и наставника промышленного погружения Сколтеха. По окончании ожидается, что студенты заполнят онлайн-форму отчета и отправят ее в Департамент образования в течение недели после окончания стажировки. Затем отчет будет утвержден руководителем проекта компании и сотрудником Индустриального офиса Сколтеха.	**0**	**240**
Работа над командным постером	Вместе с индивидуальными отчетами студенты также должны представить постеры командных проектов через Canvas. Плакат состоит из следующих разделов: 1) Название проекта; 2) Предыстория задачи проекта; 3) Цели; 4) Процесс; 5) Результаты; 6) Выводы.	**0**	**81**
Конференция “Индустриальный день”	Студенты должны посетить Индустриальный день и выставить свой командный постер на сессии во время мероприятия. Постер должен быть предварительно одобрен компанией, в которой была пройдена практика, а также сотрудником Индустриального офиса Сколтеха.	**3**	**0**
Итого		**324**	

Самостоятельная работа:	**321**
Промежуточная аттестация:	**0**
Общее кол-во часов:	**324**

6. Требования к результатам освоения дисциплины

Изучение дисциплины “**Производственная практика”** при подготовке магистров по направлению подготовки **12.04.03 Фотоника и Оптоинформатика** направлено на приобретение следующих компетенций:

Код и наименование компетенции
ОПК-1. Способен представлять современную научную картину мира, выявлять естественно-научную сущность проблемы, формулировать задачи, определять пути их решения и оценивать эффективность выбора и методов правовой защиты результатов интеллектуальной деятельности с учетом специфики исследований и разработки приборов и систем, технологий производства оптических сред, материалов и устройств фотоники и оптоинформатики
ОПК-2.Способен организовывать проведение научного исследования и разработку новых оптических систем и технологий, представлять и аргументированно защищать полученные результаты интеллектуальной деятельности, связанные с методами и средствами оптических и фотонных исследований
ОПК-3. Способен приобретать и использовать новые знания в своей предметной области на основе информационных систем и технологий, предлагать новые идеи и подходы к решению инженерных задач
ПК-1. Способен самостоятельно и (или) в составе исследовательской группы разрабатывать, исследовать и применять математические модели для качественного и количественного описания явлений и процессов и (или) разработки новых технических средств;
ПК-2. Способен ставить, формализовать и решать задачи, уметь системно анализировать научные проблемы, генерировать новые идеи и создавать новое знание;
ПК-3. Способен применять на практике умения и навыки в организации исследовательских и проектных работ, способен самостоятельно организовывать и

проводить научные исследования и внедрять их результаты в качестве члена или руководителя малого коллектива.

7. Вид итоговой оценки

зачет

8. Структура оценки

Вид деятельности	**Относительный вклад в итоговую оценку за курс, %**
Индивидуальный отчет	45
Постер (командный)	45
Участие в конференции “Индустриальный день”	10

9. Система оценивания

По окончании Индустриальной практики ожидается, что студенты заполнят онлайн-форму отчета и отправят ее в Департамент образования в течение недели после окончания стажировки. Затем отчет будет утвержден руководителем проекта компании и сотрудником Индустриального офиса Сколтеха.

Вместе с индивидуальными отчетами студенты также должны представить постеры командных проектов через Canvas.

Студенты должны посетить Индустриальный день и выставить свой постер на сессии во время мероприятия. Постер должен быть предварительно одобрен компанией, в которой была пройдена практика, а также сотрудником Индустриального офиса Сколтеха.

Для того, чтобы получить “зачтено” за Индустриальную практику студент должен предоставить командный проект, постер, а также участвовать в Индустриальном дне заработав “зачтено” по каждому элементу. Если хотя бы

по одному из элементов студент не получает “зачтено”, студент не получает “зачтено” за Индустриальную практику.

10. Самостоятельная работа

Самостоятельная работа по дисциплине включает:

1. Работа над командным проектом;
2. Подготовка постера
3. Изучение литературы.

Трудоемкость самостоятельной работы - 321 час.

Для самостоятельной работы студентам рекомендуется использовать следующие источники:

1) Product design and Development, Karl T. Ulrich, Eppinger, fifth edition. ISBN-13 (or ISBN-10): 9780073404 776
2) Technology Entrepreneurship: Taking Innovation to the Marketplace Thomas N. Duening, Robert A. Hisrich and Michael A. Lechter. ISBN-13 (or ISBN-10): 9780124201 750
3) Lean Customer Development: Building Products Your Customers Will Buy, Cindy Alvarez. ISBN-13 (or ISBN-10): 9781492023 746

Дополнительно методические указания по отдельным видам работ приведены в системе управления обучением “Canvas LMS”. Для доступа требуется персональный логин/пароль.

11. Фонд оценочных средств. Оценочные и методические материалы по дисциплине

Все задания для самостоятельной работы, включая методические рекомендации по подготовке отчета и постера находятся в системе управления обучением “Canvas LMS”. Для доступа требуется персональный логин/пароль.

Ниже приведены примеры каждого задания и методические рекомендации по его выполнению.

11.1. Индивидуальный отчет

В начале практики студенты обсуждают с компанией цели, которые должны быть достигнуты студентом за время работы в компании.

По окончании практики ожидается, что студенты заполнят онлайн-форму отчета, в котором будут описаны достигнутые результаты. Форму необходимо отправить в Департамент образования в течение недели после окончания стажировки. Затем индивидуальный отчет будет утвержден руководителем проекта компании и сотрудником Индустриального офиса Сколтеха.

11.1.1. Оценочные материалы для выполнения индивидуального отчета (перечень вопросов для выполнения отчета)

- Опишите чего вы достигли (будьте конкретны), а также расскажите про проделанную для достижения цели работу.
- Опишите все проблемы, с которыми вы столкнулись во время практики, а также опишите найденные вами решения. Если проект пошел по другому пути и ваши задачи/цели изменились в сравнении с тем, что изначально планировалось, опишите, почему так получилось.
- Подведите итоги проекта, который вы выполняли в компании (как результаты могут быть использованы/внедрены в индустрию).

11.1.2. Методические рекомендации

“Зачтено” за индивидуальный отчет студент получает если:

- Проект полностью выполнен согласно поставленной компанией задаче, ожидаемые результаты достигнуты.
- Отчет сдан студентом в Canvas вовремя.
- Отчет одобрен руководителем проекта компании и руководителем Сколтеха как «зачтено».

В случаях если один из вышеуказанных пунктов не выполняется, студент получает оценку “незачтено”, что приводит к “незачтено” по индустриальной практике.

Проект полностью выполнен согласно поставленной компанией задаче, ожидаемые результаты достигнуты. Отчет сдан студентом в Canvas вовремя. Отчет одобрен руководителем проекта компании и руководителем Сколтеха как «зачтено/не пройдено».

11.2. Командный постер

По завершении практики студенты должны подготовить командный плакат (постер).

11.2.1. Оценочные материалы (содержание/структура постера):

Плакат состоит из следующих разделов:

1) Название проекта;
2) Предыстория задачи проекта;
3) Цели;
4) Процесс;
5) Результаты;
6) Выводы.

Плакат заполняется на английском языке. Шаблон плаката доступен на странице курса в Canvas. Плакат утверждается руководителем проекта Компании и руководителем Сколтеха.

11.2.2. Методические рекомендации

Критерии оценивания постера следующие:

1. Соответствие представленной информации фактически выполненным работам;

2. Структурирование информации и форматирование текста по шаблону – текст четкий и по существу;

3. Эффективное использование графики, цвета и шрифтов;

4. Содержание полное, структурированное, логичное.

Для того, чтобы получить “Зачтено” необходимо, чтобы работа соответствовала вышеуказанным требованиям. Если работа не соответствует требованиям, студент получает “Не зачтено”, что приводит к “Не зачтено” по Индустриальной практике.

11.3. Участие в конференции “Индустриальный день”

Студенты должны посетить Индустриальный день и выставить свой командный постер на сессии во время мероприятия. Постер должен быть предварительно одобрен компанией, в которой была пройдена практика, а также сотрудником Индустриального офиса Сколтеха.

Skoltech

11.3.1. Оценочные материалы (содержание/структура постера):

Плакат состоит из следующих разделов:

1) Название проекта;
2) Предыстория задачи проекта;
3) Цели;
4) Процесс;
5) Результаты;
6) Выводы.

Плакат заполняется на английском языке. Шаблон плаката доступен на Canvas странице курса. Плакат утверждается руководителем проекта Компании и руководителем Сколтеха.

Перечень возможных вопросов от научного руководителя:

Прочитайте задание и ответьте на вопрос. Какое уравнение описывает распространение электромагнитной волны в однородной среде? **Напишите правильный ответ:**
Прочитайте задание и ответьте на вопрос. В волоконно-оптической линии связи (ВОЛС) из-за хроматической дисперсии происходит уширение световых импульсов, что приводит к межсимвольной интерференции. Предложите один наиболее эффективный путь решения этой задачи на аппаратном уровне без замены магистрального кабеля. **Напишите правильный ответ:**
Прочитайте задание и выберите правильный ответ. Какой эффект возникает при взаимодействии лазерного излучения с нелинейной средой? А) Интерференционная картина Б) Нелинейное преломление и изменение фазы

Skoltech

В) Поглощение света
Г) Рассеяние Рэлея

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Г):

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

Какое из перечисленных волоконно-оптических устройств представляет собой спектрально-селективный отражатель, отражающий узкий диапазон длин волн и пропускающий остальные компоненты оптического сигнала?

А) Полупроводниковые лазеры
Б) Брэгговская решётка
В) Излучатель поверхностных плазмон-поляритонов
Г) Широкополосный изолятор

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Г):

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

Для какого параметра характерна дисперсия групповых задержек в волоконно-оптической линии связи?

А) Потери мощности сигнала
Б) Ширина полосы пропускания волокна
В) Временная зависимость задержки сигнала разных частот
Г) Коэффициент затухания среды

Напишите правильный ответ: в формате заглавной буквы (например, Г)

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Укажите правильное название информационных систем, которые используют когерентное лазерное излучение для записи, чтения или передачи данных.

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Skoltech

Назовите один из основных параметров выбора материала для изготовления диэлектрических зеркал в заданном спектральном диапазоне.

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Научная группа разработала уникальный химический состав коллоидного раствора для выращивания квантовых точек. Состав невозможно определить путем анализа готового изделия (светодиода). Какой метод правовой защиты результатов интеллектуальной деятельности (РИД) является наиболее эффективным, если авторы хотят избежать раскрытия формулы конкурента.

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Перечислите ДВА основных фактора, влияющих на выбор конфигурации планарных волноводов.

Напишите два любых фактора через запятую:

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Почему при разработке фотонных интегральных схем важно учитывать эффекты теплового воздействия?

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

На каком физическом принципе основано распространение света в оптическом волокне?

Напишите правильный ответ:

Skoltech

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Компания разработала уникальную геометрию расположения микролинз на поверхности КМОП-матрицы, которая кардинально улучшает сбор света под косыми углами. Данная топология легко копируется конкурентами путем послойного снятия материала (обратного инжиниринга). Какой метод правовой защиты РИД эффективен в данном случае, если нужно защитить именно внешний вид, форму и взаимное расположение элементов структуры?

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

При проектировании систем фотоники разработчик обязан учитывать объективные ограничения (технологические, экономические, правовые, экологические). Назовите тип факторов, отражающих субъективные вкусы или интуицию инженера, которые не относятся к этим объективным ограничениям.

Напишите правильный ответ

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Как называется этап жизненного цикла оптического прибора, следующий после эксплуатации, на котором прибор демонтируется и направляется на утилизацию?

Напишите правильный ответ

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

Какой документ регламентирует экологические требования к производству оптоэлектронных компонентов?

А) ГОСТ Р ИСО 14001
Б) ГОСТ 2.105
В) ГОСТ 8.417
Г) ГОСТ 12.0.003

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Г):

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Skoltech

При расчете стоимости жизненного цикла оптического устройства учитываются экологические сборы и правовые пошлины. Назовите базовый вид ограничений, к которому относятся все эти стоимостные затраты, бюджетные лимиты и финансовые показатели проекта.

Напишите правильный ответ

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

При исследовании влияния температуры на показатель преломления нового полимерного оптического материала студент провел серию из 10 измерений при комнатной температуре. Какую методологическую ошибку в планировании эксперимента совершил исследователь, из-за которой невозможно выявить искомую зависимость?

Напишите правильный ответ

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Научная группа разработала новую технологию синтеза наноразмерных волноводов. При повторении процесса на том же оборудовании геометрические размеры волноводов в разных партиях отличаются на 40%. Какое критическое требование к результатам исследования нарушено у данной технологии?

Напишите правильный ответ

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Вам поручено разработать компактный лазерный дальномер, который будет эксплуатироваться на открытом воздухе при температурах от -40°C до +40°C. В ходе испытаний прототипа выяснилось, что при изменении температуры оптические элементы смещаются, нарушая юстировку. Назовите свойство материалов деталей корпуса (оправы оптики), которое инженеру необходимо минимизировать при проектировании, чтобы избежать тепловой расстройки системы.

Напишите правильный ответ

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Инженер измеряет спектр пропускания тонкой оптической пленки на стеклянной подложке. Он измерил интенсивность света, прошедшего через образец (пленка + стекло), но забыл провести измерение только для чистого стекла (без пленки). Какую обязательную процедуру в оптических измерениях пропустил студент, из-за чего в результаты закралась систематическая ошибка?

Напишите правильный ответ

Skoltech

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

При проектировании волоконно-оптической системы связи на длине волны 1550 нм (C-диапазон) инженеру необходимо выбрать материал для полупроводникового фотодиода. Почему стандартные и дешевые кремниевые (Si) фотоприемники категорически не подходят для решения этой задачи?

Напишите правильный ответ

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

При разработке лазерного лидара (оптического локатора), работающего на открытом воздухе в солнечную погоду, отраженный от объекта полезный лазерный сигнал (длина волны 532 нм) полностью забивается мощной фоновой засветкой от солнца. Какой оптический элемент необходимо установить непосредственно перед фотоприемником, чтобы отсечь излучение солнца и пропустить только лазерный сигнал?

Напишите правильный ответ

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Магистрант измерил фокусное расстояние линзы один раз и записал полученное значение в отчет как абсолютно точный результат исследования. Какое базовое научно-методологическое правило обработки результатов эксперимента нарушил студент, из-за чего невозможно оценить случайную погрешность измерения?

Напишите правильный ответ

Прочитайте задание и укажите правильную последовательность этапов.

Этапы жизненного цикла продукта в правильной последовательности:

А) Производство
Б) Эксплуатация
В) Утилизация
Г) Проектирование

Запишите соответствующую последовательность заглавных букв без пробелов и запятых в формате (АБВГ):

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

Какой из факторов не относится к интеллектуальным ограничениям?

А) Уровень квалификации персонала

Skoltech

Б) Доступность патентов
В) Стоимость сырья
Г) Наличие ноу-хау

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Г):

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Какой (какие) из перечисленных документов определяет (определяют) требования к охране труда при работе с лазерным оборудованием?

А) СанПиН 2.2.4.3359-16
Б) ГОСТ Р 50723-94
В) Трудовой кодекс РФ
Г) Все перечисленные

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Г):

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Перечислите ДВА основных экономических ограничения, которые необходимо учитывать при организации производства оптических компонентов.

Напишите два любых ограничения через запятую:

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Какие существуют экологические принципы, которые должны быть учтены при утилизации оптоэлектронных приборов? Перечислите ДВА ограничения.

Напишите два любых принципа через запятую:

Skoltech

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Приведите ОДИН пример ограничения, связанного с защитой прав на объекты интеллектуальной собственности, которое может повлиять на выбор технологии производства оптических элементов.

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

Какой этап (какие этапы) жизненного цикла оптического прибора требует (требуют) учёта экономических ограничений?

А) Проектирование
Б) Производство
В) Эксплуатация
Г) Утилизация
Д) Все перечисленные

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Г):

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

Какие ограничения учитываются при проектировании оптической системы для медицинского применения?

А) Только технические параметры (разрешение, чувствительность)
Б) Технические и экономические ограничения
В) Технические, экономические, экологические, правовые и социальные ограничения (например, безопасность для пациента, соответствие стандартам, стоимость эксплуатации).

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Б):

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Какие технические параметры должны учитываться при проектировании медицинских приборов? Приведите минимум ДВА примера.

Напишите два любых параметра через запятую:

Skoltech

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

На вход волокна подается оптическая мощность Pin=10мВт. Суммарные потери в линии составляют 10 дБ. Определите мощность на выходе. Ответ выразите в мВт

Напишите правильный ответ в численном виде:

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Для поиска новых идей по теме «волоконно-оптические датчики давления» вам необходимо изучить самые свежие мировые англоязычные статьи и труды конференций в области электротехники и фотоники. Какая профессиональная международная база данных и цифровая библиотека ассоциации инженеров является профильной для этой задачи?

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Вам поручено рассчитать сложный многолинзовый объектив для микроскопа методами трассировки лучей. Какую отечественную программную среду или её международные open-source аналоги на языке Python целесообразно использовать для автоматизации этой инженерной задачи в РФ?

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Вам необходимо самостоятельно написать скрипт для математического моделирования распространения светового импульса в нелинейной среде, оптимизировав скорость вычислений. Какой современный интерпретируемый язык программирования

Skoltech

(обладающий мощными открытыми библиотеками NumPy, SciPy, Matplotlib) является сегодня стандартом де-факто в академической среде для быстрой разработки таких расчетных алгоритмов?

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

При проектировании автоматизированной линии вакуумного напыления многослойных оптических покрытий инженеры создали её точную виртуальную копию. Эта копия в реальном времени получает данные с датчиков физической установки и моделирует износ узлов. Как в современной цифровой индустрии называется такая программная система — динамическая виртуальная модель реального физического объекта?

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Какой прибор применяется для измерения длины волны лазерного излучения?

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Для измерения какой характеристики фотоприемника можно использовать монохроматическое сканирование?

Напишите правильный ответ

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Какую угловую характеристику связи между источником излучения и световодом определяет числовая апертура (NA) оптического волокна?

Напишите правильный ответ

Skoltech

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Архитектура волоконно-оптической линии связи состоит из передающего, трактового и приемного блоков. Какое электронно-оптическое устройство устанавливается на приемной стороне магистрали для преобразования оптического сигнала в электрический?

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Из-за какого различия в кинетике распространения спектральных компонент светового сигнала возникает хроматическая дисперсия в оптическом волокне?

Напишите правильный ответ

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

Какой метод обработки данных позволяет повысить отношение сигнал/шум при измерениях в фотонике?

А) Усреднение по множеству измерений
Б) Увеличение частоты дискретизации
В) Использование одного измерения
Г) Уменьшение времени экспозиции

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Г):

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

Какова основная причина дисперсии в оптическом волокне?

А) Поглощение света материалом
Б) Различие скоростей распространения разных длин волн
В) Потери на соединениях
Г) Внешние электромагнитные помехи

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Г):

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Какой параметр определяет эффективность передачи оптической мощности через волокно?

Напишите правильный ответ:

Skoltech

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

Какое программное обеспечение чаще всего используется для обработки экспериментальных данных в фотонике?

А) AutoCAD
Б) MATLAB
В) MS Word
Г) Adobe Photoshop

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Г):

Прочитайте задание и укажите правильную последовательность этапов.

Действия при калибровке спектрометра с использованием источника с известной длиной волны:

А) Включить источник
Б) Записать спектр
В) Сравнить измеренную длину волны с эталонной
Г) При необходимости скорректировать шкалу прибора

Запишите соответствующую последовательность заглавных букв без пробелов и запятых в формате (АБВГ):

Прочитайте задание и укажите правильную последовательность этапов.

В каком порядке выполняются операции при калибровке оптического измерителя мощности с использованием эталонного источника?

А) Сравнение показаний измерителя с эталонным значением мощности.

Б) Включение эталонного источника и его прогрев до стабилизации.

В) Введение поправочного коэффициента (если требуется).

Г) Установка измерителя напротив выходного окна источника.

Запишите соответствующую последовательность заглавных букв без пробелов и запятых в формате (АБВГ):

Skoltech

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Перечислите основные источники ошибок при измерении оптической мощности фотоприёмником. Назовите ДВА источника ошибок.

Напишите два любых источника через запятую:

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Установите правильную последовательность действий при определении коэффициента затухания волокна методом обратного отсечения (cut-back method):

А) Измерить оптическую мощность на выходе длинного участка волокна.

Б) Укоротить волокно до малого эталонного участка, не изменяя условия ввода излучения.

В) Рассчитать коэффициент затухания по разности измеренных мощностей и разности длин участков.

Г) Измерить оптическую мощность на выходе короткого участка волокна.

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Как называется диапазон длин волн (или частот), в котором коэффициент пропускания оптического фильтра превышает установленный уровень?

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и укажите правильную последовательность этапов.

Этапы проведения эксперимента по измерению спектральной чувствительности фотоприёмника:

А) Запись спектра отклика фотоприёмника при различных длинах волн.
Б) Калибровка источника излучения по эталонному спектру.
В) Обработка и анализ полученных данных.
Г) Подключение фотоприёмника к измерительному прибору.

Запишите соответствующую последовательность заглавных букв без пробелов и запятых в формате (АБВГ):

Skoltech

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

На каком физическом принципе основана работа модулятора Маха-Цендера?

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и установите соответствие между этапом формализации и его содержанием:

Этап формализации	**Содержание**
А) Физическая модель	1) Уравнения
Б) Математическое описание	2) Переменные и константы
В) Параметры	3) Выбор физических допущений

Напишите правильное соответствие в формате: заглавная буква и цифра без пробела, запятая, пробел (например, А1, Б2, В3):

Прочитайте задание и установите соответствие между типом задачи и способом формализации:

Тип задачи	**Формализация**
А) Распространение света	1) Волновое уравнение

Skoltech

Б) Передача данных	2) Граничные условия
В) Резонатор лазера	3) Коэффициент битовых ошибок (BER)

Напишите правильное соответствие в формате: заглавная буква и цифра без пробела, запятая, пробел (например, А1, Б2, В3):

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Какой фактор необходимо минимизировать при измерении слабых оптических сигналов?

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Какой этап исследования позволяет выявить недостаточно изученные аспекты научной проблемы?

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Назовите ДВЕ научные базы данных, используемых для поиска научных публикаций.

Напишите две любые научные базы через запятую:

Skoltech

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

Как называется процедура проверки работоспособности новой методики на известных тестовых объектах?

А) Валидация
Б) Точность
В) Поверка

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Г):

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Какой критерий научной достоверности означает, что экспериментальный результат может быть повторно получен независимым исследователем при при повторении измерений в аналогичных условиях?

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

Как называется критерий, показывающий степень соответствия экспериментальных результатов теоретической модели?

А) Согласованность
Б) Значимость
В) Валидация

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Г):

11.3.2. Методические рекомендации

Критерии оценивания следующие:

Skoltech

Студент выставил командный постер на конференции, на которой очно присутствует, а также отвечает на вопросы научного руководителя, представителей индустрии по представленной работе.

Если вышеуказанные требования не выполнены полностью или частично, студент получает “не зачтено” по данному элементу, что ведет к “не зачтено” за индустриальную практику.

Автономная некоммерческая образовательная организация высшего образования «Сколковский институт науки и технологий»

Утверждено

Директор образовательной программы

Дорожкин П.С.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

“Мастерская инноваций”

Направление подготовки 12.04.03 Фотоника и оптоинформатика

Квалификация “магистр”

Москва 2026

Skoltech

Название курса

Мастерская инноваций

1. Аннотация

Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО: относится к модулю 3 "Инновации и предпринимательство", обязательная часть. Четверть 1А (первые четыре недели первой учебной четверти).

Язык дисциплины (модуля): английский.

Ведущий преподаватель: Кулиш Дмитрий Михайлович

Со-преподаватели: Дорожкин Павел Сергеевич, Николаев Алексей Владимирович, Салимон Алексей Игоревич, Киселев Максим Юрьевич, Уэрдан Хенни.

"Мастерская Инноваций" (IW) - это интенсивный курс для магистров, преимущественно первого года обучения, который проходит в течение первых четырех учебных недель сентября. Данный курс объединяет студентов, преподавателей и уважаемых приглашенных наставников с целью создания основополагающего опыта для магистров в области предпринимательства и инноваций (E&I).

IW предназначен для привития позитивного отношения к командной работе в культурной среде Сколтеха, а также для культивирования искусства прототипирования быстро, под давлением, с помощью других и на основе любых ресурсов, имеющихся под рукой здесь и сейчас.

2. Материально-техническое обеспечение

Лекционная и семинарская часть занятий проходит в учебной аудитории.

Аудитория на 120 человек для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации:

- специализированная мебель: парты, 2 стола преподавателя, трибуна, 1 моноблок;

- технические средства обучения: моторизированный проекционный экран, проектор на потолочном кронштейне, микрофоны беспроводной радиосистемы, камера, сетевая камера, потолочные громкоговорители, дублирующие экраны, сенсорные мониторы, ЖК-панель.

Для самостоятельной работы студенты могут использовать рабочее пространство библиотеки.

Перечень используемого ПО:

- MS Office
- Antiplagiat

3. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия

-

4. Трудоёмкость

6 з.е. (в з.е., 1 з.е. это 27 астрономических часов)

5. Содержание курса

Л – лекции в часах
П – практики в часах
С – семинары в часах

Тема	Содержание	Л	П	С
Неделя 1: интуиция	Вводная речь Лекции Занятия “Быстрый успех” Тренинг по созданию идей Тренинг по питчингу	6	15	15
Неделя 2: постановка проблемы	Лекции Брейншторминг Ярмарка проектов Встречи в формате “Speed Dating” Работа с менторами Проектная работа в командах Работа в лабораториях Сессии по лидерству и командной работе Сессия по постановке проблемы	6	15	15

	Сессия по прототипированию Презентация “Быстрая неудача” Оценка других команд (обязательная персональная часть)			
Неделя 3: прототипирование	Лекции Работа в команде Работа в лаборатории Работа с менторами EQ Сессия Обратная связь от конечных пользователей План и видение проекта Репетиция презентации Оценка других команд (обязательная персональная часть)	6	15	15
Неделя 4: разработка	Работа над проектом в командах Работа с менторами Работа в лабораториях Лекции Финальный показ презентаций Оценка других команд (обязательная персональная часть)	6	15	15
Всего контактных часов:		**144 часа**		
Самостоятельная работа:		**15 часов**		
Промежуточная аттестация:		**3 часа**		
Общее кол-во часов:		**162 часа**		

6. Требования к результатам освоения дисциплины

Изучение дисциплины “**Мастерская инноваций”** при подготовке магистров по направлению подготовки **12.04.03 Фотоника и оптоинформатика** направлено на приобретение следующих компетенций:

Код и наименование универсальной компетенции
УК-1. Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий
УК-2. Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла
УК-3. Способен организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели
УК-4. Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на

иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия
УК-5. Способен анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия
УК-6. Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки

7. Вид итоговой оценки

зачет

8. Структура оценки

Вид деятельности	**Относительный вклад в итоговую оценку за курс, %**
Командный проект	75
Отчет	25

9. Система оценивания

Оценка успеваемости студентов IW — это сложная прозрачная количественная система, которая будет постоянно публиковаться в Canvas во время курса в соответствии с правилами Сколтеха. Вся оценка курса IW будет проводиться преподавателями CEI на основе командной деятельности по инновациям.

Преподаватели CEI получат обратную связь от наставников проекта и технических специалистов для принятия обоснованного решения.

Итоговая оценка за участие в курсе для каждого учащегося будет «зачтено» или «незачтено». Однако расчет итоговой оценки «зачтено/не зачтено» будет основан на количественных баллах, полученных студентами за командный проект и отчет.

Согласно существующей практике Сколтеха, балл ЗАЧТЕНО (PASS) присуждается студенту, совокупный балл которого превышает 40% из 100% возможных.

зачтено 86% и выше	Оцениваемая работа выполнена с отменным качеством и свидетельствует об отличных знаниях, глубоком понимании предмета, глубоких всесторонних познаниях и умелом применении концепций и/или учебных материалов. Все

	результаты обучения соответствуют высокому уровню
зачтено 76% - 85%	Работа выполнена в соответствии с высокими стандартами и свидетельствует о наличии всесторонних познаний и хорошем понимании предмета, умении использовать соответствующие концепции, а также об умении решать проблемы, возникающие в ходе изучения предмета работы. Большая часть результатов обучения соответствует высокому уровню
зачтено 66% - 75%	Оцениваемая работа в целом выполнена на удовлетворительном уровне и свидетельствует об адекватных знаниях и достаточном понимании предмета, однако со значительными недостатками. Большая часть результатов обучения соответствует удовлетворительному уровню
зачтено 56% - 65%	Оцениваемая работа выполнена на слабом уровне и свидетельствует о крайне ограниченном понимании предмета, недостаточных знаниях и имеет существенные недостатки. Удовлетворительному уровню соответствует лишь малая часть результатов обучения.
зачтено 40% - 55%	Минимально допустимый уровень успеваемости. Оцениваемая работа выполнена на очень слабом уровне, имеет серьезные недостатки и свидетельствует о весьма низком уровне знаний, понимания и/или умений и знакомства с предметом. Удовлетворительному уровню соответствует лишь очень малая часть результатов обучения (или таких результатов нет вообще)
незачтено 0% - 39%	Оцениваемая работа неприемлема и свидетельствует о практическом отсутствии знаний и понимания предмета работы. Удовлетворительному уровню не соответствуют никакие результаты обучения

10. Самостоятельная работа

Самостоятельная работа по дисциплине включает:

1. Работа над командным проектом;
2. Изучение литературы;
3. Подготовка отчета о проделанной работе.

Трудоемкость самостоятельной работы - 15 часов.

Для самостоятельной работы студентам рекомендуется использовать следующие источники:

- Innovating: A Doer's Manifesto for Starting from a Hunch, Prototyping Problems, Scaling Up, and Learning to Be Productively Wrong (MIT Press) by Luis Perez-Breva. This book is available from the Ebsco eBook Collection in Skoltech's online Library, accessible at the following URL:http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=nlebk&AN=1470564&site=ehost-liveThe Ebsco eBook Collection is available to all Skoltech students within the Skoltech network, or remotely via proxy. You can visit the Skoltech library here:https://www.skoltech.ru/en/education/library/. **ISBN-13 (or ISBN-10): 9780262035354**
- Disciplined Entrepreneurship, Bill Aulet, Wiley 2013. **ISBN-13 (or ISBN-10): 9781118692288**

Дополнительно методические указания по отдельным видам работ приведены в системе управления обучением "Canvas LMS". Для доступа требуется персональный логин/пароль.

11. Фонд оценочных средств. Оценочные и методические материалы по дисциплине

Все задания для самостоятельной работы, включая методические рекомендации по подготовке отчета о проделанной работе находятся в системе управления обучением "Canvas LMS". Для доступа требуется персональный логин/пароль.

Ниже приведены примеры каждого задания и методические рекомендации по его выполнению.

11.1. Командный проект

Skoltech

За время курса студентам будет предоставлена возможность работать над проектом. Студенты будут работать самостоятельно и интенсивно в группах в течение трех недель с целью разработки прототипа (схемы или проекта), технологической инновации, сосредоточенной на проблеме «реального мира».

Каждая студенческая команда должна будет разработать технологическую инновацию, схему, на базе реальной практической проблемы, и представить несколько итераций (т. е. прототипов) этой схемы группе преподавателей Сколтеха и приглашенным наставникам.

Схема технологических инноваций не должна быть бизнес-планом или операционным планом для производства готового продукта или началом start-up (хотя он может включать элементы каждого из них,т.к. они полезны). Скорее, это визуализированный план или четко сформулированное выражение идеи (т. е. «схема») использования технологии для решения проблемы “реального мира”.

По результатам работы команды выступят с презентациями.

11.1.1. Оценочные материалы для выполнения презентации по командному проекту:

Команды должны использовать презентацию Powerpoint (или эквивалентное программное обеспечение).

Презентация должна состоять из 6-10 слайдов, охватывающих 6 ключевых тем проекта. Каждая тема, упомянутая ниже, должна быть представлена выделенным членом команды в течение 1 минуты. Вместе с 4 минутами на презентацию прототипа общая продолжительность презентации проекта IW составляет 10 минут.

Слайд	Название слайда	Рекомендации к слайдам
1	Постановка задачи проекта	- предоставить свидетельства варианта использования для фактического конечного пользователя с указанием имени и демографических данных. - предоставить шаблон постановки задачи со встроенными письменными показаниями реальных конечных пользователей
2	Прототип/схема решения проблемы	- объединить иллюстрации и словесное объяснение. - рассмотреть техническое описание вашего прототипа в форме патентной заявки - провести творческую демонстрацию вашего прототипа во время вашей презентации

Skoltech

3	Научная проверка реального прототипа в решение проблемы	- предоставить дизайн эксперимента, метод, результаты, средства контроля, сопоставимые данные и статистика.
4	Отзывы конечных пользователей о реальном прототипе	- предоставить настоящее имя и демографические данные фактического конечного пользователя, предоставляющего отзыв. - предоставить отзывы конечного пользователя, включая варианты использования, метрики, советы и обсуждения.
5	План и Видение следующих шагов проекта	- представить диаграмму Ганта - представить долгосрочное видение проекта с использованием бизнес-модели
6	Фотографии и роли команды	будь креативным

При подготовке к проекту, а также после выступления с проектами студентам могут быть заданы подобные вопросы:

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Что является первым и ключевым шагом в технологическом инновационном проекте?

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Какой этап является первым и ключевым в процессе Customer Discovery?

Напишите правильный ответ (термин на английском языке):

Skoltech

Прочитайте задание и заполните пропуск.

Данные компоненты обязательны для прототипа (MVP) технологического инновационного проекта:

1) Научное обоснование с обзором текущих альтернатив, публикаций и патентов;
2) _____;
3) Результаты валидационного эксперимента с корректными контролями.

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

После презентации MVP что является ключевым драйвером для планирования следующего спринта в инновационном проекте?

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и заполните пропуск.

При демонстрации прототипа потребителю важно объяснить, как прототип _____.

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Без чего обратная связь потребителя будет ограниченной и ненадежной?

Напишите правильный ответ:

Skoltech

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

Какой из перечисленных этапов НЕ входит в планирование следующего спринта?

А) Прототипирование
Б) Тестирование
В) Долгосрочное планирование
Г) Получение обратной связи потребителя

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Б):

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Какой первый физический артефакт нужно создать для проверки идеи согласно книге “INNOVATING” профессора MIT Perez Breva?

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

Какой принцип противоречит процессу инноваций согласно книге “INNOVATING” профессора MIT Perez Breva?

А) Начинать прямо сейчас, используя доступные ресурсы
Б) Искать подсознательное вдохновение (hunch) и следовать ему
В) Игнорировать обратную связь от пользователей
Г) Стремиться к наиболее материальному прототипу

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Б):

Skoltech

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Что Вам нужно, чтобы начать инновационную деятельность, согласно книге “INNOVATING” профессора MIT Perez Breva?

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и укажите правильную последовательность этапов.

Этапы развития инновационного проекта в курсе Сколтеха «Мастерская Инноваций».

А. Создание и экспериментальная валидация прототипа
Б. Получение обратной связи потребителя на прототип.
В. Определение практической проблемы (потребности потребителя), решаемой в данном проекте.

Запишите соответствующую последовательность заглавных букв без пробелов и запятых в формате (АБВ):

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Что критически важно при планировании прототипа в инновационном проекте?

Напишите правильный ответ:

Skoltech

Прочитайте задание и заполните пропуск.

Три принципа, которые лежат в основе критического мышления:

1) Скептицизм;
2) _____;
3) Открытость новому.

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и заполните пропуск.

Три характеристики, которые присущи системному мышлению:

1) Холизм;
2) _____;
3) Динамичность.

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и заполните пропуск.

Презентация инновационного проекта начинается с ответа на два вопроса:

1) Какую проблему решает проект?
2) _____ решаем проблему?

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

Skoltech

Что такое "редукционизм" в системном мышлении?

А) Сведение сложной системы к простым компонентам без учета взаимосвязей
Б) Анализ системы как целого
В) Учет всех возможных факторов
Г) Использование только качественных данных

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Б):

Прочитайте задание и заполните пропуск.

Добавьте недостающий этап инновационного процесса:

1) постановка проблемы и определение потребителя, 2) предложение научно-технологического решения, 3) прототипирование и _____ прототипа, 4) получение обратной связи потребителя на прототип, 5) определение следующего прототипа и потребителя

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

Что из перечисленного НЕ является этапом системного подхода?

А) Формулировка проблемы
Б) Сбор и анализ данных
В) Принятие решения на основе интуиции
Г) Оценка результатов

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Б):

Skoltech

Прочитайте задание и заполните пропуск.

Три ошибки, которые чаще всего допускают при системном анализе:

1) Игнорирование контекста;
2) Редукционизм;
3) _____.

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и заполните пропуск.

Добавьте недостающий этап инновационного процесса:

1) постановка проблемы и определение потребителя, 2)_____, 3) прототипирование и экспериментальная валидация прототипа, 4) получение обратной связи потребителя на прототип, 5) определение следующего прототипа и потребителя.

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и заполните пропуск.

Этапы, которые входят в цикл Деминга (PDCA):

1) Plan (Планирование);
2) _____;
3) Check (Проверка);
4) Act (Действие).

Напишите правильный ответ в таком же формате, как прописанные в задании этапы (например, Plan (Планирование)) :

Skoltech

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Цикл Деминга (PDCA) — это управленческая модель непрерывного улучшения процессов разработки продуктов, предложенная Уильямом Демингом в середине XX века. Как расшифровывается аббревиатуру PDCA на английском языке?

Напишите правильный ответ на английском языке, последовательно указав каждый этап через запятую и пробел:

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Что является ключевым драйвером для планирования следующего шага (спринта) в инновационном проекте?

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

Каким образом Scrum помогает снижать риски и управлять неопределённостью в проекте?

А) Через жесткое долгосрочное планирование
Б) Через короткие циклы (итерации) с регулярной адаптацией плана
В) Зафиксировав требования один раз до начала разработки
Г) Исключив обратную связь от заказчика до конца проекта

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Б):

Skoltech

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Какие виды ресурсов учитываются при планировании проекта?

Напишите правильный ответ перечислив 3 вида ресурсов:

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

Какой из перечисленных этапов НЕ входит в Scrum?

А) Планирование спринта
Б) Ежедневные стендапы
В) Долгосрочное планирование на год
Г) Ретроспектива

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Б):

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

Какой принцип НЕ относится к Agile?

А) Гибкость к изменениям
Б) Ранняя и частая поставка продукта
В) Жёсткое следование изначальному плану
Г) Вовлечение заказчика

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Б):

Прочитайте задание и заполните пропуск.

Согласно методологии Scrum, следующие элементы необходимы для эффективного

Skoltech

управления неопределенностью: _____ и исполнение.

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

Основополагающий принцип методологии Scrum гласит, что

А) Единственный критерий успеха — обратная связь потребителя/покупателя
Б) Всестороннее обучение персонала компании - это залог успеха проекта
В) Использование устаревших технологий недопустимо
Г) Необходимо жестко следовать начальному плану

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Б):

Прочитайте задание и заполните пропуск.

Ключевая ошибка управления проектами: отсутствие четкой _____

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и заполните пропуск.

Первая стадия управления проектом («Видение») включает в себя:
_____ и критериев успеха.

Напишите правильный ответ:

Skoltech

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Что является главным источником улучшения планов на следующий спринт в методологии Scrum?

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

Наиболее критичная причина неудач в управлении проектами связана с:

А) Использованием неподходящей технологии
Б) Проблемами личных качеств членов команды
В) Недостаточным опытом планирования
Г) Невыполнением ключевой цели/задачи проекта

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Б):

Прочитайте задание и заполните пропуск.

Ключевой ошибкой в управлении проектами является отсутствие фокуса на _____.

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Skoltech

Назовите основной фактор успешного внедрения нового технологического проекта:

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Управление проектами — это «твёрдый» и/или «мягкий» навык?

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Значительная корректировка цели и задач инновационного проекта допустима при управлении инновационными проектами.

Как называется такая корректировка?

Напишите правильный ответ (термин на английском языке):

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Какой шаг является первым и ключевым шагом в планировании и исполнении технологического инновационного проекта?

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Skoltech

Что является основой для выбора целей и задач, а также корректировки планов в ходе развития инновационного проекта?

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

При работе над инновационным проектом важно:

А) Быстро создавать прототипы
Б) Решительно менять направление при необходимости
В) Быстрее совершать ошибки
Г) Все вышеперечисленные

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Б):

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

Какое утверждение верно относительно командной работы и лидерства?

А) Командная работа основана исключительно на индивидуальных способностях членов команды
Б) Лидеры обладают абсолютным влиянием на команду
В) Эффективное лидерство зависит от способности влиять и вдохновлять команду
Г) Хорошее руководство исключается понятием «командная работа»

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Б):

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

Какой навык НЕ является ключевым для лидера команды?

Skoltech

А) Эмоциональный интеллект (EQ)
Б) Умение распределять ресурсы
В) Микроуправление каждой задачей
Г) Стратегическое мышление

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Б):

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

Как добиться эффективной работы команды?

А) Постоянно объяснять обоснованность предложенного плана действий
Б) Давить и манипулировать
В) Довериться самоорганизации членов команды
Г) Применять сочетание инженерного/проектного и эмоционального лидерства

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Б):

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

Что делать, если команда конфликтует?

А) Принять как этап развития команды и использовать инструменты конструктивного противостояния
Б) Пожаловаться преподавателю и потребовать прекратить конфликт
В) Объяснить, что конфликты — это глупо и некультурно, и отказаться работать
Г) Эмоционально настоять на своём решении

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Б):

Skoltech

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Назовите ключевую ошибку лидера в стиле управления командой.

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и заполните пропуск.

Добавьте недостающий тип лидерства, который необходимо применять при управлении инновационных проектом:

1) инженерное/проектное лидерство;
2) _____ лидерство.

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

Какие личные ценности следует согласовывать с ценностями команды?

А) Профессиональные амбиции.
Б) Материальную выгоду.
В) Морально-нравственные убеждения.
Г) Все вышеуказанное.

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Б):

Skoltech

Прочитайте задание и заполните пропуск.

Одним из главных преимуществ наличия командного контракта является: _____.

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и заполните пропуск.

Добавьте недостающую фазу развития групповой динамики проектной команд:

1) формирование, 2) _____, 3) нормирование и 4) производительность

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

В чем состоит необходимость заключения командного контракта?

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и заполните пропуск.

Добавьте недостающий ценностный компонент, согласование которого необходимо для достижения прозрачности и эффективного взаимодействия в команде:

1) морально-нравственные убеждения;
2) профессиональные амбиции;
3) _____.

Skoltech

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и заполните пропуск.

Модель развития команды по Брюсу Такману предполагает следующие этапы развития:

1. _____;
2. Конфликт;
3. Нормирование;
4. Функционирование;
5. Расставание.

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и заполните пропуск.

Принцип "disagree but commit" в командной работе означает _____ с последующим принятием решения.

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Как называется ключевой документ, способствующий повышению доверия и прозрачности в команде?

Напишите правильный ответ:

Skoltech

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Что является первым шагом в создании эффективной команды?

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и заполните пропуск.

Во время "storming" фазы развития команды участникам команды следует применять _____.

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и заполните пропуск.

Следующие методы способствуют конструктивному разрешению конфликтов:

1) _____;
2) Обращение к командным ценностям;
3) Активное слушание.

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Что означает "Я-сообщение" в конструктивной конфронтации?

Напишите правильный ответ:

Skoltech

Прочитайте задание и заполните пропуск.

Способность команды конструктивно работать в фазе _____ модели развития команды по Брюсу Такману характеризует команду как зрелую.

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и заполните пропуск.

Задачами командного контракта являются:

1. Повышение ответственности членов команды;
2. Четкое определение _____;
3. Установление прозрачных процедур.

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

Коммуникативные навыки (навыки делового общения) — это:

А) Частная ненаучная тема, которую не стоит обсуждать в университете.
Б) Поле для манипуляторов и шарлатанов: если ты хорошо работаешь, тебя и так услышат и будут уважать.
В) Ключевые навыки делового общения, необходимые для эффективного академического и профессионального взаимодействия
Г) Всё вышеперечисленное

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Б):

Skoltech

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Дайте определение невербального общения.

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Как эффективно развить навыки общения?

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

Как аргументировать свою правоту, если слушатели утверждают, что вы неправы:

А) Игнорировать вопрос и сменить тему
Б) Вербально одёрнуть невежливого слушателя
В) Представить YODA и предложить её обсудить
Г) Показать обиду и отчаяние

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Б):

Прочитайте задание и заполните пропуск.

Добавьте недостающий элемент оптимальной структуры убедительной презентации:

Skoltech

1) Проблема → 2) решение → 3) _____.

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

YODA (your own data) используется для:

А) Уклонения от вопросов
Б) Подтверждения своих аргументов объективными данными
В) Ускорения презентации
Г) Убеждения аудитории без доказательств

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Б):

Прочитайте задание и заполните пропуск.

Добавьте недостающий элемент порядка действий при получении критических комментариев на ваш доклад:

Оптимальный порядок действий при получении критических комментариев на мой доклад это: представить _____ и предложить обсудить.

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и заполните пропуск.

На курсе “Мастерская инноваций” говорится о том, что ключевой элемент невербальной коммуникации для проведения успешной презентации: _____ и открытые жесты.

Напишите правильный ответ:

Skoltech

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

Для эффективной работы с возражениями необходимо:

А) Заранее подготовить YODA по потенциально слабым местам
Б) Избегать дискуссий
В) Ссылаться на авторитеты без данных
Г) Сокращать время на ответы

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Б):

Прочитайте задание и заполните пропуск.

Тон голоса влияет на доверие к докладчику, если он умеренно эмоциональный, с _____.

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и заполните пропуск.

При демонстрации прототипа критически важно объяснить _____.

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Назовите ключевое действие по подготовке успешной презентации и развитию коммуникационных навыков.

Skoltech

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Если вашу идею критикуют, лучший способ ответить — это: _____ и предложить дискуссию.

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и заполните пропуск.

Добавьте недостающий ключевой компонент невербальной коммуникации, речь о котором идет на курсе “Мастерская Инноваций”:

1)_____, 2) улыбка, 3) расправленные плечи.

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и заполните пропуск.

_____ — это краткое структурированное представление идеи проекта без слайдов.

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Назовите основной компонент коммуникативных навыков, который не относится к содержанию презентации и вашего доклада?

Skoltech

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и заполните пропуск.

При подготовке к презентации важнее всего проработать структуру: проблема → _____ → план

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

Если вашу гипотезу отклоняют, нужно:

А) Сразу отказаться от идеи
Б) Собрать больше собственных данных (YODA) и переформулировать аргументы
В) Обвинить аудиторию в непонимании
Г) Уйти в эмоциональную защиту

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Б):

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Назовите основной инструмент работы с критикой и возражениями в ходе презентации инновационного проекта?

Напишите правильный ответ:

Skoltech

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

По каким вопросам особенно важно подготовить YODA (ваши собственные данные) при подготовке презентации инновационного проекта?

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и заполните пропуск.

Три компонента межкультурного взаимодействия в низкоконтентной культуре: 1) прямое количественное обсуждение ключевых вопросов, 2) принятие _____, 3) использование чётких количественных письменных определений.

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

Примером межкультурной коммуникации является:

А) Общение между местными жителями и иностранцами
Б) Общение между инженерами и художниками
В) Общение между представителями разных поколений
Г) Все вышеперечисленное

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Б):

Прочитайте задание и заполните пропуск.

Межкультурная коммуникация начинается с _____.

Напишите правильный ответ:

Skoltech

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Что означает "Я-сообщение" в межкультурном взаимодействии?

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

Какой метод НЕ способствует конструктивному разрешению конфликтов?

А) "Я-сообщение"
Б) Личные нападки
В) Обращение к командным ценностям
Г) Активное слушание

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Б):

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

Что является ключевым при гармонизации личных целей и ценностей собеседников в межкультурном взаимодействии?

А) Отказ от личных целей и ценностей
Б) Поиск точек соприкосновения
В) Навязывание правильных целей и ценностей
Г) Игнорирование различий

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Б):

Skoltech

Прочитайте задание и заполните пропуск.

Три компонента межкультурного взаимодействия в высококонтекстной культуре: 1) длительное выстраивание отношений, 2) избегание _____ , 3) избегание чётких письменных определений.

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

Пример высококонтекстной культуры:

А) Немецкая
Б) Американская
В) Японская
Г) Шведская

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Б):

Прочитайте задание и заполните пропуск.

В межкультурном взаимодействии следует использовать “_____”.

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

Ключевой принцип межкультурного взаимодействия:

Skoltech

А) Терпимость к различиям
Б) Унификация поведения
В) Доминирование одной культуры
Г) Избегание конфликтов

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Б):

Прочитайте задание и заполните пропуск.

Между высококонтекстными и _____ типами культур наблюдаются особенно острые межкультурные противоречия.

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и заполните пропуск.

Высококонтекстные культуры используют _____ и контекст.

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и заполните пропуск.

Низкоконтекстные культуры требуют использования чётких количественных _____ определений/указаний.

Напишите правильный ответ:

Skoltech

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Что такое межкультурная эмпатия?

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Назовите основную причину проблем в процессе межкультурного взаимодействия.

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и заполните пропуск.

В межкультурной команде оптимизация работы достигается через использование _____ как преимущества.

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Назовите ключевую ошибку в межкультурном взаимодействии.

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

Skoltech

Эффективное межкультурное взаимодействие требует:

А) Полного отказа от своей культурной идентичности
Б) Гибкости и готовности учиться
В) Строгого следования своим традициям
Г) Избегания любых конфликтов

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Б):

Прочитайте задание и заполните пропуск.

Добавьте недостающий инструмент коммуникации в эффективном межкультурном взаимодействии

Три ключевых инструмента коммуникации для эффективного межкультурного взаимодействия:
1) Принятие различий, 2) «Я-сообщение» (выражение своего мнения без осуждения других), 3)_____.

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

С чего начинается межкультурная коммуникация?

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

Личностное развитие - это:

Skoltech

А) Сомнительная частная ненаучная тема, которую не следует обсуждать в университете
Б) Поле для манипуляторов и шарлатанов
В) Навык, который нужно развивать самостоятельно: ему нельзя научить
Г) Важный тренируемый навык, необходимый для гармоничной профессиональной и частной жизни

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Б):

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

Ключевой компонент личностного развития:

А) Управление стрессом и здоровьем
Б) Изучение иностранных языков
В) Развитие профессиональных навыков
Г) Участие в конференциях

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Б):

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

Работа по матрице эмоционального интеллекта Големана начинается с:
А) Лидерских качеств
Б) Личной и социальной осознанности
В) Технических навыков
Г) Коммуникативных способностей

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Б):

Skoltech

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

Лидерство - это:

А) Врождённое качество
Б) Синоним личной зрелости и осознанности
В) Умение управлять людьми
Г) Навык публичных выступлений

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Б):

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Назовите первый шаг в управлении стрессом.

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и заполните пропуск.

Стратегия взаимодействия win-win подразумевает гармонизацию своих и чужих целей без _____.

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

Для поиска инновационного озарения (hunch) необходимо:

А) Работать только в одной области

Skoltech

Б) Экспериментировать с разными технологиями
В) Следовать только проверенным методам
Г) Доверять исключительно экспертам

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Б):

Прочитайте задание и заполните пропуск.

Добавьте недостающий вопрос, который входит в scrum-standup.

Три вопроса, которые входят в scrum-standup:

1) _____?
2) Что вы хотите сделать сегодня?
3) Что вызывает у вас беспокойство в проекте?

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

Здоровый образ жизни должен базироваться на:

А) Научных знаниях и практике
Б) Популярных диетах
В) Советах друзей
Г) Личном опыте

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Б):

Прочитайте задание и заполните пропуск.

Skoltech

Эффективное саморазвитие требует:

- Систематической работы над собой;
- Осознания своих _____;
- Управления здоровьем и стрессом;

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Является ли личностный рост тренируемым навыком?

Напишите правильный ответ в формате да/нет:

Прочитайте задание и заполните пропуск.

Назовите ключевой этап личностного роста, который оказывает прямое влияние на здоровьесбережение - это управление _____.

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Назовите первый этап личностного роста и развития.

Напишите правильный ответ:

Skoltech

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Является ли лидерство тренируемым навыком?

Напишите правильный ответ в формате да/нет:

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Назовите ключевой инструмент развития лидерства и личностного роста.

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и заполните пропуск.

В классической теории переговоров сценарий _____ это тип разрешения конфликта, при котором все вовлеченные стороны реализуют свои наихудшие альтернативы и фиксируют чистый отрицательный баланс полезности.

Напишите правильный ответ (ответ на английском языке):

Прочитайте задание и заполните пропуск.

Добавьте недостающее слово: на курсе “Мастерская инноваций” говорилось о том, что основной принцип поиска вдохновения (HUNCH) гласит, что необходимо обращать внимание НЕ на когнитивные мнения, а на _____.

Напишите правильный ответ:

Skoltech

Прочитайте задание и ответьте на вопрос. На каком основном принципе должна основываться работа над здоровьесбережением? **Напишите правильный ответ:**
Прочитайте задание и ответьте на вопрос. Является ли здоровьесбережение тренируемым навыком? **Напишите правильный ответ в формате да/нет:**

11.1.2. Методические рекомендации по выполнению презентации по командному проекту:

<40% - незачтено

≥40% - зачтено

- Постановка задачи проекта - 20%
- Прототип/схема решения проблемы -20%
- Научное подтверждение эффективности реальных прототипов в решении проблемы - 5%
- Отзывы конечных пользователей о реальном прототипе - 20%
- План и Видение следующих шагов проекта - 5%
- Эволюция каждого компонента Проекта с момента предыдущей итерации - 30%

Ключевые критерии оценки презентаций проектов соответствуют трем основным направлениям курса:

- полнота постановки задачи и качество фактических отзывов конечных пользователей о прототипе;

- полнота технического описания, демонстрации и научной проверки прототипа;
- четкость плана следующей итерации и видения модели доставки прототипа конечному пользователю.

11.2. Отчет

Каждая команда должна подготовить письменный отчет о проделанной работе, который должен включать в себя три основных компонента:

- ИСТОРИЯ проекта вашей команды с первой итерации до последней итерации;
- Обсуждение УРОКОВ, которые ваша команда извлекла из реализации проекта;
- Заявление и объяснение СТРАТЕГИЧЕСКОГО РЕШЕНИЯ, которое должна принять команда после окончания IW.

11.2.1. Оценочные материалы по выполнению отчета

Каждая команда должна отправить один командный отчет в Canvas. Только один человек от каждой команды должен подгрузить отчет в Canvas.

Не существует обязательного минимума или максимальной длины отчета. Обучающийся может включить любое количество приложений (таблиц, диаграмм, вспомогательных материалов).

Также нет стандартного ожидаемого формата задания. Команда может проявлять творческий подход к дизайну и форме выражения отчета.

Тем не менее, важно, чтобы отчет был всеобъемлющим в плане освещения Схемы технологических инноваций команды и чтобы он эффективно описывал эволюцию различных итераций Схемы. Также важно предоставить эмпирические доказательства для основных утверждений и предложений, содержащихся в последней версии Схемы. Описывая эволюцию каждого элемента схемы технологических инноваций, студенту необходимо убедиться, что правильно сформулирована развивающаяся взаимосвязь между ее четырьмя ключевыми элементами, а именно: 1) практическая проблема, 2) практическое решение практической проблемы, 3) техническая проблема, порожденная практической проблемой, 4) техническое решение технической проблемы.

После того, как завершится документирование истории о развитии команды студентов за несколько итераций Схемы технологических инноваций, обучающиеся должны выявить некоторые уроки, извлеченные в результате выполнения Проекта и размышлений о процессе реализации Проекта. Уроки могут касаться, например: нового понимания природы технологических инноваций;

наблюдения о лидерстве и командной работе; новое понимание взаимоотношений бизнеса и науки; новое понимание того, как связать технологии с бизнес-планированием; уроки о том, как передавать технологические идеи; более глубокое понимание того, что нужно для мобилизации новых технологий для решения практических проблем; или новое понимание природы проблем. Возможны и многие другие идеи.
Наконец, студенты должны сформулировать, какое стратегическое решение или решения должна будет принять команда, чтобы перейти к следующему этапу проекта (т. е. после окончания семинара по инновациям). Например, стоит ли им создавать стартап для коммерциализации идей, заложенных в схеме технологических инноваций? Или им следует работать вместе как команда, чтобы пройти еще несколько итераций, прежде чем схема будет готова к коммерциализации? Или им следует полностью отказаться от своей идеи и заняться чем-то совершенно другим? Или нужно решить какие-то технические проблемы, прежде чем приступить к запуску? Или следует несколько месяцев поработать в лаборатории, чтобы разработать техническое «решение», которое можно будет передать по лицензии другой компании? Другими словами, обучающиеся должны сформулировать, каковы дальнейшие действия их проект).

После того, как студенты определили стратегическое решение или стратегический выбор, который им необходимо сделать, они должны объяснить, ПОЧЕМУ это решение или выбор является подходящим. Другими словами, объяснить, почему команде следует двигаться дальше.

Отчет команды — это возможность для студентов собрать все воедино, чтобы единообразно выразить свою работу в Проекте.

11.2.2. Методические рекомендации по выполнению отчета:

<40% - незачтено
≥40% - зачтено

- Полнота отчета и схемы - 25%
- Сила прогресса проекта между итерациями - 25%
- Логическая структура отчета - 25%
- Качество выражения мыслей и стиль отчета - 25%

Автономная некоммерческая образовательная организация высшего образования «Сколковский институт науки и технологий»

Утверждено

Директор образовательной программы

Дорожкин П.С.

Идентификатор документа, задачи / ID: 479406 v.1, 450401

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ПРОСТОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ /
The document is signed with a simple electronic signature

Директор образовательной программы / The Director of the program
Дорожкин Павел Сергеевич / Dorozhkin Pavel Sergeevich

Дата подписания / Date of signing 22.09.2026

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

“Лидер в стартапе”

Направление подготовки 12.04.03 Фотоника и оптоинформатика

Квалификация “магистр”

Москва 2026

Skoltech

Название курса

Лидер в стартапе

1. Аннотация

Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО: относится к модулю 3 "Инновации и предпринимательство", часть, формируемая участниками образовательных отношений. Год 2, Четверть 6.

Язык дисциплины (модуля): английский.

Ведущий преподаватель: Киселев Максим Юрьевич

Успешные инноваторы выделяются не только их отличным знанием наук и технологий, но и наличием у них видения, превосходными лидерскими качествами и компетенциями. Ученые мечтают о том, чтобы их ценили и награждали почитатели только на основе того, что они делают в науке. Но, к сожалению, это не работает так в современном мире. Инновации невозможны без лидерства, сотрудничества, переговоров, и устойчивости в условиях постоянного стресса.

Этот курс предлагает широкий набор инструментов для развития лидерских навыков, который включает теорию и практику в следующих областях: лидерство и работа в команде, самоосознанность и целеполагание, стресс-менеджмент и самопрезентация, эмпатия и получение всесторонней обратной связи, влияние и переговоры.

Повторяющейся сквозной темой этого курса является представление о том, что все перечисленные полезные навыки окажутся нечеткими и переоцененными, если не будут рассматриваться все вместе в контексте компетенции Эмоционального Интеллекта (EQ). Курс построен максимально интерактивно, начиная с вопросов и ответов по инструментам развития Эмоционального Интеллекта (EQ), и затем освоением навыков в интенсивных групповых и индивидуальных упражнениях. Учитывая обстоятельства, мы постараемся сделать этот класс настолько интерактивным, насколько возможно при вашей вовлеченности и активном участии во всех сессиях. В отличие от многих других ваших любимых классов по "твердым" навыкам, этот курс "легче" по требованиям в отношении домашних заданий, но "тяжелее" в отношении активного участия во время занятий. При этом, вам нужно будет делать немало самостоятельных заданий дома, относящихся к самоосознанности, эмоциональному интеллекту и развитию других лидерских компетенций.

Skoltech

2. Материально-техническое обеспечение

Лекционная и семинарская часть занятий проходит в учебной аудитории.

Аудитория на 120 человек для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации:

- специализированная мебель: парты, 2 стола преподавателя, трибуна, 1 моноблок;

- технические средства обучения: моторизированный проекционный экран, проектор на потолочном кронштейне, микрофоны беспроводной радиосистемы, камера, сетевая камера, потолочные громкоговорители, дублирующие экраны, сенсорные мониторы, ЖК-панель.

Для самостоятельной работы студенты могут использовать рабочее пространство библиотеки.

В аудитории и в библиотеке студенты имеют свободный доступ подключения к сети Интернет.

Перечень используемого ПО:

- MS Office
- Antiplagiat

3. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия

Прохождение курса “Мастерская инноваций”

4. Трудоёмкость

3 з.е. (1 з.е. это 27 астрономических часов)

5. Содержание курса

Л – лекции в часах
П – практики в часах
С – семинары в часах

Тема	Содержание	Л	П	С
Лидерство, работа в команде, Эмоциональный интеллект	Лидерство и командная работа — это размытые и взаимосвязанные определения, которые укладываются в рамки понятия “эмоциональный интеллект”. Ключевые компоненты эмоционального интеллекта: 1) Самосознание (целеполагание) 2) Самоорганизация (управление стрессом) 3) Социальная осведомленность (360-градусная обратная связь) 4) Социальный менеджмент (влияние и переговоры)	4	0	6
Самосознание (целеполагание)	Постановка, уточнение и ранжирование личных целей и ценностей. Создание SWOT-матрицы и личного плана развития.	4	0	6
Самоорганизация (управление стрессом)	Управление стрессом: теория и практика. Профилактика стресса: теория и практика. Самопрезентация.	4	0	6
Социальная осведомленность	Предоставление и получение обратной связи: теория и практика. 360-градусная обратная связь.	4	0	6
Социальный менеджмент	Влияние: теория и практика. Переговоры: теория и практика.	4	0	6
Всего контактных часов:		**50 часов**		
Самостоятельная работа:		**31 час**		
Промежуточная аттестация:		**0 часов**		
Общее кол-во часов:		**81 час**		

6. Требования к результатам освоения дисциплины

Изучение дисциплины “**Лидер в стартапе”** при подготовке магистров по направлению подготовки **12.04.03 Фотоника и оптоинформатика** направлено на приобретение следующих компетенций:

Код и наименование универсальной компетенции
УК-3. Способен организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную

стратегию для достижения поставленной цели
УК-6. Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки

7. Вид итоговой оценки

зачет

8. Структура оценки

Вид деятельности	Относительный вклад в итоговую оценку за курс, %
Отчет	35
Домашние задания	25
Участие во время занятий	40

9. Система оценивания

Для того, чтобы получить “зачтено” по данному курсу необходимо набрать минимум 76% по результатам всех заданий из п.8.

зачтено 86% и выше	Оцениваемая работа выполнена с отменным качеством и свидетельствует об отличных знаниях, глубоком понимании предмета, глубоких всесторонних познаниях и умелом применении концепций и/или учебных материалов. Все результаты обучения соответствуют высокому уровню
зачтено 76% - 85%	Работа выполнена в соответствии с высокими стандартами и свидетельствует о наличии всесторонних познаний и хорошем понимании предмета, умении использовать соответствующие концепции, а также об умении решать проблемы, возникающие в ходе изучения предмета работы. Большая часть результатов обучения соответствует высокому уровню
незачтено	Оцениваемая работа в целом выполнена на удовлетворительном уровне и свидетельствует об

66% - 75%	адекватных знаниях и достаточном понимании предмета, однако со значительными недостатками. Большая часть результатов обучения соответствует удовлетворительному уровню
незачтено 56% - 65%	Оцениваемая работа выполнена на слабом уровне и свидетельствует о крайне ограниченном понимании предмета, недостаточных знаниях и имеет существенные недостатки. Удовлетворительному уровню соответствует лишь малая часть результатов обучения.
незачтено 40% - 55%	Минимально допустимый уровень успеваемости. Оцениваемая работа выполнена на очень слабом уровне, имеет серьезные недостатки и свидетельствует о весьма низком уровне знаний, понимания и/или умений и знакомства с предметом. Удовлетворительному уровню соответствует лишь очень малая часть результатов обучения (или таких результатов нет вообще)
незачтено 0% - 39%	Оцениваемая работа неприемлема и свидетельствует о практическом отсутствии знаний и понимания предмета работы. Удовлетворительному уровню не соответствуют никакие результаты обучения

10. Самостоятельная работа

Самостоятельная работа по дисциплине включает:

1. Выполнение домашних заданий;
2. Написание отчетов;
3. Изучение дополнительной литературы.

Трудоемкость самостоятельной работы - 31 час.

Для самостоятельной работы студентам рекомендуется использовать следующие источники:

1. Адаир Д. Лидерство в инновациях/ Адаир Д. - М.: Страница Когана, 2009. - 134 с.: ISBN 978 0 7494 4800 4

2. Клоусон Д. Лидерство третьего уровня: Взгляд в глубину/ Клоусон Д. - Издательство "Альпина Паблишер" - 2017 – 820 с. - ISBN: 978 1 292 03994 7

Дополнительно методические указания по отдельным видам работ приведены в системе управления обучением “Canvas LMS”. Для доступа требуется персональный логин/пароль.

11. Фонд оценочных средств. Оценочные и методические материалы по дисциплине

Все задания для самостоятельной работы, включая варианты домашних заданий находятся в системе управления обучением “Canvas LMS”. Для доступа требуется персональный логин/пароль.

Ниже приведены примеры каждого задания и методические рекомендации по его выполнению.

11.1. Домашнее задание

За время курса студентам будет предоставлена возможность выполнить несколько домашних заданий. Вес домашних заданий от общей оценки - 25%. Каждое домашнее задание также имеет свой вес. Студент получает зачтено / незачтено за каждое из заданий.

11.1.1. Методические рекомендации по выполнению домашних заданий

Для того, чтобы получить “зачтено” за домашнее задание необходимо:

1. Полностью ответить на все поставленные в задании вопросы. Ответ должен быть логичным, структурированным и полным.
2. Предоставить домашнее задание в указанный срок. Все сроки указаны на Канвас странице курса. Если задание не подгружено студент получает 0%.
3. Домашнее задание должно соответствовать установленным требованиям. Требования по каждому конкретному заданию прописаны на Канвас странице курса.

11.1.2. Оценочные материалы (примеры домашних заданий):

Домашнее задание №1
Дорогие студенты.

Skoltech

Напишите абзац (полстраницы) о ключевых атрибутах эффективного, чуткого слушания и о том, как оно способствует сочувствию, доверию и общению. Обсудите преимущества практики эмпатии в личных отношениях, профессиональной среде и разрешении конфликтов.

Доп. требования:

- минимум половина страницы A4;
- pdf формат.

Домашнее задание №2

Дорогие студенты.

Напишите абзац (около половины страницы) по заданному видео «Как превратить группу незнакомцев в команду» | Эми Эдмондсон. Ссылки на внешний сайт.

Задание: Определите основные стратегии, способствующие успешной трансформации разнородной группы людей в единую команду. Кроме того, объясните практические методы и подходы, рекомендованные в видео для достижения этого перехода.

Доп. требования:

- минимум половина страницы A4;
- pdf формат.

11.2. Участие во время занятий

11.2.1. Методические рекомендации:

Студент должен посещать все занятия. Пропуски допустимы только по уважительным причинам с предоставлением официальных документов (справка итд).

На каждом занятии ожидается, что студент будет активно задавать вопросы, отвечать на вопросы преподавателя, а также работать над заданиями в группе с другими студентами. Все студенты должны быть готовы продемонстрировать результаты своих заданий в классе.

Skoltech

Вес участия во время занятий составляет 40% от общей оценки. За каждый пропуск по неуважительной причине студент теряет 5%. Если студент не проявляет активности во время занятия, студент может потерять до 2%.

11.2.2. Оценочные материалы (примерный перечень вопросов для обсуждения в классе):

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

В рамках курса “Лидер в стартапе” утверждается, что инновации невозможны без ряда ключевых навыков. Какой из перечисленных навыков НЕ упоминается в описании как необходимый для инновационной деятельности?

А) Лидерство
Б) Умение программировать на высоком уровне
В) Умение работать в команде
Г) Устойчивость к постоянному стрессу

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Б):

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

Какой инструмент получения обратной связи упоминается в курсе “Лидер в стартапе” как часть социальной осознанности (Social awareness)?

А) SWOT-анализ
Б) Тест на IQ
В) Круговая обратная связь (360 feedback)
Г) Матрица Эйзенхауэра

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Б):

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Какой тип обратной связи предполагает сбор мнений от членов команды, руководителей, коллег и подчинённых?

Skoltech

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Какая компетенция позволяет понимать чувства и состояние других людей в командной работе?

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Какой навык напрямую связан с умением договариваться и разрешать конфликтные ситуации при работе в команде?

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Какой навык из курса “Лидер в стартапе” помогает эффективно представлять себя и свои идеи другим членам команды?

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Что в первую очередь обеспечивает возможность членов команды стартапа открыто делится любыми идеями, поднимать острые вопросы и возражать лидеру стартапа?

Напишите правильный ответ:

Skoltech

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

Согласно модели эмоционального интеллекта (Emotional Intelligence (EQ)), представленной в курсе “Лидер в стартапе”, какой компонент отвечает за способность распознавать собственные эмоции, сильные и слабые стороны, а также ставить личные цели?

А) Самоконтроль (Self-management)
Б) Социальное управление (Social management)
В) Самоосознанность (Self-awareness)
Г) Социальная осознанность (Social awareness)

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Б):

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

Какой элемент модели EQ напрямую связан с устойчивостью к стрессу и управлением своим эмоциональным состоянием в сложных ситуациях?

А) Самоосознанность
Б) Самоконтроль (Self-management)
В) Влияние и переговоры
Г) Эмпатия

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Б):

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

Какая тема, согласно курсу “Лидер в стартапе”, входит в блок социального управления (Social management) наряду с влиянием?

А) Самопрезентация
Б) Постановка целей
В) Переговоры (Negotiations)
Г) Тайм-менеджмент

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Б):

Skoltech

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Какой метод самоанализа, упомянутый в домашних заданиях, предполагает оценку сильных и слабых сторон, возможностей и угроз?

Напишите правильный ответ (термин на английском языке):

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Как называется навык управления собственным эмоциональным состоянием в условиях стресса?

Напишите правильный ответ (термин на английском языке):

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Что, согласно курсу “Лидер в стартапе”, учёные часто переоценивают, полагая, что одного этого достаточно для карьерного роста?

Напишите правильный ответ (термин на английском языке):

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Какой из компонентов EQ отвечает за адаптацию, гибкость и управление своим поведением?

Напишите правильный ответ:

Skoltech

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Как называется процесс осознанного определения своих жизненных и профессиональных ориентиров?

Напишите правильный ответ:

Задание №1

Дорогие студенты.

Проведите интервью с членами вашей команды:

Стремитесь получить от них ценную обратную связь относительно ваших лидерских качеств и лидерского потенциала.

Поощряйте их откровенно рассказывать о вашем нынешнем стиле руководства и областях, где вы можете улучшить свои навыки.

Сосредоточьтесь на раскрытии своей уникальной лидерской идентичности.

Разговаривая, помните, что это бесценная возможность для личностного роста.

Установите связь, основанную на доверии и открытости, чтобы облегчить получение достоверной и конструктивной обратной связи.

На основе интервью завершите «Окно Джохари».

«Окно Джохари» — это основа для понимания сознательных и бессознательных предубеждений, которая может помочь повысить самосознание и наше понимание других.

Skoltech

«Окно Джохари»

АРЕНА (открытая зона) Я знаю Окружающие знают	**СЛЕПОЕ ПЯТНО** Я не знаю Окружающие знают
ВИДИМОСТЬ (закрытая зона) Я знаю Окружающие не знают	**НЕВЕДОМАЯ ЗОНА** Я не знаю Окружающие не знают

Задание №2

Дорогие студенты.

Пожалуйста, проанализируйте свои сильные и слабые стороны, возможности и угрозы и запишите их в формате SWOT.

Что такое SWOT?

SWOT-анализ (сильные и слабые стороны, возможности и угрозы) — это метод выявления и анализа внутренних сильных и слабых сторон, а также внешних возможностей и угроз, которые формируют текущие и будущие операции и помогают разрабатывать стратегические цели.

Skoltech

11.3. Отчет

11.3.1. Методические рекомендации:

На последней неделе студенты должны будут готовить индивидуальный отчет. Вес отчета - 35% от общей оценки. Для того, чтобы получить “зачтено” за отчет необходимо:

- Полностью ответить на все поставленные в задании вопросы. Ответ должен быть логичным, структурированным и полным.
- Предоставить отчет в указанный срок. Все сроки указаны на Канвас странице курса. Если задание не подгружено студент получает 0%.

Skoltech

11.3.2. Оценочные материалы (пример структуры отчета):

Дорогие студенты.

Отчет состоит из 3 частей:

Часть 1. Подумайте о прошлом месяце(ах) и назовите три случая, когда вы продемонстрировали лидерские качества в различных ситуациях. Ситуации могут быть общими, но вы должны быть способны трансформировать их посредством понимания и применения принципов лидерства. В каждом случае объясните, почему вы считаете, что ваши действия представляют собой лидерство.

Часть 2: В течение этого месяца опишите самопознания, совершенные в каждой ситуации, подчеркнув личностный рост и то, как развивалось понимание лидерства.

Часть 3: Пожалуйста, предложите план действий для вашего постоянного саморазвития в области лидерства. Как вы намерены продолжать развивать лидерские качества, которые вы выявили за последний месяц? Пожалуйста, укажите стратегии, навыки или области деятельности, которые вы планируете использовать для дальнейшего улучшения своих лидерских способностей. Используйте следующую таблицу:

Ваша цель в Сколтехе на следующий год — «прыжок»/роль/и т. д.	Ваши лидерские качества необходимы для достижения желаемых целей.	Ваш фактор соответствия с доказательствами (лидерские навыки, которыми вы обладаете сейчас)	Пробелы/препятствия/слабые стороны	Действия, которые необходимо предпринять для устранения пробелов и сроков
…	…	…	…	…
…	…	…	…	…

Автономная некоммерческая образовательная организация высшего образования «Сколковский институт науки и технологий»

Утверждено

Директор образовательной программы

Дорожкин П.С.

Идентификатор документа, задачи / ID: 479406 v.1, 450401

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ПРОСТОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ /
The document is signed with a simple electronic signature

Директор образовательной программы / The Director of the program
Дорожкин Павел Сергеевич / Dorozhkin Pavel Sergeevich

Дата подписания / Date of signing 22.09.2026

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

“Коммуникация для предпринимателей ”

Направление подготовки 12.04.03 Фотоника и оптоинформатика

Квалификация “магистр”

Москва 2026

Skoltech

Название курса

Коммуникация для предпринимателей

1. Аннотация

Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО: относится к модулю 3 "Инновации и предпринимательство", часть, формируемая участниками образовательных отношений. Год 2, Четверть 7.

Язык дисциплины (модуля): английский.

Ведущий преподаватель: Киселев Максим Юрьевич

Курс "Коммуникация для предпринимателей" призван вооружить студентов Сколтеха необходимыми умениями и навыками взаимодействия с другими людьми в рабочем пространстве - со своими одногруппниками, с коллегами в лабораториях и рабочих/проектных группах, с профессорами и любыми другими аудиториями внутри и за пределами Сколтеха.

Это практический курс, направленный на формирование и развитие коммуникативных компетенций, отвечающих задачам обучения в Сколтехе, обозначенных в рамках Группы 3 - "НАВЫКИ МЕЖЛИЧНОСТНОГО ОБЩЕНИЯ" Системы результатов обучения Сколтех. Студенты узнают технологии эффективной коммуникации, научатся чувствовать себя уверенно в публичных выступлениях, смогут отработать навыки общения, нужные и в профессиональном развитии, и в карьере, и в жизни. Этот интерактивный курс поможет студентам научиться говорить уверенно и преодолевать волнение в публичном пространстве; устанавливать контакт с любой аудиторией, презентовать свои идеи и проекты в ясной, понятной, убедительной и вовлекающей манере; управлять впечатлением, которое производят на других людей; уверенно использовать язык тела; отвечать на вопросы, не теряясь при этом; привлекать и удерживать внимание аудитории; проводить эффективные переговоры и пр.

2. Материально-техническое обеспечение

Лекционная и семинарская часть занятий проходит в учебной аудитории.

Аудитория на 120 человек для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации:

- специализированная мебель: парты, 2 стола преподавателя, трибуна, 1 моноблок;

- технические средства обучения: моторизированный проекционный экран, проектор на потолочном кронштейне, микрофоны беспроводной радиосистемы, камера, сетевая камера, потолочные громкоговорители, дублирующие экраны, сенсорные мониторы, ЖК-панель.

Для самостоятельной работы студенты могут использовать рабочее пространство библиотеки.

В аудитории и в библиотеке студенты имеют свободный доступ подключения к сети Интернет.

Перечень используемого ПО:

- MS Office
- Antiplagiat

3. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия

-

4. Трудоёмкость

3 з.е. (1 з.е. это 27 астрономических часов)

5. Содержание курса

Л – лекции в часах
П – практики в часах
С – семинары в часах

Тема	Содержание	Л	П	С
Введение в деловую коммуникацию. Значение деловой коммуникации.	Введение в курс. Значение эффективной коммуникации для работы и жизни, а также личного и профессионального развития.	1	2	0

Skoltech

Восприятие, слушание и искусство обратной связи	Слушание как фундаментальный коммуникативный навык. Как давать и получать обратную связь.	1	2	0
Невербальная коммуникация: язык тела и паравербальные средства.	Невербальные и паравербальные способы коммуникации. Важность языка тела.	1	2	0
Вербальная коммуникация: искусство эффективного использования слова.	Как формировать речь. Аспекты применения “верных” слов.	1	2	0
Эмоциональный интеллект в коммуникации	Концепция и рамки эмоционального интеллекта. Эмпатия и социальный интеллект в коммуникации.	1	2	0
Групповая коммуникация. Взаимодействие в группе. Переговоры.	Как выстроить сильную коммуникацию в команде.Формы и принципы групповой коммуникации.	1	2	0
Переговоры и разрешение конфликтов.	Модели и правила эффективных переговоров. Пути выработки решений. Принципы разрешения конфликтов.	1	2	0
Персональный брендинг, самопрезентация и нетворкинг.	Как выстроить персональный бренд в цифровую эпоху? Технологии для самопрезентации.Основы нетворкинга.	1	2	0
Как сделать эффективную презентацию: искусство публичных выступлений.	Психологические техники общения с различными видами публики: как найти подход к аудитории. Искусство питчинга.	1	2	0
Убеждение: рассказ, юмор и смех.	Законы убеждения. Где и когда использовать повествование. Использование юмора в коммуникации.	1	2	0
Письмо в бизнес коммуникации: резюме и сопроводительное письмо.	Практический подход к написанию резюме и сопроводительного письма.	1	2	0

Интервью: как пройти интервью	Как подготовиться к интервью. Игра ответов и вопросов.	1	2	0
Мультикультурная коммуникация	Основы коммуникации с людьми других культур, отличных от собственной.	1	2	0
Всего контактных часов:		**39 часов**		
Самостоятельная работа:		**39 часов**		
Промежуточная аттестация:		**3 часа**		
Общее кол-во часов:		**81 час**		

6. Требования к результатам освоения дисциплины

Изучение дисциплины "**Коммуникация для предпринимателей"** при подготовке магистров по направлению подготовки **12.04.03 Фотоника и Оптоинформатика** направлено на приобретение следующих компетенций:

Код и наименование универсальной компетенции
УК-4. Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия

7. Вид итоговой оценки

зачет

8. Структура оценки

Вид деятельности	**Относительный вклад в итоговую оценку за курс, %**
Посещение занятий	40
Домашняя работа	20
Командный проект	20
Презентация	20

9. Система оценивания

Финальная оценка за курс выставляется по результатам четырех заданий из п.8 в соответствии с таблицей:

Skoltech

зачтено 86% и выше	Оцениваемая работа выполнена с отменным качеством и свидетельствует об отличных знаниях, глубоком понимании предмета, глубоких всесторонних познаниях и умелом применении концепций и/или учебных материалов. Все результаты обучения соответствуют высокому уровню
зачтено 76% - 85%	Работа выполнена в соответствии с высокими стандартами и свидетельствует о наличии всесторонних познаний и хорошем понимании предмета, умении использовать соответствующие концепции, а также об умении решать проблемы, возникающие в ходе изучения предмета работы. Большая часть результатов обучения соответствует высокому уровню
незачтено 66% - 75%	Оцениваемая работа в целом выполнена на удовлетворительном уровне и свидетельствует об адекватных знаниях и достаточном понимании предмета, однако со значительными недостатками. Большая часть результатов обучения соответствует удовлетворительному уровню
незачтено 56% - 65%	Оцениваемая работа выполнена на слабом уровне и свидетельствует о крайне ограниченном понимании предмета, недостаточных знаниях и имеет существенные недостатки. Удовлетворительному уровню соответствует лишь малая часть результатов обучения.
незачтено 40% - 55%	Минимально допустимый уровень успеваемости. Оцениваемая работа выполнена на очень слабом уровне, имеет серьезные недостатки и свидетельствует о весьма низком уровне знаний, понимания и/или умений и знакомства с предметом. Удовлетворительному уровню соответствует лишь очень малая часть результатов обучения (или таких результатов нет вообще)

незачтено 0% - 39%	Оцениваемая работа неприемлема и свидетельствует о практическом отсутствии знаний и понимания предмета работы. Удовлетворительному уровню не соответствуют никакие результаты обучения

10. Самостоятельная работа

Самостоятельная работа по дисциплине включает:

1. Работа над командным проектом;
2. Выполнение домашних работ;
3. Изучение литературы;
4. Подготовка финальной презентации.

Трудоемкость самостоятельной работы - 39 часов.

Для самостоятельной работы студентам рекомендуется использовать следующие источники:

1. Business Communication for Success. Scott McLean.Flat World Knowledge. 2012. ISBN-13 (or ISBN-10): 9780982361856
2. Garcia, Helio Fred. The power of communication: skills to build trust, inspire loyalty, and lead effectively / Helio Fred Garcia. -- 1st ed.2012. ISBN-13 (or ISBN-10): 978 -0-13-288884-4

Дополнительно методические указания по отдельным видам работ приведены в системе управления обучением “Canvas LMS”. Для доступа требуется персональный логин/пароль.

Все задания для самостоятельной работы находятся в системе управления обучением “Canvas LMS”. Для доступа требуется персональный логин/пароль.

11. Фонд оценочных средств. Оценочные и методические материалы по дисциплине

Ниже приведены примеры каждого задания и методические рекомендации по его выполнению.

11.1. Командный проект

В этом задании команда студентов должна провести командную презентацию продукта /услуги / технологии и т.д. по выбору.

Студенты сами решают, какой проект представить их команде. Это может быть тот, над которым они уже работают или хотят реализовать в будущем. Он должен быть реалистичным, инновационным и выполнимым. Безусловно, это совместная работа группы, поэтому студентам придется договориться со всеми членами команды о том, что они будут представлять. Необходимо будет распределить роли и присвоить звания каждому участнику в соответствии с той частью презентации, которую он делает.

(Пример: Генеральный директор - уровень влияния, директор по маркетингу - размер рынка и конкуренция, технический директор - проблема и ее решение и т.д.)..

11.1.1. Оценочные материалы

Структура презентации следующая:

- презентация о возможностях;
- проблема и решение;
- размер рынка и конкуренция;
- бизнес-модель;
- состояние проекта и потребности;
- команда.

11.1.2. Методические рекомендации по выполнению командного проекта

При подготовке презентации следует учитывать следующее:

- Каждая группа выступит с 5-минутным докладом. (Строго 5 минут)
- Каждый член группы должен будет выступить с речью. (~50 секунд)
- Каждый участник выступит с презентацией ОДНОГО компонента презентации.
- Каждая позиция может быть проиллюстрирована не более чем двумя слайдами (таким образом, на всю презентацию у вас может быть не более 12 слайдов, но не менее 6).
- Временные интервалы будут указаны позже.

Инструкция по отправке:

- Отправьте презентацию в формате Canvas. Team_<номер>_group_presentation.pdf
- Одна заявка от каждой команды и только одна попытка загрузки.
- Загрузите презентацию заранее; крайний срок подачи заявки - 18 марта 2024 года в 23:59, без продления.

- Если вы не загрузите презентацию или не наберете балл, это будет считаться неявкой и приведет к 0 баллам.
- Максимальный балл за командный проект - 20 баллов.
- Член команды может выполнять две роли в командах из пяти человек, что приемлемо.
- Несмотря на то, что это групповое упражнение, вес задания одинаковый для всех участников. Однако мы можем обратить наше внимание на неактивность некоторых участников.

11.2. Домашняя работа

Во время курса студентам будет дана возможность выполнить ряд домашних заданий. Вес домашних заданий - 20 баллов из 100 возможных за курс.

11.2.1. Оценочные материалы (примерный перечень домашних заданий)

Приветствую всех.

Задача состоит в том, чтобы создать автопортрет, отражающий ваши прошлые, настоящие и будущие устремления на ближайшие пять лет, и поразмышлять о себе на следующие пять лет:

- Как вы понимаете себя?
- Как вы относитесь к работе ученого или предпринимателя. И к своему личному развитию.
- Отношения в вашей жизни (без упоминания имен)

	Прошлое	Настоящее	Будущее
Как я понимаю себя?			
Как я понимаю себя в профессиональном плане?			
Как я понимаю свои взаимоотношения?			

Примечание: Все ваши ответы будут конфиденциальными и не будут переданы никому ни внутри курса, ни за его пределами.

Инструкции по отправке:

Skoltech

- Пожалуйста, отправьте свое задание в следующем формате: lastname_firstname_self_reflection.pdf
- Максимальное кол-во баллов за данное задание - 5 баллов. Для того, чтобы получить максимальное кол-во баллов, необходимо полно, четко и ясно ответить на вопросы заполнив таблицу выше.
- минус 2 балла за неправильное использование имени файла.
- минус 1 балл в день за несвоевременную отправку.
- до минус 5 баллов за неполное выполнение задания.

Приветствую всех.

Задание включает в себя ведение дневника эмоционального интеллекта (ЭИ), в который вы будете ежедневно записывать свои эмоциональные переживания и размышления. Задача состоит в том, чтобы на каждый день записывать как минимум 3 ситуации, описывающие ваши следующие эмоции:

- Что вы чувствовали и почему?
- Если вы испытываете негативные чувства, попытайтесь понять, почему и объясните, как вам это удалось.

Пример:

День 1: 15 февраля

Эмоция 1: эмоциональное переживание

Мои чувства: Почему я себя чувствую..

Если негативные.. понимание причин и объяснение того, как я справляюсь с ними.

Эмоция 2: эмоциональное переживание

Мои чувства: Почему я себя чувствую..

Если отрицательные.. понимание почему и объяснение моего управления.

Эмоция 3: эмоциональное переживание

Мои чувства: Почему я себя чувствую..

Если отрицательные.. понимание почему и объяснение моего управления.

День 2: 16 февраля

Эмоция 1: эмоциональное переживание

Мои чувства: почему я их испытываю..

Если негативные.. понимание причин и объяснение того, как я ими управляю.

Skoltech

.....

День 9: 23 февраля

Эмоция 3: эмоциональное переживание

Мое чувство: почему я это почувствовал..

Если отрицательно.. понять

Инструкции по отправке:

Отправка на 2-3 страницы формата А4.

Максимальное кол-во баллов за задание - 5 баллов

минус 2 балла за неправильный порядок наименования файла.

минус 1 балл в день за пропуск любого дня с EI.

минус 1 балл в день за позднюю отправку.

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

Согласно курсу “Коммуникация для предпринимателей”, какой навык является фундаментальным (базовым) для эффективной коммуникации, предшествуя умению говорить и убеждать?

А) Ораторское мастерство
Б) Активное слушание (Listening)
В) Навык ведения переговоров
Г) Написание деловых писем

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Б):

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

В разделе курса “Коммуникация для предпринимателей” о невербальной коммуникации рассматриваются два основных средства передачи информации. Какие?

Skoltech

А) Интонация и громкость голоса
Б) Язык тела (Body Language) и паралингвистические средства (Para-verbal Means)
В) Жесты и мимика
Г) Визуальные образы и графики

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Б):

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

Согласно содержанию курса “Коммуникация для предпринимателей”, какой компонент коммуникации напрямую связан с эмпатией и социальным интеллектом при взаимодействии с другими людьми?

А) Техника активного слушания
Б) Эмоциональный интеллект (Emotional Intelligence)
В) Управление голосом и дыханием
Г) Структурирование презентации

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Б):

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

В каком разделе курса “Коммуникация для предпринимателей” рассматриваются принципы построения сильной коммуникации внутри рабочих групп и эффективного проведения деловых встреч?

А) Убеждение (Persuasion: Story Telling, Humour and Laughter)
Б) Личный бренд (Personal Branding, Self-Presentation and Networking)
В) Коммуникации в команде (Team Communication)
Г) Введение в коммуникацию (Introduction into Business Communication)

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Б):

Skoltech

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

Какая тема курса “Коммуникация для предпринимателей” посвящена законам убеждения и использованию историй (нарративов) для воздействия на аудиторию?

А) Невербальная коммуникация (Nonverbal Communication)
Б) Вербальная коммуникация (Verbal Communication)
В) Убеждение (Pursuasion)
Г) Питчинг (How to Make Effective Presentation)

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Б):

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Как называется обратная связь от руководителя к члену команды?

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Какие средства невербальной коммуникации, помимо языка тела, упоминается в курсе “Коммуникация для предпринимателей” (интонация, темп, громкость)?

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Как называется процесс установления психологического контакта и взаимопонимания с аудиторией?

Напишите правильный ответ:

Skoltech

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Какой раздел курса “Коммуникация для предпринимателей” посвящен развитию личного бренда в цифровую эпоху?

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Как называется искусство краткой, ёмкой и убедительной презентации проекта или идеи?

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Какой навык, согласно курсу, позволяет эффективно взаимодействовать с людьми из разных культур и международных сред?

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Как называется технология, которая помогает управлять впечатлением о себе?

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Какая стратегия разрешения конфликта является самой эффективной?

Напишите правильный ответ:

Skoltech

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Как называется вид коммуникации, связанный с построением полезных профессиональных связей?

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Какой элемент публичного выступления помогает снимать напряжение аудитории согласно курсу “Коммуникация для предпринимателей”?

Напишите правильный ответ:

11.2.2. Методические рекомендации по выполнению домашней работы

Вес домашних заданий - 20 баллов из 100 возможных за курс.

Максимальное количество баллов за каждое домашнее задание - 5 баллов.

Для того, чтобы получить максимальный балл необходимо:

- полно, четко и логично ответить на все вопросы и выполнить все предложенные задания в рамках домашнего задания.
- отправить домашнее задание в установленный преподавателем срок.
- соблюдать требования к наименованию файла при отправке.

Это общие требования, предъявляемые к каждому домашнему заданию. Могут быть дополнительные требования к конкретному заданию, поэтому следует внимательно читать Canvas страницу курса.

11.3. Презентация

В рамках курса каждому студенту будет дана возможность записать 60-90-секундное видео. В этом видео каждый представит себя в качестве студента Сколтеха различным аудиториям.

Skoltech

11.3.1. Оценочные материалы

Это видео - презентация личного бренда для привлечения потенциальных работодателей и партнеров. Постарайтесь представить себя энергично и позитивно, сохраняя при этом профессионализм. Содержание должно быть не традиционным резюме, а убедительным рассказом, подчеркивающим их уникальные навыки, опыт и устремления. Вербальная и невербальная коммуникация должна быть тщательно продумана, а сроки должны строго соблюдаться.

Примечание: URL-адрес вашей отправки будет строго конфиденциальным и не будет передан никому ни внутри курса, ни за его пределами.

11.3.2. Методические рекомендации по выполнению презентации

Рекомендации по отправке:

- Отправить записанное видео и загрузить его на YouTube в качестве ссылки, не указанной в списке. Инструкция приведена тут: How to Upload a Private Video on YouTube (2024) (gotchseo.com).
- Убедиться, что продолжительность видео соответствует указанной продолжительности и на протяжении всего времени оно сохраняет профессионализм.
- Указать URL.
- Видео нужно загрузить строго в установленные сроки.

Максимальный балл за презентацию - 20 баллов. Для того, чтобы получить максимальный балл видео должно соответствовать вышеуказанным требованиям.

минус 1 балл в день за позднюю отправку.

минус 5 баллов, если видео меньше 60 или больше 90 секунд.

до минус 20 баллов за содержательную часть видео.

11.4. Посещение занятий

Посещение занятий является обязательным для всех студентов данного курса. На занятиях студенты будут активно работать над рядом заданий.

11.4.1. Оценочные материалы

Напишите рассказ о научной фантастике объемом не более одной страницы. В рассказе должно быть учтены три элемента:

Skoltech

1. Действие происходит в 2070 году.

2. В нем есть несколько сюжетов (элемент истории). Вы можете использовать свое воображение, чтобы определить содержание истории, то, как люди ведут себя, действуют, разговаривают или одеваются.... и тему истории в целом.

3. В ней есть что-то удивительное и в ней заложен моральный урок.

Рассказывайте о людях, животных или вымышленных персонажах... или о чем хотите.

Примечание: Статья не должна касаться вашего личного опыта.

Инструкции по отправке:

Пожалуйста, в конце занятия присылайте своё задание в следующем формате: lastname_firstname_storytelling_in_science_fiction.pdf

- -2 балла за неправильное название.
- -1 балл в день за позднюю отправку.
- -2 балла за каждую дополнительную страницу, превышающую одну страницу.

Сейчас на занятии мы просмотрели три видео:

- I Have a Dream speech by Martin Luther King.
- President John F. Kennedy's Inaugural Address | January 20, 1961.
- Steve Jobs Stanford Commencement Speech 2005.

Подведите итог: что хорошего и особенного есть в этой речи, подчеркните навыки оратора в публичных выступлениях. И добавьте, что произвело на вас наибольшее впечатление в плане структуры речи (упоминание примеров из речи настоятельно рекомендуется и может повлиять на вашу оценку). Кроме того, в отдельном абзаце напишите о различиях между выступающими.

Составьте структуру задания следующим образом:

1. Речь Мартина Лютера Кинга "У меня есть мечта":

Абзац 1

2. Инаугурационная речь президента Джона Ф. Кеннеди | 20 января 1961 года:

Абзац 2

3. Вступительная речь Стива Джобса в Стэнфорде в 2005 году:

Параграф 3

4. Различия между докладчиками:

Параграф 4

Инструкции по выполнению задания:

Пожалуйста, отправьте свое задание в следующем формате "lastname_firstname_role_of_presenter.pdf"

-2 балла за неправильное название.

-1 балл за несвоевременную отправку задания.

-1 балл за нарушение требований к структуре заданий.

11.4.2. Методические рекомендации

Максимальное количество баллов за посещение - 40 баллов. За пропуск одного занятия по неуважительной причине снимается 20 баллов.

На занятиях студенты будут работать над рядом заданий. За каждое задание студент получает до 5 баллов.

Для того, чтобы получить максимальный балл необходимо:

- полно, четко и логично ответить на все вопросы и выполнить все предложенные задания в рамках домашнего задания.
- отправить задание до конца занятия в Canvas.
- соблюдать требования к наименованию файла при отправке.

Это общие требования, предъявляемые к каждому домашнему заданию. Могут быть дополнительные требования к конкретному заданию, поэтому следует внимательно читать Canvas страницу курса, а также прослушать инструкции во время занятия.

Автономная некоммерческая образовательная организация высшего образования «Сколковский институт науки и технологий»

Утверждено

Директор образовательной программы

Дорожкин П.С.

Идентификатор документа, задачи / ID: 479406 v.1, 450401

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ПРОСТОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ /
The document is signed with a simple electronic signature

Директор образовательной программы / The Director of the program
Дорожкин Павел Сергеевич / Dorozhkin Pavel Sergeevich

Дата подписания / Date of signing 22.09.2026

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

“Критическое и творческое мышление для инноваторов ”

Направление подготовки 12.04.03 Фотоника и оптоинформатика

Квалификация “магистр”

Москва 2026

Skoltech

Название курса

Критическое и творческое мышление для инноваторов

1. Аннотация

Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО: относится к модулю 3 "Инновации и предпринимательство", часть, формируемая участниками образовательных отношений. Год 2, Четверть 8.

Язык дисциплины (модуля): английский.

Ведущий преподаватель: Киселев Максим Юрьевич

Этот курс спроектирован для студентов Сколтеха в формате мастерской и направлен на развитие важных навыков для инноваторов. Курс фокусируется на самых важных аспектах критического и творческого мышления, коммуникаций и сотрудничества. Критическое мышление - это способность анализировать информацию, оценивать аргументы и принимать обоснованные решения. Этот навык крайне важен для инноваторов, поскольку им необходимо уметь выявлять проблемы, оценивать возможные решения и делать лучший выбор для своих проектов. Творческое мышление - это способность генерировать новые идеи и подходы к решению проблем. Инноваторам необходимо уметь мыслить нестандартно и находить новаторские решения, которые могут привести к прорывам в их области. Коммуникация - это способность эффективно передавать идеи и информацию другим. Инноваторам необходимо уметь четко и убедительно выражать свои идеи, а также слушать и понимать точки зрения других. Сотрудничество - это способность эффективно работать в команде. Инноваторам необходимо уметь работать вместе, делиться идеями и использовать сильные стороны друг друга для достижения общих целей.

Этот курс предоставит студентам инструменты и техники для развития этих основных навыков. Благодаря сочетанию лекций, обсуждений и практических упражнений студенты узнают, как мыслить критически, быть креативными, эффективно общаться и сотрудничать с другими. После окончания этого курса студенты получат лучшее понимание важности этих навыков для инноваторов и освоят необходимые подходы для их развития и применения в профессиональной и личной жизни.

Skoltech

2. Материально-техническое обеспечение

Лекционная и семинарская часть занятий проходит в учебной аудитории.

Аудитория на 120 человек для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации:

- специализированная мебель: парты, 2 стола преподавателя, трибуна, 1 моноблок;

- технические средства обучения: моторизированный проекционный экран, проектор на потолочном кронштейне, микрофоны беспроводной радиосистемы, камера, сетевая камера, потолочные громкоговорители, дублирующие экраны, сенсорные мониторы, ЖК-панель.

Для самостоятельной работы студенты могут использовать рабочее пространство библиотеки.

Перечень используемого ПО:

- MS Office
- Antiplagiat

3. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия

-

4. Трудоёмкость

3 з.е. (1 з.е. это 27 астрономических часов)

5. Содержание курса

Л – лекции в часах
П – практики в часах
С – семинары в часах

Skoltech

Тема	Содержание	Л	П	С
Вводная часть курса: четыре С современной эпохи для инноваторов	Критическое и творческое мышление, коммуникация и коллаборация как ключевые навыки успеха в современном мире. Цели курса Входные требования к курсу Материалы курса	2	0	1
Стратегии критического мышления	Рефлексивность Рациональность Открытость мышления Дисциплинированность Осмотрительность (способность к суждению)	2	0	1
Инструменты и методы критического мышления	Структура аргументации: утверждения, обоснования и итоговые выводы. Фреймворки для решения проблем и алгоритмы принятия решений.	2	0	1
Стратегии творческого мышления	Выйти за рамки: стратегии мышления гениев. Как находить и внедрять инновационные решения	2	0	1
Инструменты и методы творческого мышления	Как использовать мозговой штурм, ассоциации и метафоры для создания инновационных идей.	2	0	1
Практика развития творческого мышления	Как использовать аналогии, латеральное и дивергентное мышление для развития идей	2	0	1
Навыки коммуникации	Как ясно доносить свои идеи. Стили и техники коммуникации в различных контекстах	2	0	1
Эффективные стратегии коммуникации	Как эффективно взаимодействовать с различными аудиториями	2	0	1
Навыки коллаборации и командной работы	Построение доверия и взаимоуважения среди членов команды.	2	0	1
Тимбилдинг и лидерство	Принципы гибкого лидерства. Как создать синергию в команде.	2	0	1
Стратегии партнёрства	Внутренние движущие силы и барьеры в партнёрстве. Способы построения партнерств в различных сферах инноваций	2	0	1
Интеграция навыков и знаний, полученных в ходе обучения	Применение критического и творческого мышления, коммуникации и коллаборации в реальных сценариях предпринимательства и инноваций.	2	0	1

Всего контактных часов:	**36 часов**
Самостоятельная работа:	**45 часов**
Промежуточная аттестация:	**3 часа**
Общее кол-во часов:	**81 час**

6. Требования к результатам освоения дисциплины

Изучение дисциплины “**Критическое и творческое мышление для инноваторов”** при подготовке магистров по направлению подготовки **12.04.03 Фотоника и оптоинформатика** направлено на приобретение следующих компетенций:

Код и наименование универсальной компетенции
УК-1. Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий

7. Вид итоговой оценки

экзамен

8. Структура оценки

Вид деятельности	**Относительный вклад в итоговую оценку за курс, %**
Домашние задания	**25**
Участие во время занятий	**45**
Эссе	**15**
Работа над кейсами	**15**

9. Система оценивания

Для того, чтобы получить “зачтено” по данному курсу необходимо набрать минимум 75% по результатам всех заданий из п.8.

зачтено 86% и выше	Оцениваемая работа выполнена с отменным качеством и свидетельствует об отличных знаниях, глубоком понимании предмета, глубоких всесторонних познаниях и умелом применении

	концепций и/или учебных материалов. Все результаты обучения соответствуют высокому уровню
зачтено 75% - 85%	Работа выполнена в соответствии с высокими стандартами и свидетельствует о наличии всесторонних познаний и хорошем понимании предмета, умении использовать соответствующие концепции, а также об умении решать проблемы, возникающие в ходе изучения предмета работы. Большая часть результатов обучения соответствует высокому уровню
незачтено 66% - 74%	Оцениваемая работа в целом выполнена на удовлетворительном уровне и свидетельствует об адекватных знаниях и достаточном понимании предмета, однако со значительными недостатками. Большая часть результатов обучения соответствует удовлетворительному уровню
незачтено 56% - 65%	Оцениваемая работа выполнена на слабом уровне и свидетельствует о крайне ограниченном понимании предмета, недостаточных знаниях и имеет существенные недостатки. Удовлетворительному уровню соответствует лишь малая часть результатов обучения.
незачтено 40% - 55%	Минимально допустимый уровень успеваемости. Оцениваемая работа выполнена на очень слабом уровне, имеет серьезные недостатки и свидетельствует о весьма низком уровне знаний, понимания и/или умений и знакомства с предметом. Удовлетворительному уровню соответствует лишь очень малая часть результатов обучения (или таких результатов нет вообще)
незачтено 0% - 39%	Оцениваемая работа неприемлема и свидетельствует о практическом отсутствии знаний и понимания предмета работы.

	Удовлетворительному уровню не соответствуют никакие результаты обучения

10. Самостоятельная работа

Самостоятельная работа по дисциплине включает:

1. Написание эссе;
2. Изучение литературы;
3. Выполнение домашних заданий;
4. Разбор кейсов.

Трудоемкость самостоятельной работы - 45 часов.

Для самостоятельной работы студентам рекомендуется использовать следующие источники:

- Richard L.Epstein Critical Thinking. Third Edition, Thomson Higher Education, 2006 . ISBN-13 (or ISBN-10): 978-0-534-58348-4
- Michael Michalko. Cracking Creativity. Random House, 2001 ISBN-13 (or ISBN-10) : 978-0-307-79036-1.

Дополнительно методические указания по отдельным видам работ приведены в системе управления обучением “Canvas LMS”. Для доступа требуется персональный логин/пароль.

11. Фонд оценочных средств. Оценочные и методические материалы по дисциплине

Все задания для самостоятельной работы, включая методические рекомендации по подготовке отчета о проделанной работе находятся в системе управления обучением “Canvas LMS”. Для доступа требуется персональный логин/пароль.

Ниже приведены примеры каждого задания и методические рекомендации по его выполнению.

11.1. Эссе

Во время курса студенты будут работать над написанием ээсе. Требования к эссе прописаны ниже.

Skoltech

Примечание: Все ваши ответы являются строго конфиденциальными и НЕ будут переданы кому-либо внутри организации или за ее пределами.

Инструкции по сдаче работы: прочтите внимательно

Пожалуйста, отправьте выполненное задание в следующем формате: `фамилия_имя_эссе.pdf`

Требования к оформлению (формат А4):

- Укажите название вашего эссе. *(Штраф: -2 балла при отсутствии названия)*.
- Объем текста: не менее половины страницы.
- Максимальный объем: 1 страница.
- Штрафные баллы: -3 балла за неверный формат имени файла (*naming convention*).

Важные условия:

- ПРОДЛЕНИЯ СРОКОВ СДАЧИ НЕ ПРЕДУСМОТРЕНО.
- ДОПУСКАЕТСЯ ТОЛЬКО ОДНА ПОПЫТКА СДАЧИ.

11.1.1. Оценочные материалы (примеры тем для написания эссе):

Выберите ОДНУ из предложенных тем и напишите эссе, в котором вы проанализируете предмет обсуждения с позиций критического мышления. Используйте критерии оценки, изложенные в РПД, чтобы эффективно выстроить структуру работы и оценить аргументацию.

Темы для эссе

1. Алгоритмическая предвзятость и справедливость: В какой степени системы искусственного интеллекта могут быть по-настоящему беспристрастными, и кто должен нести ответственность, когда алгоритмические решения усугубляют неравенство? Algorithmic Bias and Fairness: To what extent can AI systems ever be truly unbiased, and who should be accountable when algorithmic decisions reinforce inequality?
2. ИИ и человеческая субъектность: Усиливает ли опора на инструменты ИИ процесс принятия решений человеком или она постепенно подрывает критическое мышление и автономию? AI and Human Agency: Does reliance on AI tools enhance human decision-making or gradually erode critical thinking and autonomy?

3. Этика применения ИИ в здравоохранении: Должен ли ИИ иметь право принимать решения о жизни и смерти в медицинских целях, и как следует распределять ответственность между врачами и машинами? Ethics of AI in Healthcare: Should AI be allowed to make life-and-death decisions in medical contexts, and how should responsibility be distributed between doctors and machines?
4. Творческий ИИ и интеллектуальная собственность: Кому принадлежат результаты работы генеративных систем ИИ, и бросает ли искусство, созданное ИИ, вызов нашему определению творчества? Creative AI and Intellectual Ownership: Who owns the output of generative AI systems, and does AI-generated art challenge our definition of creativity?
5. Слежка, конфиденциальность и власть: Как использование ИИ в системах наблюдения меняет баланс между безопасностью и индивидуальной свободой в современном обществе? Surveillance, Privacy, and Power: How does the use of AI in surveillance reshape the balance between security and individual freedom in modern societies?
6. ИИ в образовании: Способствует ли интеграция ИИ в образовательную среду более глубокому мышлению или поощряет когнитивную лень и чрезмерную зависимость от автоматизации?AI in Education: Does integrating AI into learning environments promote deeper thinking or encourage cognitive laziness and over-reliance on automation?

11.1.2. Методические рекомендации для выполнения проекта

Максимальный балл, который студент может получить за написание эссе - 15 баллов.

Критерии оценивания представлены ниже:

1. Ясность аргументации

- Эссе должно содержать четкий и лаконичный тезис (основную мысль).
- Аргументы должны быть логически структурированы и последовательны.

2. Критический анализ

- Демонстрирует глубокий анализ темы или проблемы.
- Показывает понимание различных точек зрения и интерпретаций.

3. Доказательная база

- Приводит убедительные доказательства, примеры или данные в поддержку аргументов.
- Использует достоверные источники и ссылки там, где это уместно.

4. Применение рассуждений

- На протяжении всего эссе применяется здравая логика и рациональное мышление.
- Исключаются логические ошибки (*fallacies*), аргументы строятся на прочной доказательной основе.

5. Креативность и оригинальность

- Продемонстрирован творческий и нестандартный подход к теме.
- Предлагаются уникальные идеи или ракурсы рассмотрения проблемы.

6. Ясность изложения

- Текст написан ясно, связно и имеет четкую структуру.
- Используется терминология и стиль языка, соответствующие теме.

7. Работа с контраргументами

- Взгляды оппонентов признаются и эффективно разбираются.
- Проводится глубокий анализ противоположных точек зрения.

8. Заключение

- В заключении дается сильный синтез ключевых положений и аргументов, представленных в эссе.
- Формулируются выводы для будущих исследований или практическое значение проведенного анализа.

9. Навыки критического мышления

- Демонстрируется высокий уровень навыков: анализ, оценка, умозаключение и объяснение.
- Показана способность эффективно применять концепции критического мышления.

10. Релевантность

- Сохраняется соответствие теме задания и общему курсу обучения.
- Гарантируется, что все аргументы и анализ напрямую связаны с обсуждаемым вопросом.

11.2. Работа на кейсами

Skoltech

Каждый студент должен за время курса проанализировать кейс.

Примечание: Все ваши ответы являются строго конфиденциальными и НЕ будут переданы кому-либо внутри организации или за ее пределами.

Важные условия:

- Пожалуйста, отправьте выполненное задание в следующем формате: `фамилия_номер_кейс-стади.pdf` *(Пример: ivanov_1_case_study.pdf)*

- ПРОДЛЕНИЯ СРОКОВ СДАЧИ НЕ ПРЕДУСМОТРЕНО.
- ДОПУСКАЕТСЯ ТОЛЬКО ОДНА ПОПЫТКА СДАЧИ.

11.2.1. Оценочные материалы (пример кейса для разбора):

Проанализируйте катастрофы космических челноков «Челленджер» (1986) и «Колумбия» (2003), чтобы понять, как инженерные решения и организационная культура способствовали этим трагедиям. Поразмышляйте о важности этической ответственности и извлечения уроков из прошлых ошибок в инженерной практике.

Ресурсы для изучения:

- Columbia Accident Investigation Board Report Links to an external site.
- Rogers Commission Report Links to an external site.
- Engineering Ethics Case Study: The Challenger Disaster

Задание

Опираясь на предоставленные материалы, подготовьте анализ, включающий следующие пять пунктов:

1. Краткий обзор: Предоставьте краткие обзоры обеих катастроф, выделяя технические сбои и организационные решения, которые привели к ним.
2. Анализ инженерных недостатков: Изучите конструктивные и инженерные изъяны в каждом случае и обсудите, как эти технические проблемы были выявлены, рассмотрены (или проигнорированы) инженерами и руководством.
3. Роль организационной культуры NASA: Проанализируйте роль культуры НАСА в обоих инцидентах. Рассмотрите такие факторы, как сбои в коммуникации, давление со стороны руководства и нормализация отклонений (*normalization of deviance*).

4. Этическая ответственность: Размышляйте об этических обязанностях инженеров и менеджеров. Обсудите, как принятие этически обоснованных решений могло бы изменить исход событий.
5. Извлеченные уроки: Выявите ключевые уроки обеих катастроф. Предложите стратегии предотвращения подобных неудач в будущих инженерных проектах.

11.2.2. Методические рекомендации для выполнения кейса

Максимальный балл, который студент может получить за индивидуальный отчет - 15 баллов.

Критерии оценивания:

Критерии оценки анализа и решения кейса

1. Выявление проблемы

- Четко определяет проблему или вызов, представленный в кейсе.
- Эффективно определяет границы и масштаб проблемы.

2. Применение знаний

- Применяет релевантные теории, принципы и концепции для анализа кейса.
- Демонстрирует глубокое понимание фундаментальных основ, связанных с темой кейса.

3. Анализ и разработка решений

- Проводит всесторонний анализ проблемы, учитывая все значимые факторы и ограничения.
- Разрабатывает логичные и инновационные решения или рекомендации на основе проведенного анализа.

4. Критическое мышление и аргументация

- Демонстрирует сильные навыки критического мышления при оценке вариантов и принятии решений.
- Использует логическую аргументацию и обосновывает принятые решения фактами и здравым смыслом.

5. Осуществимость и практичность

- Учитывает осуществимость и практическую применимость предложенных решений в реальных условиях.
- Оценивает последствия решений с точки зрения затрат, времени, ресурсов и общего влияния (*impact*).

6. Креативность и инновационность

- Предлагает творческие и новаторские подходы к решению проблемы.
- Рассматривает альтернативные варианты и демонстрирует способность мыслить за рамками традиционных методов.

7. Коммуникация и презентация

- Представляет идеи, анализ и решения ясно, структурировано и профессионально.
- Использует уместные визуальные материалы, схемы и данные для подкрепления анализа.

8. Рефлексия и обучение

- Рефлексирует над процессом анализа кейса и выделяет ключевые выводы для дальнейшего обучения и совершенствования.
- Рассматривает более широкие последствия данного кейса в контексте практической деятельности.

Требования к оформлению (формат А4):

- Текст должен быть структурирован с использованием **нумерации**, соответствующей **5 пунктам** задания. *(Штраф: -1 балл за каждый отсутствующий нумерованный пункт)*.
- **Штрафные баллы:** -3 балла за неверный формат имени файла (*naming convention*).

11.3. Посещение занятий

Посещение занятий крайне важно на данном курсе. Максимальный балл, который студент может получить - 45 баллов.

11.3.1. Оценочные материалы (примеры заданий для обсуждения на занятиях):

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

Согласно курсу “Критическое и творческое мышление для инноваторов”, какие четыре ключевых навыка (4C) определены как crucial для современных инноваторов?

А) Критическое мышление, творческое мышление, коммуникация, сотрудничество
Б) Критическое мышление, креативность, лидерство, тайм-менеджмент
В) Творческое мышление, коммуникация, эмоциональный интеллект, стрессоустойчивость

Skoltech

Г) Анализ, синтез, презентация, переговоры

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Б):

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

Какая из перечисленных характеристик НЕ относится к стратегиям критического мышления, перечисленным в курсе “Критическое и творческое мышление для инноваторов”?

А) Рефлексия (Reflection)
Б) Рациональность (Rationality)
В) Интуиция (Intuition)
Г) Дисциплинированность (Discipline)

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Б):

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

В рамках темы «Инструменты и техники критического мышления» курса “Критическое и творческое мышление для инноваторов” изучаются структурные элементы аргументации. Какой из перечисленных элементов НЕ входит в этот перечень?

А) Утверждения (Claims)
Б) Посылки (Premises)
В) Выводы (Conclusions)
Г) Гипотезы (Hypotheses)

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Б):

Skoltech

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

Согласно содержанию курса “Критическое и творческое мышление для инноваторов”, какой навык позволяет инноватору выявлять проблемы, оценивать потенциальные решения и делать наилучший выбор для своих проектов?

А) Творческое мышление
Б) Коммуникация
В) Критическое мышление
Г) Сотрудничество

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Б):

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

В разделе, посвящённом инструментам критического мышления, упоминаются модели решения проблем и принятия решений. Какой дополнительный элемент изучается в этом разделе наряду с ними?

А) Методы генерации идей (мозговой штурм)
Б) Аргументы, утверждения, посылки и выводы
В) Способы визуализации данных
Г) Техники активного слушания

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Б):

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Какой навык позволяет инноватору мыслить нестандартно и находить прорывные решения?

Напишите правильный ответ:

Skoltech

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Как называется способность эффективно передавать идеи и информацию другим людям?

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Какой навык предполагает умение работать в команде, делиться идеями и использовать сильные стороны друг друга?

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Согласно курсу, какое качество критического мышления предполагает открытость к новым идеям и готовность пересматривать свои взгляды?

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Какой элемент критического мышления связан с умением анализировать собственные мыслительные процессы?

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Как называются исходные утверждения, на которых строится аргументация?

Напишите правильный ответ:

Skoltech

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Кто является автором методологии шести шляп мышления?

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Как называется способность оценивать аргументы и принимать обоснованные решения?

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Какая модель решения проблем упоминается в курсе как часть инструментов критического мышления?

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Кто разработал ТРИЗ (Теорию Решения Изобретательских Задач)?

Напишите правильный ответ:

11.3.2. Методические рекомендации для выполнения заданий

Skoltech

Студент должен посещать все занятия. Пропуски допустимы только по уважительным причинам с предоставлением официальных документов (справка итд).

На каждом занятии ожидается, что студент будет активно задавать вопросы, отвечать на вопросы преподавателя. Все студенты должны быть готовы продемонстрировать результаты своих заданий в классе.

Вес участия во время занятий составляет 45% от общей оценки. За каждый пропуск по неуважительной причине студент теряет 5%. Если студент не проявляет активности во время занятия, студент может потерять до 2%.

11.4. Домашнее задание

За время курса студентам будет предоставлена возможность выполнить несколько домашних заданий. Вес домашних заданий от общей оценки - 25%. Каждое домашнее задание также имеет свой вес. Студент получает зачтено / незачтено за каждое из заданий.

11.4.1. Методические рекомендации по выполнению домашних заданий

Для того, чтобы получить “зачтено” за домашнее задание необходимо:

- Полностью ответить на все поставленные в задании вопросы. Ответ должен быть логичным, структурированным и полным.
- Предоставить домашнее задание в указанный срок. Все сроки указаны на Канвас странице курса.
- Домашнее задание должно соответствовать установленным требованиям. Требования по каждому конкретному заданию прописаны на Канвас странице курса.

11.4.2. Оценочные материалы (примеры домашних заданий):

Задание: Вспомните личную проблему или задачу. Создайте карту мыслей (*mind map*), чтобы проанализировать эту проблему и найти пути её решения.

Примечание: Все ваши ответы являются строго конфиденциальными и НЕ будут переданы кому-либо внутри организации или за ее пределами.

Инструкции по сдаче работы

Пожалуйста, отправьте выполненное задание в следующем формате: `фамилия_имя_mind_map.pdf` *(Пример: ivanov_petr_mind_map.pdf)*

Skoltech

Технические требования к оформлению:

- **Ориентация:** Отсканированная страница формата A4 в альбомной (ландшафтной) ориентации.
- **Объем:** 1 страница.
- **Формат:** Если карта нарисована от руки, пожалуйста, отсканируйте её (не фотографируйте при плохом освещении) для обеспечения лучшей читаемости перед загрузкой.

Критерии оценки и штрафные баллы:

- **-2 балла** — неверный формат имени файла (*naming convention*).
- **-1 балл** — неправильный формат документа (не PDF/A4/альбомная ориентация).
- **-1 балл** — некорректная структура карты мыслей (отсутствие центрального образа, радиальной структуры или ключевых ветвей).
- **-1 балл в день** — за несвоевременную сдачу (за каждый день просрочки).

Задание: Примеры применения креативного мышления

1. **Опишите три ситуации**, которые произошли с вами недавно и в которых вам пришлось проявить креативность. Это не обязательно должны быть примеры из работы или учебы — они могут относиться к любой другой сфере жизни, главное, чтобы они были уместными :)
2. **Приведите пример того**, как вы недавно применили творческое мышление за пределами вашей основной области экспертизы.

Примечание: Все ваши ответы являются строго конфиденциальными и НЕ будут переданы кому-либо внутри организации или за ее пределами.

P.S. Использование ИИ-текстов допускается исключительно для проверки орфографии и пунктуации (*proof-reading*). Пожалуйста, укажите это в работе, если применяли такие инструменты.

Инструкции по сдаче работы

Пожалуйста, отправьте выполненное задание в следующем формате: `"фамилия_имя_creativity_examples.pdf"` *(Пример: "ivanov_petr_creativity_examples.pdf")*

Критерии оценки и штрафные баллы:

Skoltech

- **-1 балл** — неверный формат имени файла (naming convention).
- **-0.5 балла в день** — за несвоевременную сдачу (за каждый день просрочки).

Практическое задание: Применение модели Тулмина к реальному сценарию

В рамках этого упражнения вам необходимо применить модель аргументации Тулмина к реальной ситуации.

1. Выберите материал: Найдите реальный pitch deck стартапа, письмо инвесторам (investor letter) или подробный отзыв на продукт.
2. Примените модель Тулмина: Выделите в тексте следующие элементы: тезис (*claim*), основания/данные (*grounds*), обоснование/связка (*warrant*), квалификатор (*qualifier*) и контраргумент/опровержение (*rebuttal*).
3. Поиск логических ошибок: Выявите как минимум 2 логические ошибки (софизма), если они присутствуют в материале.
4. Письменный анализ: Напишите аналитическую записку объемом в одну страницу (принести на следующее занятие).

Примечание: Все ваши ответы являются строго конфиденциальными и НЕ будут переданы кому-либо внутри организации или за ее пределами.

P.S. Использование ИИ-текстов допускается исключительно для проверки орфографии и пунктуации (*proof-reading*). Пожалуйста, укажите это в работе, если применяли такие инструменты.

Инструкции по сдаче работы

- Принесите выполненное задание (на листе формата A4) на следующее занятие в распечатанном виде либо написанным от руки. Не забудьте указать ваше имя на листе.
- Проверку работ проведет преподавательская команда.

Автономная некоммерческая образовательная организация высшего образования «Сколковский институт науки и технологий»

Утверждено

Директор образовательной программы

Дорожкин П.С.

Идентификатор документа, задачи / ID: 479406 v.1, 450401

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ПРОСТОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ /
The document is signed with a simple electronic signature

Директор образовательной программы / The Director of the program
Дорожкин Павел Сергеевич / Dorozhkin Pavel Sergeevich

Дата подписания / Date of signing 22.09.2026

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

“Научно-исследовательская работа. Учебная практика”

Направление подготовки 12.04.03 Фотоника и Оптоинформатика

Квалификация “магистр”

Москва 2026

Skoltech

Название курса

Научно-исследовательская работа. Учебная практика

1. Аннотация

Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО: относится к Модулю 4. "Научно-исследовательская работа и Выпускная квалификационная работа", обязательная часть. Четверть 3 и 4, первый год обучения.

Язык дисциплины (модуля): английский.

Ведущий преподаватель: Шипулин Аркадий Владимирович, Горин Дмитрий Александрович

"Научно-исследовательская работа. Учебная практика" - один из обязательных учебных элементов в процессе подготовки выпускной квалификационной работы (ВКР) студентами магистратуры. Это один или несколько научных проектов, выполняемых студентом под руководством научно-педагогического работника (НПР), в течение 3 и 4 учебных четвертей первого учебного года, которые являются подготовительным этапом к написанию выпускной квалификационной работы (ВКР).

Этому элементу предшествует предварительное закрепление научного руководителя и выбор предварительной темы исследования в области профессиональной деятельности студента.

Целью элемента “Научно-исследовательская работа. Учебная практика” является:

- определение темы будущего проекта магистерской диссертации;
- определение проблематики предполагаемого исследования;
- знакомство с требованиями научного руководителя;
- определение роли студента в предполагаемом исследовании.

2. Материально-техническое обеспечение

Семинарская часть занятий проходит в учебной аудитории.

Аудитория на 20 человек для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации:

- специализированная мебель: парты, стол преподавателя, 2 персональных компьютера;

- технические средства обучения: моторизированный проекционный экран, проектор на потолочном кронштейне, микрофоны беспроводной радиосистемы, камера, сетевая камера, потолочные громкоговорители, интерактивные ЖК-панели.

Практическая часть проходит в:

1) *Лаборатории Биофотоники (БТИ 4)* с демонстрацией / использованием оборудования:

- Двухрежимный микропланшетный ридер Infinite M Nano+
- Система проточной цитометрии CytoFLEX B5-R3-V5
- Система визуализации Operetta High Content Imaging
- Система визуализации IVIS Spectrum CT In Vivo
- Оптоакустическая мезоскопия растрового сканирования RSOM Explorer P50

2) *Лаборатории Биофотоники (БТИ 50)* с демонстрацией / использованием оборудования:

- Установка для безмасковой литографии Heidelberg uPG101
- Спинкоатер (установка нанесения фоторезиста) и плита для термообработки
- Химическая шкаф для работы с кислотами и химикатами
- Ультразвуковая мойка УВ-30
- Система магнетронного распыления AJA
- Профилометр KLA-Tencor 500
- Стереоскопический микроскоп МСП-ТМ
- Сканирующий электронный микроскоп Jeol JCM-7000
- Реактивное ионное травление

3) *Лаборатории Наноматериалов (БТИ 23), (БТИ 24)* с демонстрацией / использованием оборудования:

1. Диодный лазер накачки на 980 нм и драйвер к нему

2. Волоконные компоненты – сплиттеры, WDM, изоляторы, активное эрбиевое волокно и др
3. Фотоприемник
4. Осциллограф с полосой 1 ГГц
5. Оптический анализатор спектра
6. Автокоррелятор
7. Лазеры HeNe lasers (Thorlabs model HNL 100LB, USA)
8. Импульсный диодный лазер (PicoQuant model PDL-800-D, GmbH)
9. Вращающаяся платформа и контроллер (Thorlabs model PRM1/MZ8, USA)
10. Пьезоэлектрическая трансляционная платформа (Piezomechanik Dr L Pickelmann GmbH- model SRV150/1)
11. Цифровые осциллографы (Keysight infiniiVision model DSOX3054T, USA, UNI-T China, model UTD2102C)
12. Фотодиод большой площади Thorlabs (Thorlabs USA, model DET36A2)
13. Камера CCD (Thorlabs USA, model WFS31-7AR)
14. Оптический измеритель мощности (Thorlabs USA model PM100A))
15. Лавинный фотодиод (IDQ Switzerland, model id100)
16. TCSPC аппаратное обеспечение (Becker & Hickl, GmbH model SPC160)
17. TCSPC программное обеспечение
18. Спектрометр с оптоволоконной связью (Ocean Optics, USA, model SR2)

Для самостоятельной работы студенты могут использовать рабочее пространство библиотеки.

3. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия

1) предварительное назначение научного руководителя;

2) выбор предварительной темы исследования в области профессиональной деятельности студента.

4. Трудоёмкость

6 з.е. (1 з.е. это 27 астрономических часов)

5. Содержание курса

Л – лекции в часах
П – практики в часах

С – семинары в часах

Тема	Содержание	Л	П	С
Планирование проекта	1) Найти научного руководителя 2) Согласовать план проекта с научным руководителем		15	
Реализация проекта	Осуществление проекта в соответствии с планом проекта		15	15
Отчет	Письменный отчет, представленный в LMS (Canvas)		15	
Всего контактных часов:		**60 часов**		
Самостоятельная работа:		**102 часа**		
Промежуточная аттестация:		**-**		
Общее кол-во часов:		**162 часа**		

6. Требования к результатам освоения дисциплины

Изучение дисциплины **“Научно-исследовательская работа. Учебная практика”** при подготовке магистров по направлению подготовки **12.04.03 Фотоника и Оптоинформатика** направлено на приобретение следующих компетенций:

Код и наименование компетенции
ОПК-1. Способен представлять современную научную картину мира, выявлять естественно-научную сущность проблемы, формулировать задачи, определять пути их решения и оценивать эффективность выбора и методов правовой защиты результатов интеллектуальной деятельности с учетом специфики исследований и разработки приборов и систем, технологий производства оптических сред, материалов и устройств фотоники и оптоинформатики

7. Вид итоговой оценки

Экзамен

8. Структура оценки

Skoltech

Вид деятельности	Относительный вклад в итоговую оценку за курс, %
Отчет о проделанной работе	100

9. **Система оценивания**

Оценка за данный учебный элемент складывается из оценки за отчет о проделанной работе.

A, отлично 86% и выше	Оцениваемая работа выполнена с отменным качеством и свидетельствует об отличных знаниях, глубоком понимании предмета, глубоких всесторонних познаниях и умелом применении концепций и/или учебных материалов. Все результаты обучения соответствуют высокому уровню
B, хорошо 76% - 85%	Работа выполнена в соответствии с высокими стандартами и свидетельствует о наличии всесторонних познаний и хорошем понимании предмета, умении использовать соответствующие концепции, а также об умении решать проблемы, возникающие в ходе изучения предмета работы. Большая часть результатов обучения соответствует высокому уровню
C, удовлетворительно 66% - 75%	Оцениваемая работа в целом выполнена на удовлетворительном уровне и свидетельствует об адекватных знаниях и достаточном понимании предмета, однако со значительными недостатками. Большая часть результатов обучения соответствует удовлетворительному уровню
D,посредственно 56% - 65%	Оцениваемая работа выполнена на слабом уровне и свидетельствует о крайне ограниченном понимании предмета, недостаточных знаниях и имеет существенные недостатки.

	Удовлетворительному уровню соответствует лишь малая часть результатов обучения.
E, крайне посредственно 40% - 55%	Минимально допустимый уровень успеваемости. Оцениваемая работа выполнена на очень слабом уровне, имеет серьезные недостатки и свидетельствует о весьма низком уровне знаний, понимания и/или умений и знакомства с предметом. Удовлетворительному уровню соответствует лишь очень малая часть результатов обучения (или таких результатов нет вообще)
F, неудовлетворительно 0% - 39%	Оцениваемая работа неприемлема и свидетельствует о практическом отсутствии знаний и понимания предмета работы. Удовлетворительному уровню не соответствуют никакие результаты обучения

10. Самостоятельная работа

Самостоятельная работа по дисциплине включает:

1. Изучение литературы;
2. Подготовка отчета.

Трудоемкость самостоятельной работы - 102 часа.

Для самостоятельной работы студентам рекомендуется использовать следующие источники, размещенные в LMS Canvas:

https://lms.skoltech.ru/courses/2072/files/folder/4.%20Academic%20integrity?preview=28936 – Положение Об Академической Честности Студентов

https://lms.skoltech.ru/courses/2072/files/folder/4.%20Academic%20integrity?preview=28935 - Кодекс этики

https://lms.skoltech.ru/courses/2072/files/folder/4.%20Academic%20integrity/AI%20guidelines? - Принципы использования ИИ в образовании

https://lms.skoltech.ru/courses/2072/files/folder/2.%20MSc/MSc%20defense/MSc%20Thesis%20Manuscript%20Guidelines?preview=28948 – Проект диссертации – общие ресурсы

https://lms.skoltech.ru/courses/2072/files/folder/2.%20MSc/MSc%20defense/MSc%20Thesis%20Manuscript%20Guidelines?preview=28949 - Проект презентации на защиту

https://lms.skoltech.ru/courses/2072/files/folder/2.%20MSc/MSc%20defense/MSc%20Thesis%20Manuscript%20Guidelines?preview=28947 – Методические рекомендации по оформлению диссертации

Дополнительно методические указания по отдельным видам работ приведены в системе управления обучением “Canvas LMS”. Для доступа требуется персональный логин/пароль.

11. Фонд оценочных средств. Оценочные и методические материалы по дисциплине

Все задания для самостоятельной работы, включая методические рекомендации по подготовке отчета находятся в системе управления обучением “Canvas LMS”. Для доступа требуется персональный логин/пароль.

Ниже приведены примеры каждого задания и методические рекомендации по его выполнению.

11.1. Индивидуальный отчет о проделанной работе

Результатом "Научно-исследовательская работа. Учебная практика" является отчет о выполненной работе.

Необходимо предоставить отчет о проделанной работе в заданные Образовательным Департаментом сроки и загрузить на соответствующую страницу LMS Canvas.

11.1.1.Оценочные материалы

Отчет включает в себя:

1) Имя студента;

2) Имя научного руководителя и его/ее должность;

3) Название проекта на русском и английском языках;

Skoltech

4) Описание проекта;

5) Соответствие личных, профессиональных целей студента содержанию проекта;

6) Достигнутые результаты;

7) Проблемы, возникшие в ходе работы над проектом, и пути их преодоления.

8) Общие выводы;

9) Описание формата отчета, который студент предоставляет руководителю.

Перечень возможных вопросов от научного руководителя по проделанной работе:

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Перечислите минимум ДВА основных фактора, влияющих на выбор геометрии планарных волноводов.

Напишите два любых фактора через запятую:

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

В задачах интегральной фотоники переход от объемных волноводов к технологии «кремний на изоляторе» (SOI) позволяет достичь:

А) Только уменьшения размеров устройства.

Б) Сильной локализации поля, высокой плотности интеграции и нелинейности, но требует решения проблемы двухфотонного поглощения на длине волны 1.55 мкм.

В) Увеличения стоимости производства без улучшения характеристик.

Г) Исключения необходимости литографии.

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Г):

Прочитайте задание и заполните пропуск.

Укажите какой обязательный этап работы пропущен в приведенном ниже перечне для исследования нового оптического волновода с использованием метода компьютерного моделирования:

Skoltech

1) Выбрать программное обеспечение,
2) Построить модель структуры,
3) _____ ,
4) Провести расчёт распространения моды,
5) Проанализировать результаты,
6) Сравнить с экспериментом.

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Назовите ДВА основных преимущества оптоволоконных линий связи перед традиционными металлическими проводниками.

Напишите два любых преимущества через запятую:

Прочитайте задание и укажите правильную последовательность этапов.

Какова правильная последовательность действий при исследовании влияния внешних факторов (температура, вибрация) на работу нового оптического датчика. Укажите последовательно этапы эксперимента.

А) Провести испытание датчика, изменяя внешние условия по очереди

Б) анализировать стабильность и чувствительность датчика к внешним воздействиям

В) фиксировать отклик прибора на каждое внешнее воздействие

Запишите соответствующую последовательность заглавных букв без пробелов и запятых в формате (АБВ):

Прочитайте задание и заполните пропуск.

Как бы вы организовали эксперимент по сравнению двух новых методов модуляции оптического сигнала? Укажите какой обязательный этап работы пропущен в приведенном ниже перечне:

1) Подготовить образцы,
2) Реализовать оба метода,
3) _____ ,

4) Сравнить результаты по выбранным критериям,
5) Сделать вывод о преимуществах.

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и укажите правильную последовательность этапов.

Укажите правильную последовательность этапов внедрения автоматизированной системы сбора данных в лабораторном эксперименте по фотонике:

А) Выбрать оборудование с цифровым интерфейсом,
Б) провести тестовые измерения,
В) написать скрипт для управления и записи данных,
Г) проанализировать полученные результаты и источники возможных ошибок.

Запишите соответствующую последовательность заглавных букв без пробелов и запятых в формате (АБВГ):

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Перечислите три этапа в правильном порядке производственного процесса изготовления волноводов методом ионного обмена:

А) Обработка стекла химическим реагентом
Б) Формирование волноводной структуры
В) Создание концентрационного градиента

Запишите соответствующую последовательность заглавных букв без пробелов и запятых в формате (АБВ):

11.1.2. Методические рекомендации

Критерии оценивания отчета следующие:

1. Общая цель и задачи проекта ясны и четко определены.

2. Выявлены проблемы, возникшие в ходе работы (организационные, связанные с исследованиями и т.д.), и предложены соответствующие решения.

Skoltech

3. Все результаты описаны и обсуждены корректно.

4. Выводы отражают цель и задачи проекта.

5. Материалы научного отчета, предоставленные научному руководителю, представлены в формате LMS (Canvas) в полном объеме.

6. Студент четко и полно отвечает на вопросы научного руководителя по проделанной работе.

Вес каждого критерия 20% от оценки (кроме п. 5). Если критерий выполнен, то студент получает максимальный балл (20), если критерий не выполнен, то студент получает минимальный балл (0).

Автономная некоммерческая образовательная организация высшего образования «Сколковский институт науки и технологий»

Утверждено

Директор образовательной программы

Дорожкин П.С.

Идентификатор документа, задачи / ID: 479406 v.1, 450401

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ПРОСТОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ /
The document is signed with a simple electronic signature

Директор образовательной программы / The Director of the program
Дорожкин Павел Сергеевич / Dorozhkin Pavel Sergeevich

Дата подписания / Date of signing 22.09.2026

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

“Научно-исследовательская работа. Преддипломная практика”

Направление подготовки 12.04.03 Фотоника и Оптоинформатика

Квалификация “магистр”

Москва 2026

Skoltech

Название курса

Научно-исследовательская работа. Преддипломная практика

1. Аннотация

Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО: относится к Модулю 4. "Научно-исследовательская работа и Выпускная квалификационная работа", обязательная часть. Четверть 5, 6 и 7, второй год обучения.

Язык дисциплины (модуля): английский.

Ведущий преподаватель: Шипулин Аркадий Владимирович, Горин Дмитрий Александрович

«Научно-исследовательская работа. Преддипломная практика» – один из обязательных учебных элементов в процессе подготовки выпускной квалификационной работы (ВКР) студентами второго года магистратуры. «Научно-исследовательская работа. Преддипломная практика.» выполняется студентами в течение второго года обучения.

Целью элемента «Научно-исследовательская работа. Преддипломная практика.» является подготовка научного проекта студента, необходимого для выполнения требований образовательной программы и написания магистерской диссертации. Результаты освоения преддипломной практики демонстрируются студентом последовательно на регулярной основе по мере выполнения отдельных частей исследовательской работы. Результатами помимо регулярных отчетов, предоставляемых студентом научному руководителю, являются: утверждение темы диссертации на русском и английском языках, первый проект текста ВКР (Status Report), проект текста ВКР (MSc Thesis Draft) и финальный текст ВКР (MSc Thesis Manuscript).

2. Материально-техническое обеспечение

Семинарская часть занятий проходит в учебной аудитории.

Аудитория на 20 человек для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации:

- специализированная мебель: парты, стол преподавателя, 2 персональных компьютера;

- технические средства обучения: моторизированный проекционный экран, проектор на потолочном кронштейне, микрофоны беспроводной радиосистемы, камера, сетевая камера, потолочные громкоговорители, интерактивные ЖК-панели.

Практическая часть проходит в:

1) *Лаборатории Биофотоники (БТИ 4)* с демонстрацией / использованием оборудования:

- Двухрежимный микропланшетный ридер Infinite M Nano+
- Система проточной цитометрии CytoFLEX B5-R3-V5
- Система визуализации Operetta High Content Imaging
- Система визуализации IVIS Spectrum CT In Vivo
- Оптоакустическая мезоскопия растрового сканирования RSOM Explorer P50

2) *Лаборатории Биофотоники (БТИ 50)* с демонстрацией / использованием оборудования:

- Установка для безмасковой литографии Heidelberg uPG101
- Спинкоатер (установка нанесения фоторезиста) и плита для термообработки
- Химическая шкаф для работы с кислотами и химикатами
- Ультразвуковая мойка УВ-30
- Система магнетронного распыления AJA
- Профилометр KLA-Tencor 500
- Стереоскопический микроскоп МСП-ТМ
- Сканирующий электронный микроскоп Jeol JCM-7000
- Реактивное ионное травление

3) *Лаборатории Наноматериалов (БТИ 23), (БТИ 24)* с демонстрацией / использованием оборудования:

- Диодный лазер накачки на 980 нм и драйвер к нему
- Волоконные компоненты – сплиттеры, WDM, изоляторы, активное эрбиевое волокно и др
- Фотоприемник
- Осциллограф с полосой 1 ГГц
- Оптический анализатор спектра
- Автокоррелятор
- Лазеры HeNe lasers (Thorlabs model HNL 100LB, USA)
- Импульсный диодный лазер (PicoQuant model PDL-800-D, GmbH)
- Вращающаяся платформа и контроллер (Thorlabs model PRM1/MZ8, USA)
- Пьезоэлектрическая трансляционная платформа (Piezomechanik Dr L Pickelmann GmbH- model SRV150/1)
- Цифровые осциллографы (Keysight infiniiVision model DSOX3054T, USA, UNI-T China, model UTD2102C)
- Фотодиод большой площади Thorlabs (Thorlabs USA, model DET36A2)
- Камера CCD (Thorlabs USA, model WFS31-7AR)
- Оптический измеритель мощности (Thorlabs USA model PM100A))
- Лавинный фотодиод (IDQ Switzerland, model id100)
- TCSPC аппаратное обеспечение (Becker & Hickl, GmbH model SPC160)
- TCSPC программное обеспечение
- Спектрометр с оптоволоконной связью (Ocean Optics, USA, model SR2)

Для самостоятельной работы студенты могут использовать рабочее пространство библиотеки.

3. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия

Студент должен успешно освоить следующие дисциплины: Мастерская инноваций, Научно-исследовательская работа. Учебная практика, Производственная практика.

4. Трудоёмкость

12 з.е. (1 з.е. это 27 астрономических часов)

5. Содержание курса

Л – лекции в часах

Skoltech

П – практики в часах
С – семинары в часах

Тема	Содержание	Л	П	С
Регулярные встречи с научным руководителем	Отчет о выполненной работе направляется научному руководителю на постоянной и регулярной основе, чтобы отслеживать и оценивать статус диссертации		8	20
Отчет о проделанной работе	Отчет о проделанной работе должен быть подготовлен студентами под руководством научного руководителя на основе шаблона дипломной работы и включать следующие аспекты: 1) Введение, включающее цель исследования, а также описание проблем, заявленных в исследовании, и предлагаемых решений. 2) Обзор литературы. 3) Инструменты и методы, использованные в ходе исследования		8	20
Проект магистерской диссертации	Проект магистерской диссертации должен быть подготовлен студентами под руководством научного руководителя на основе шаблона диссертации. Проект магистерской диссертации должен пройти проверку на антиплагиат.		8	20
Текст магистерской диссертации	Текст магистерской диссертации должен быть подготовлен студентами под контролем научного руководителя на основе шаблона диссертации. Проект магистерской диссертации должен пройти проверку на антиплагиат. Текст магистерской диссертации должен быть написан на английском языке (за исключением титульного листа) и содержать: титульный лист на русском и английском языках, аннотацию (включающую 4-6 ключевых слов), введение, обзор литературы, методы и инструменты исследования, результаты, суждения, инновации, личный вклад, благодарность, сокращения, публикации., библиография, приложения.		8	20
Всего контактных часов:		**112 часов**		

Самостоятельная работа:	**212 часов**
Промежуточная аттестация:	**-**
Общее кол-во часов:	**324 часа**

6. Требования к результатам освоения дисциплины

Изучение дисциплины **“Научно-исследовательская работа. Преддипломная практика”** при подготовке магистров по направлению подготовки **12.04.03 Фотоника и Оптоинформатика** направлено на приобретение следующих компетенций:

Код и наименование компетенции
УК-2. Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла
УК-4. Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия
ОПК-1. Способен представлять современную научную картину мира, выявлять естественно-научную сущность проблемы, формулировать задачи, определять пути их решения и оценивать эффективность выбора и методов правовой защиты результатов интеллектуальной деятельности с учетом специфики исследований и разработки приборов и систем, технологий производства оптических сред, материалов и устройств фотоники и оптоинформатики
ОПК-2.Способен организовывать проведение научного исследования и разработку новых оптических систем и технологий, представлять и аргументированно защищать полученные результаты интеллектуальной деятельности, связанные с методами и средствами оптических и фотонных исследований
ОПК-3. Способен приобретать и использовать новые знания в своей предметной области на основе информационных систем и технологий, предлагать новые идеи и подходы к решению инженерных задач
ПК-2. Способен ставить, формализовать и решать задачи, уметь системно анализировать научные проблемы, генерировать новые идеи и создавать новое знание;

Skoltech

ПК-3. Способен применять на практике умения и навыки в организации исследовательских и проектных работ, способен самостоятельно организовывать и проводить научные исследования и внедрять их результаты в качестве члена или руководителя малого коллектива.

7. Вид итоговой оценки

Зачет

8. Структура оценки

Вид деятельности	**Относительный вклад в итоговую оценку за курс, %**
Отчет о проделанной работе	25
Проект текста ВКР	75

9. Система оценивания

Для получения оценки “зачтено” студенты должны набрать минимум 40% из 100%.

зачтено 86% и выше	Оцениваемая работа выполнена с отменным качеством и свидетельствует об отличных знаниях, глубоком понимании предмета, глубоких всесторонних познаниях и умелом применении концепций и/или учебных материалов. Все результаты обучения соответствуют высокому уровню
зачтено 76% - 85%	Работа выполнена в соответствии с высокими стандартами и свидетельствует о наличии всесторонних познаний и хорошем понимании предмета, умении использовать соответствующие концепции, а также об умении решать проблемы, возникающие в ходе изучения предмета работы. Большая часть результатов обучения соответствует высокому уровню
зачтено 66% - 75%	Оцениваемая работа в целом выполнена на удовлетворительном уровне и свидетельствует об адекватных знаниях и достаточном понимании предмета, однако со значительными недостатками. Большая часть результатов обучения соответствует удовлетворительному уровню

зачтено 56% - 65%	Оцениваемая работа выполнена на слабом уровне и свидетельствует о крайне ограниченном понимании предмета, недостаточных знаниях и имеет существенные недостатки. Удовлетворительному уровню соответствует лишь малая часть результатов обучения.
зачтено 40% - 55%	Минимально допустимый уровень успеваемости. Оцениваемая работа выполнена на очень слабом уровне, имеет серьезные недостатки и свидетельствует о весьма низком уровне знаний, понимания и/или умений и знакомства с предметом. Удовлетворительному уровню соответствует лишь очень малая часть результатов обучения (или таких результатов нет вообще)
незачтено 0% - 39%	Оцениваемая работа неприемлема и свидетельствует о практическом отсутствии знаний и понимания предмета работы. Удовлетворительному уровню не соответствуют никакие результаты обучения

10. Самостоятельная работа

Самостоятельная работа по дисциплине включает:

1. Изучение литературы;
2. Подготовка отчета;
3. Подготовка проекта магистерской диссертации.

Трудоемкость самостоятельной работы - 212 часов.

Для самостоятельной работы студентам рекомендуется использовать следующие источники, размещенные в LMS Canvas:

https://lms.skoltech.ru/courses/2072/files/folder/4.%20Academic%20integrity?preview=28936 – Положение Об Академической Честности Студентов

https://lms.skoltech.ru/courses/2072/files/folder/4.%20Academic%20integrity?preview=28935 - Кодекс этики

https://lms.skoltech.ru/courses/2072/files/folder/4.%20Academic%20integrity/AI%20guidelines? - Принципы использования ИИ в образовании

Skoltech

https://lms.skoltech.ru/courses/2072/files/folder/2.%20MSc/MSc%20defense/MSc%20Thesis%20Manuscript%20Guidelines?preview=28948 – Проект диссертации – общие ресурсы

https://lms.skoltech.ru/courses/2072/files/folder/2.%20MSc/MSc%20defense/MSc%20Thesis%20Manuscript%20Guidelines?preview=28949 - Проект презентации на защиту

https://lms.skoltech.ru/courses/2072/files/folder/2.%20MSc/MSc%20defense/MSc%20Thesis%20Manuscript%20Guidelines?preview=28947 – Методические рекомендации по оформлению диссертации

Дополнительно методические указания по отдельным видам работ приведены в системе управления обучением “Canvas LMS”. Для доступа требуется персональный логин/пароль.

11. Фонд оценочных средств. Оценочные и методические материалы по дисциплине

Все задания для самостоятельной работы, включая методические рекомендации по подготовке отчета о проделанной работе находятся в системе управления обучением “Canvas LMS”. Для доступа требуется персональный логин/пароль.

Ниже приведены примеры каждого задания и методические рекомендации по его выполнению.

11.1. Подготовка текста магистерской диссертации

Проект магистерской диссертации должен быть подготовлен студентами под руководством научного руководителя.

11.1.1. Оценочные материалы

Проект магистерской диссертации должен быть написан на английском языке (за исключением титульного листа) и содержать: титульный лист на русском и английском языках, аннотацию (включающую 4-6 ключевых слов), введение, обзор литературы, методы и инструменты исследования, результаты, суждения, инновации, личный вклад, благодарность, сокращения, публикации., библиография, приложения.

11.1.2. Методические рекомендации к тексту ВКР

Skoltech

Критерии оценивания для текста ВКР следующие:

Группа/ Group	**Индикатор/ Indicator**	**Требования/ Requirements for excellent level of performance**
Содержание/ Content	Актуальность исследования/ Motivation of the Project	Тема исследования сформулирована точно, конкретно и лаконично. Постановка задачи исследования, область исследования в целом, предыстория, контекст и пробелы в существующих сегодня знаниях описаны корректно. Проблема актуальна для современной науки. The topic is presented accurately, concretely and concisely. The question or problem formulation is clearly articulated. General research area, background, context and gaps in the current knowledge are thoroughly described. The problem is relevant to contemporary science demands.
	Цель и задачи/ Aim and Objectives	Цель и задачи сформулированы ясно и лаконично. Цель отражает общий смысл исследования. Задачи определены таким образом, что их решение приведет к достижению поставленной цели. Ожидаемый результат исследования точно описан. The aim and objectives are clearly and concisely stated. The aim clearly articulates the overall purpose of the study. Objectives define specific and concrete tasks that need to be taken in order to reach the aim. The potential impact of the project is clearly expressed.
	Теория/Theory	Теории, подходы и концепции, использованные в проекте, подкрепляют проведенные исследования.

		The project is explicitly situated and supported in relevant research via clear reference to theories, approaches, and concepts.
	Методы/Methods	Все методы, использованные в проекте, описаны достаточно кратко и в то же время полно настолько, чтобы была возможность при необходимости проверить воспроизводимость результатов. Методы выбраны и применены в соответствии с целью и задачами проекта. Рассмотрены и описаны ограничения и точность применяемых методов. All methods used in the project are fully and concisely described. Methods are selected and applied appropriate to the aim and goals of the project. Limitations and accuracy of methods applied are considered and described.
	Результаты/ Results	Первичные и обработанные результаты исследования представлены в виде графиков, таблиц, рисунков и диаграмм. Графики и диаграммы сопровождаются описанием. Полученные результаты соответствуют цели и задачам проекта. Все результаты критически оценены. Primary and processed results of research are clearly expressed in the form of graphs, tables, pictures, and charts. Introduced graphs and charts are accompanied with explanations of their meaning. Collected results correspond to the project aim and goals. All results are critically evaluated.

	Обсуждение результатов/ Discussion	Проведен критический сравнительный анализ полученных результатов. Результаты обсуждены в критическом ключе в связи с постановкой вопроса или проблемы. Логические связи или рекомендации основаны на анализе и вносят вклад в общее описание подходов и концепций. Личный вклад автора в получение результатов ясно сформулирован. Ограничения исследований описаны полно. Critical comparative analysis presents what has been deduced from the findings. The results are critically discussed in relation to the question or problem formulation. Connections or recommendations are made via reflections that also contribute to the general perspective of approaches and concepts. Personal author's contribution in obtaining results is clearly articulated. Research limitations are clearly articulated.
	Научная новизна/ Scientific Novelty	В проекте ясно показано, чем полученные результаты отличаются от аналогичных исследований. The project clearly states how the obtained results stand out compared to similar studies.
	Практическая значимость и инновационность / Practical Application & Innovation	Проект предполагает практическое применение полученных результатов. Инновация включает новизну предлагаемого продукта/услуги/технологии или процесса, значение и значимость получаемого в результате бизнеса и/или воздействия на общество, конкурентного преимущества либо потенциала коммерциализации. The project suggests practical application of the results obtained. The innovation includes novelty of the proposed product/service/technology or process, meaningfulness and significance of the resulting business and/or social impact,

		competitive advantage, commercialization potential.
	Выводы/ Conclusions	Выводы обобщают основные результаты работы и соответствуют цели и задачам. Выводы не противоречат результатам и не преувеличивают их. Выводы показывают, как полученные результаты помогают достичь поставленной цели и решить задачи исследования. Раздел дает полный ответ на каждую поставленную задачу и предлагает всестороннее обоснование. Выводы поясняют значимость полученных результатов и их ограничения, объясняют вклад исследования в научную область, предлагает направления дальнейших исследований. Conclusions summarize the main results of the work and are consistent with the aim and objectives. Conclusions do not contradict and do not overstate the results. The Conclusions show how research results have addressed aims and objectives. The Section gives full answer for each research question and provide solid justification, explains the significance and limitations of results, explains the contribution the study makes, lays out questions for further research.
Текст/Text	Организация текста и структура документа/ Organization and Structure	Логичное и связное изложение идей; все обязательные разделы присутствуют в тексте, сбалансированы и вносят свой вклад в поддержку и усиление цели исследования. Logical and coherent presentation of ideas; all parts are present, balanced and contribute to strengthen the aim of research.

	Грамматика, орфография, пунктуация/ Grammar, spelling, punctuation	Использованы уместные и разнообразные грамматические конструкции и времена. Орфография и пунктуация используются правильно. Appropriate and diverse grammatical structures and tenses. Spelling and punctuation are used correctly.
	Лексика и терминология/ Vocabulary and Terminology	Последовательное использование подходящей разнообразной академической лексики; корректное использование терминологии. Consistent use of appropriate and diverse academic vocabulary; balanced use of terminology.
	Стиль / Style	Последовательное использование стилистических приемов, соответствующих научному стилю документа. Consistent use of stylistic devices appropriate for the particular style of writing.
	Цитирование и ссылки/ Citing and Referencing	Ссылки в документе использованы последовательно, их формат соответствует методическим рекомендациям. The use of references is consistent and their formatting matches the Guidelines.
	Форматирование/ Formatting	Формат текста соответствует правилам и требованиям методических рекомендаций. The text is formatted according to the rules and norms of the Guidelines.

11.2. Индивидуальный отчет о проделанной работе

Skoltech

Результатом "Научно-исследовательская работа. Учебная практика" является отчет о выполненной работе.

Необходимо предоставить отчет о проделанной работе в заданные сроки и загрузить на соответствующую страницу LMS Canvas.

11.2.1.Оценочные материалы

Отчет включает в себя:

1) Имя студента;

2) Имя научного руководителя и его/ее должность;

3) Название проекта на русском и английском языках;

4) Описание проекта;

5) Соответствие личных профессиональных целей студента содержанию проекта;

6) Достигнутые результаты;

7) Проблемы, возникшие в ходе работы над проектом, и пути их преодоления.

8) Общие выводы;

9) Описание формата отчета, который студент предоставляет руководителю.

Перечень возможных вопросов от научного руководителя по проделанной работе:

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Написание магистерской диссертации - это проект. Как называется документ, который помогает понять, какие ресурсы понадобятся для выполнения задач, в каком объёме, когда и как долго они будут нужны?

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Skoltech

Написание магистерской диссертации - это проект. Перечислите 2 любые группы ресурсов проекта.

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Написание магистерской диссертации - это проект. Назовите три характеристики любого проекта согласно PMBoK.

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и заполните пропуск.

AIMRaD (article structure) stands for:

A - Abstract
I - Introduction
M - Materials and methods
R - Results
D - _____

Напишите правильный ответ (на английском языке):

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Please write FOUR sections of problem-solution essay structure.

Напишите правильный ответ (4 секции на английском языке через запятую):

Skoltech

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

Исследователь получил потенциально патентоспособный результат, который планируется включить в магистерскую диссертацию. Какое обстоятельство наиболее существенно при выборе между публикацией результата и его предварительной правовой защитой?

А) Степень математической сложности полученного результата;

Б) Наличие у результата теоретической модели;

В) Количество экспериментальных графиков в диссертации;

Г) Возможность утраты новизны вследствие публичного раскрытия технического решения.

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Б):

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

При анализе существующих фотонных устройств исследователь устанавливает, какие характеристики и конструктивные признаки уже известны, а какие могут составлять отличие предлагаемого решения. Как называется совокупность ранее известных технических решений, используемая для оценки новизны и уровня разработанного устройства?

Напишите правильный ответ:

Skoltech

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

Известная теория хорошо объясняет эксперимент в диапазоне параметров A, но новая работа обнаруживает систематическое отклонение в диапазоне B. Какой результат будет научно сильнее?

А) Новая эмпирическая аппроксимация данных диапазона B;

Б) Установление дополнительного физического механизма и количественное определение границы перехода между областями применимости двух описаний;

В) Более точное измерение одной точки в диапазоне A;

Г) Расширение литературного обзора существующей теории.

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Б):

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

Исследователь обнаружил, что существующие модели не описывают наблюдаемое в эксперименте поведение фотонного устройства. Какое действие наиболее соответствует компетенции по приобретению новых знаний?

А) Ограничить эксперимент диапазоном, где модель работает;

Б) Выбрать другую модель без анализа причины расхождения;

В) Заменить экспериментальные данные расчетными;

Г) Найти публикации, описывающие аналогичный эффект, определить отсутствующий физический механизм и оценить возможность расширения существующей модели.

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Б):

Skoltech

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

В исследовании одновременно варьируются температура, мощность, геометрический параметр и концентрация носителей. Студент изменяет каждый фактор отдельно, фиксируя остальные на номинальных значениях. Какое существенное ограничение имеет такой подход?

А) Он не позволяет обнаружить взаимодействия между факторами;

Б) Он обязательно требует больше измерений, чем любой другой метод;

В) Он не позволяет определить влияние каждого фактора отдельно;

Г) Он применим только к линейным системам.

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Б):

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

Модель машинного обучения обучена на большом количестве результатов численного моделирования фотонного устройства, но существенно хуже работает на экспериментальных данных. Какое объяснение наиболее вероятно?

А) Статистическое распределение расчетных данных отличается от реальных данных из-за технологического разброса, шумов и неполноты физической модели;

Б) Число расчетных примеров слишком велико;

В) Экспериментальные данные нельзя использовать совместно с моделированием;

Г) Машинное обучение применимо только к изображениям.

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Б):

Skoltech

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

Студент ищет работы по редкому физическому эффекту. Ключевые слова в современной литературе существенно отличаются от терминологии ранних публикаций, поэтому обычный поиск плохо находит исторически важные работы. Какой подход наиболее эффективен?

А) Искать только публикации за последние пять лет;

Б) Исследовать сеть цитирования найденных ключевых статей в обоих направлениях — к их источникам и к последующим цитирующим работам;

В) Использовать только точное совпадение современного названия эффекта;

Г) Ограничиться обзорной статьей с максимальным числом цитирований.

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Б):

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

При измерении оптического сигнала дисперсия шума существенно возрастает вместе со средним уровнем сигнала. Студент аппроксимирует все экспериментальные точки методом наименьших квадратов с одинаковым весом. В чем основной недостаток такого подхода?

А) Точки с различной неопределенностью оказывают на оценку параметров модели одинаковое влияние;

Б) Метод наименьших квадратов применим только при линейной зависимости;

В) Рост дисперсии автоматически означает наличие нелинейного физического эффекта;

Г) Необходимо исключить точки с максимальным значением сигнала.

Skoltech

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Б):

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

С одного фотонного устройства студент снял 200 спектров и рассматривает их как 200 независимых экспериментальных образцов при статистическом сравнении двух конструкций. Какую методологическую ошибку он допускает?

Напишите правильный ответ :

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

Часть измеряемых значений концентрации или мощности оказывается ниже предела обнаружения прибора. В таблицу такие значения занесены как нули, после чего рассчитано среднее значение всей выборки. Какой подход наиболее корректен?

А) Рассматривать такие результаты как данные, ограниченные пределом обнаружения, и использовать метод анализа, учитывающий цензурирование;

Б) Заменить все значения половиной предела обнаружения независимо от распределения данных;

В) Исключить все такие измерения из выборки;

Г) Считать их истинными нулевыми значениями, поскольку прибор не зарегистрировал сигнал.

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Б):

Skoltech

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

В ходе длительной экспериментальной кампании характеристики стабильного контрольного образца медленно изменяются. Значения пока остаются внутри допустимого диапазона, но формируют отчетливый однонаправленный тренд. Как должен действовать исследователь?

А) Продолжать измерения до выхода контрольного значения за установленный допуск;

Б) Вычитать обнаруженный тренд из всех экспериментальных данных без дополнительного анализа;

В) Рассматривать устойчивый тренд как ранний признак изменения измерительного процесса и исследовать его причину до получения значительного смещения результатов;

Г) Расширить допустимый диапазон контрольного образца на величину наблюдаемого дрейфа.

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Б):

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

Ключевая экспериментальная методика выполняется только одним членом исследовательской группы. Через месяц он должен покинуть проект, а серия измерений продолжится еще полгода. Какое действие наиболее эффективно снижает исследовательский риск?

А) Сохранить итоговые графики ранее проведенных измерений;

Б) Формализовать методику, провести обучение второго исследователя и сравнить результаты обоих операторов до ухода первого;

В) Передать второму исследователю лабораторный журнал после завершения работы первого;

Г) Использовать результаты первого исследователя как эталон и не повторять процедуру другим оператором.

Skoltech

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Б):

11.2.2. Методические рекомендации

Критерии оценивания отчета следующие:

1. Общая цель и задачи проекта ясны и четко определены.

2. Выявлены проблемы, возникшие в ходе работы (организационные, связанные с исследованиями и т.д.), и предложены соответствующие решения.

3. Все результаты описаны и обсуждены корректно.

4. Выводы отражают цель и задачи проекта.

5. Материалы научного отчета, предоставленные научному руководителю, представлены в формате LMS (Canvas) в полном объеме.

6. Студент четко и полно отвечает на вопросы научного руководителя по проделанной работе.

Вес каждого критерия 20% от оценки. Если критерий выполнен, то студент получает максимальный балл (20), если критерий не выполнен, то студент получает минимальный балл (0).

Автономная некоммерческая образовательная организация высшего образования «Сколковский институт науки и технологий»

Утверждено

Директор образовательной программы

Дорожкин П.С.

Идентификатор документа, задачи / ID: 479406 v.1, 450401

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ПРОСТОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ /
The document is signed with a simple electronic signature

Директор образовательной программы / The Director of the program
Дорожкин Павел Сергеевич / Dorozhkin Pavel Sergeevich

Дата подписания / Date of signing 22.09.2026

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

“Научно-исследовательский семинар по ВКР”

Направление подготовки 12.04.03 Фотоника и Оптоинформатика

Квалификация “магистр”

Москва 2026

Skoltech

Название курса

Научно-исследовательский семинар по ВКР

1. Аннотация

Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО: относится к Модулю 4. "Научно-исследовательская работа и Выпускная квалификационная работа", обязательная часть. Четверть 5, 6 и 8, второй год обучения.

Язык дисциплины (модуля): английский.

Ведущий преподаватель: Шипулин Аркадий Владимирович, Горин Дмитрий Александрович

Научно-исследовательский семинар по ВКР - это обязательный учебный элемент, который состоит из трех основных частей: 1) План научно-исследовательской работы, 2) Научно-исследовательский семинар по ВКР. Предварительная предзащита, 3) Научно-исследовательский семинар по ВКР. Предзащита.

План научно-исследовательской работы - это первый элемент, который должен пройти каждый магистр второго года обучения в 5 учебной четверти. Целью подготовки «Плана научно-исследовательской работы» является формирование и разработка студентом основной концепции научного исследования, плана и сроков его реализации в течение второго года обучения.

Научно-исследовательский семинар по ВКР. Предварительная предзащита - это второй элемент, который должен пройти каждый магистр второго года обучения в 6 учебной четверти. Целью “Предварительной предзащиты" является представление студентами промежуточных результатов реализации плана научного исследования и доклад о полученных результатах исследования.

Научно-исследовательский семинар по ВКР. Предзащита. - это третий элемент, который должен пройти каждый магистр второго года обучения в 8 учебной четверти. Целью предзащиты является представление студентами окончательных результатов реализации плана научного исследования в виде доклада и текста магистерской диссертации.

2. Материально-техническое обеспечение

Семинарская часть занятий проходит в учебной аудитории.

Аудитория на 20 человек для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ),

групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации:

- специализированная мебель: парты, стол преподавателя, 2 персональных компьютера;

- технические средства обучения: моторизированный проекционный экран, проектор на потолочном кронштейне, микрофоны беспроводной радиосистемы, камера, сетевая камера, потолочные громкоговорители, интерактивные ЖК-панели.

Практическая часть проходит в:

1) *Лаборатории Биофотоники (БТИ 4)* с демонстрацией / использованием оборудования:

- Двухрежимный микропланшетный ридер Infinite M Nano+
- Система проточной цитометрии CytoFLEX B5-R3-V5
- Система визуализации Operetta High Content Imaging
- Система визуализации IVIS Spectrum CT In Vivo
- Оптоакустическая мезоскопия растрового сканирования RSOM Explorer P50

2) *Лаборатории Биофотоники (БТИ 50)* с демонстрацией / использованием оборудования:

- Установка для безмасковой литографии Heidelberg uPG101
- Спинкоатер (установка нанесения фоторезиста) и плита для термообработки
- Химическая шкаф для работы с кислотами и химикатами
- Ультразвуковая мойка УВ-30
- Система магнетронного распыления AJA
- Профилометр KLA-Tencor 500
- Стереоскопический микроскоп МСП-ТМ
- Сканирующий электронный микроскоп Jeol JCM-7000
- Реактивное ионное травление

3) *Лаборатории Наноматериалов (БТИ 23), (БТИ 24)* с демонстрацией / использованием оборудования:

- Диодный лазер накачки на 980 нм и драйвер к нему
- Волоконные компоненты – сплиттеры, WDM, изоляторы, активное эрбиевое волокно и др
- Фотоприемник
- Осциллограф с полосой 1 ГГц
- Оптический анализатор спектра
- Автокоррелятор
- Лазеры HeNe lasers (Thorlabs model HNL 100LB, USA)
- Импульсный диодный лазер (PicoQuant model PDL-800-D, GmbH)
- Вращающаяся платформа и контроллер (Thorlabs model PRM1/MZ8, USA)
- Пьезоэлектрическая трансляционная платформа (Piezomechanik Dr L Pickelmann GmbH- model SRV150/1)
- Цифровые осциллографы (Keysight infiniiVision model DSOX3054T, USA, UNI-T China, model UTD2102C)
- Фотодиод большой площади Thorlabs (Thorlabs USA, model DET36A2)
- Камера CCD (Thorlabs USA, model WFS31-7AR)
- Оптический измеритель мощности (Thorlabs USA model PM100A))
- Лавинный фотодиод (IDQ Switzerland, model id100)
- TCSPC аппаратное обеспечение (Becker & Hickl, GmbH model SPC160)
- TCSPC программное обеспечение
- Спектрометр с оптоволоконной связью (Ocean Optics, USA, model SR2)

Для самостоятельной работы студенты могут использовать рабочее пространство библиотеки.

3. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия

Студент должен успешно освоить следующие дисциплины: Производственная практика, Научно-исследовательская работа. Учебная практика.

4. Трудоёмкость

9 з.е. (1 з.е. это 27 астрономических часов)

5. Содержание курса

Л – лекции в часах
П – практики в часах

Skoltech

С – семинары в часах

Тема	Содержание	Л	П	С
План научно-исследовательской работы	План научно-исследовательской работы включает в себя: 1)Рабочее название 2)Описание предпосылок и набора проблем 3) Описание цели и определений дипломного проекта; краткое изложение конкретных целей, с помощью которых работа направлена на достижение поставленных целей 4) Предварительный обзор литературы/поиск информации 5) Проект плана работы 6) Список литературы		10	21
Научно-исследовательский семинар по ВКР. Предварительная предзащита	1.1. Отчет о состоянии работы, представленный в LMS (Canvas) 1.2. Презентация должна включать в себя: 1) Полное имя студента и образовательную программу; 2) Название 3) Описание общей проблемы / Введение / предысторию 3) Цель и задачи, поставленные перед проектом 4) Методы 5) План следующих шагов 8) Выводы		10	21
Научно-исследовательский семинар по ВКР. Предзащита	1.1. Черновик магистерской диссертации 1.2. Презентация 1.2.1) Название 1.2.2) Общая проблема, введение и справочная информация 1.2.3) Цель и задачи 1.2.4) Методы 1.2.5) Результаты и анализ 1.2.6) Научная новизна 1.2.7) Инновационная составляющая 1.2.8) Выводы 1.2.9) Практические результаты		10	21

	1.2.10) Перспективы исследований			
Всего контактных часов:		**93 часа**		
Самостоятельная работа:		**150 часов**		
Промежуточная аттестация:		**-**		
Общее кол-во часов:		**243 часа**		

6. Требования к результатам освоения дисциплины

Изучение дисциплины "**Научно-исследовательский семинар по ВКР"** при подготовке магистров по направлению подготовки **12.04.03 Фотоника и Оптоинформатика** направлено на приобретение следующих компетенций:

Код и наименование компетенции
УК-2. Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла
УК-4. Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия
ОПК-1. Способен представлять современную научную картину мира, выявлять естественно-научную сущность проблемы, формулировать задачи, определять пути их решения и оценивать эффективность выбора и методов правовой защиты результатов интеллектуальной деятельности с учетом специфики исследований и разработки приборов и систем, технологий производства оптических сред, материалов и устройств фотоники и оптоинформатики
ОПК-2.Способен организовывать проведение научного исследования и разработку новых оптических систем и технологий, представлять и аргументированно защищать полученные результаты интеллектуальной деятельности, связанные с методами и средствами оптических и фотонных исследований
ОПК-3. Способен приобретать и использовать новые знания в своей предметной области на основе информационных систем и технологий, предлагать новые идеи и подходы к решению инженерных задач
ПК-1. Способен самостоятельно и (или) в составе исследовательской группы разрабатывать, исследовать и применять математические модели для качественного и количественного описания явлений и процессов и (или) разработки новых технических средств;
ПК-2. Способен ставить, формализовать и решать задачи, уметь системно анализировать научные проблемы, генерировать новые идеи и создавать новое знание;

Skoltech

ПК-3. Способен применять на практике умения и навыки в организации исследовательских и проектных работ, способен самостоятельно организовывать и проводить научные исследования и внедрять их результаты в качестве члена или руководителя малого коллектива.

7. Вид итоговой оценки

Зачет

8. Структура оценки

Вид деятельности	**Относительный вклад в итоговую оценку за курс, %**
План научно-исследовательской работы	25
Презентация для предварительной предзащиты	25
Черновик научно-исследовательской работы + Презентация для предзащиты	50

9. Система оценивания

Для получения оценки “зачтено” за “Научно-исследовательский семинар по ВКР” студенты должны набрать минимум 40% из 100% по результатам выполнения трех элементов, перечисленных в п.8. При этом, каждый элемент из п.8. дополнительно оценивается в формате:

1) План научно-исследовательской работы - Зачет;

2) Научно-исследовательский семинар по ВКР. Предварительная предзащита - Зачет с оценкой;

3) Научно-исследовательский семинар по ВКР. Предзащита - Зачет.

Шкала оценивания “Научно-исследовательский семинар по ВКР” выглядит следующим образом:

зачтено 86% и выше	Оцениваемая работа выполнена с отменным качеством и свидетельствует об отличных знаниях, глубоком понимании предмета, глубоких всесторонних познаниях и умелом применении

	концепций и/или учебных материалов. Все результаты обучения соответствуют высокому уровню
зачтено 76% - 85%	Работа выполнена в соответствии с высокими стандартами и свидетельствует о наличии всесторонних познаний и хорошем понимании предмета, умении использовать соответствующие концепции, а также об умении решать проблемы, возникающие в ходе изучения предмета работы. Большая часть результатов обучения соответствует высокому уровню
зачтено 66% - 75%	Оцениваемая работа в целом выполнена на удовлетворительном уровне и свидетельствует об адекватных знаниях и достаточном понимании предмета, однако со значительными недостатками. Большая часть результатов обучения соответствует удовлетворительному уровню
зачтено 56% - 65%	Оцениваемая работа выполнена на слабом уровне и свидетельствует о крайне ограниченном понимании предмета, недостаточных знаниях и имеет существенные недостатки. Удовлетворительному уровню соответствует лишь малая часть результатов обучения.
зачтено 40% - 55%	Минимально допустимый уровень успеваемости. Оцениваемая работа выполнена на очень слабом уровне, имеет серьезные недостатки и свидетельствует о весьма низком уровне знаний, понимания и/или умений и знакомства с предметом. Удовлетворительному уровню соответствует лишь очень малая часть результатов обучения (или таких результатов нет вообще)
незачтено 0% - 39%	Оцениваемая работа неприемлема и свидетельствует о практическом отсутствии знаний и понимания предмета работы.

	Удовлетворительному уровню не соответствуют никакие результаты обучения

10. Самостоятельная работа

Самостоятельная работа по дисциплине включает:

1. Изучение литературы;
2. Подготовка презентации для предварительной предзащиты;
3. Подготовка презентации для предзащиты;
4. Написание текста научно-исследовательской работы.

Трудоемкость самостоятельной работы - 150 часов.

Для самостоятельной работы студентам рекомендуется использовать следующие источники, размещенные в LMS Canvas:

https://lms.skoltech.ru/courses/2072/files/folder/4.%20Academic%20integrity?preview=28936 – Положение Об Академической Честности Студентов

https://lms.skoltech.ru/courses/2072/files/folder/4.%20Academic%20integrity?preview=28935 - Кодекс этики

https://lms.skoltech.ru/courses/2072/files/folder/4.%20Academic%20integrity/AI%20guidelines? - Принципы использования ИИ в образовании

https://lms.skoltech.ru/courses/2072/files/folder/2.%20MSc/MSc%20defense/MSc%20Thesis%20Manuscript%20Guidelines?preview=28948 – Проект диссертации – общие ресурсы

https://lms.skoltech.ru/courses/2072/files/folder/2.%20MSc/MSc%20defense/MSc%20Thesis%20Manuscript%20Guidelines?preview=28949 - Проект презентации на защиту

https://lms.skoltech.ru/courses/2072/files/folder/2.%20MSc/MSc%20defense/MSc%20Thesis%20Manuscript%20Guidelines?preview=28947 – Методические рекомендации по оформлению диссертации

Дополнительно методические указания по отдельным видам работ приведены в системе управления обучением “Canvas LMS”. Для доступа требуется персональный логин/пароль.

Skoltech

11. Фонд оценочных средств. Оценочные и методические материалы по дисциплине

Все задания для самостоятельной работы находятся в системе управления обучением “Canvas LMS”. Для доступа требуется персональный логин/пароль.

Ниже приведены примеры каждого задания и методические рекомендации по его выполнению.

11.1. План научно-исследовательской работы

11.1.1.Оценочные материалы

План научно-исследовательской работы должен состоять из следующих элементов:

1) Рабочее название;

2) Описание предпосылок и набора проблем;

3) Описание цели и определений дипломного проекта; краткое изложение конкретных целей, с помощью которых работа направлена на достижение поставленных целей;

4) Предварительный обзор литературы/поиск информации;

5) Проект плана работы ;

6) Список литературы.

11.1.2. Методические рекомендации

План научно-исследовательской работы оценивается как зачет/незачет. Вес данного элемента от общей оценки - 25% или, иными словами, 25 баллов.

Для получения зачета “Плану научно-исследовательской работы” студент должен набрать минимум 10 баллов, т.е. 40% от 25 баллов.

зачтено 86% и выше	Оцениваемая работа выполнена с отменным качеством и свидетельствует об отличных знаниях, глубоком понимании предмета, глубоких всесторонних познаниях и умелом применении концепций и/или учебных материалов. Все

	результаты обучения соответствуют высокому уровню
зачтено 76% - 85%	Работа выполнена в соответствии с высокими стандартами и свидетельствует о наличии всесторонних познаний и хорошем понимании предмета, умении использовать соответствующие концепции, а также об умении решать проблемы, возникающие в ходе изучения предмета работы. Большая часть результатов обучения соответствует высокому уровню
зачтено 66% - 75%	Оцениваемая работа в целом выполнена на удовлетворительном уровне и свидетельствует об адекватных знаниях и достаточном понимании предмета, однако со значительными недостатками. Большая часть результатов обучения соответствует удовлетворительному уровню
зачтено 56% - 65%	Оцениваемая работа выполнена на слабом уровне и свидетельствует о крайне ограниченном понимании предмета, недостаточных знаниях и имеет существенные недостатки. Удовлетворительному уровню соответствует лишь малая часть результатов обучения.
зачтено 40% - 55%	Минимально допустимый уровень успеваемости. Оцениваемая работа выполнена на очень слабом уровне, имеет серьезные недостатки и свидетельствует о весьма низком уровне знаний, понимания и/или умений и знакомства с предметом. Удовлетворительному уровню соответствует лишь очень малая часть результатов обучения (или таких результатов нет вообще)
незачтено 0% - 39%	Оцениваемая работа неприемлема и свидетельствует о практическом отсутствии знаний и понимания предмета работы.

	Удовлетворительному уровню не соответствуют никакие результаты обучения

11.2. Презентация для предварительной предзащиты

11.2.1.Оценочные материалы

Данная презентация должна состоять из следующих элементов:

1) Полное имя студента и образовательная программа;

2) Название;

3) Описание общей проблемы / Введение / Справочная информация;

3) Цель и задачи;

4) Методы;

5) План следующих шагов;

8) Выводы.

11.2.2. Методические рекомендации

Презентация для предварительной предзащиты оценивается как зачет с оценкой. Вес данного элемента от общей оценки - 25% или, иными словами, 25 баллов.

Максимальный балл, который студент может получить за данный элемент, 25 баллов. Студент получает максимальный балл при соответствии презентации всем критериям.
Минимальный балл, который студент может получить за данный элемент, 0 баллов.

Оценка выставляется по шкале:

A, отлично (24-25 баллов из 25 возможных)	Оцениваемая работа выполнена с отменным качеством и свидетельствует об отличных знаниях, глубоком понимании предмета, глубоких всесторонних познаниях и умелом применении концепций и/или учебных материалов. Все

	результаты обучения соответствуют высокому уровню
B, хорошо (20-23 баллов из 25 возможных)	Работа выполнена в соответствии с высокими стандартами и свидетельствует о наличии всесторонних познаний и хорошем понимании предмета, умении использовать соответствующие концепции, а также об умении решать проблемы, возникающие в ходе изучения предмета работы. Большая часть результатов обучения соответствует высокому уровню
C, удовлетворительно (17-19 баллов из 25 возможных)	Оцениваемая работа в целом выполнена на удовлетворительном уровне и свидетельствует об адекватных знаниях и достаточном понимании предмета, однако со значительными недостатками. Большая часть результатов обучения соответствует удовлетворительному уровню
D, посредственно (14-16 баллов из 25 возможных)	Оцениваемая работа выполнена на слабом уровне и свидетельствует о крайне ограниченном понимании предмета, недостаточных знаниях и имеет существенные недостатки. Удовлетворительному уровню соответствует лишь малая часть результатов обучения.
E, крайне посредственно (10-13 баллов из 25 возможных)	Минимально допустимый уровень успеваемости. Оцениваемая работа выполнена на очень слабом уровне, имеет серьезные недостатки и свидетельствует о весьма низком уровне знаний, понимания и/или умений и знакомства с предметом. Удовлетворительному уровню соответствует лишь очень малая часть результатов обучения (или таких результатов нет вообще)
F, неудовлетворительно (0-9 баллов из 25 возможных)	Оцениваемая работа неприемлема и свидетельствует о практическом отсутствии знаний и понимания предмета работы.

	Удовлетворительному уровню не соответствуют никакие результаты обучения

Критерии оценивания презентации следующие:

1. Обзор литературы содержит критическую оценку существующих взглядов и мнений в области исследования и завершается формулировкой проблемы исследования.

2. Проблема исследования четко сформулирована и соответствует требованиям современной науки.

3. Цель и задачи ясны и четко определены. План проекта согласован и соответствует поставленной цели.

4. Техники и методы выбраны и применяются правильно. Рассмотрены и описаны ограничения и точность применяемых методов.

5. Студент демонстрирует уровень владения английским языком, достаточный для профессионального общения.

11.3. Черновик научно-исследовательской работы + Презентация для предзащиты

Ожидается, что в рамках учебного элемента “Научно-исследовательский семинар по ВКР. Предзащита” каждый студент представит текст своей научно-исследовательской работы, а также выступит с презентацией.

11.3.1.Оценочные материалы

Оценочные материалы по научно-исследовательской работе представлены в документе “Методические рекомендации по оформлению магистерской диссертации” по ссылке - stamp_MSc-thesis-guidelines-18.01.2022.pdf (skoltech.ru)

Презентация для предзащиты должна состоять из следующих элементов:

1) Полное имя студента и образовательная программа;

2) Название;

3) Описание общей проблемы / Введение / Справочная информация;

3) Цель и задачи;

Skoltech

4) Методы;

5) План следующих шагов;

8) Выводы.

После презентации на предзащите студенту будут заданы вопросы по его научно-исследовательской работе в том числе могут быть заданы подобные вопросы:

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Дайте определение термину WBS (Work Breakdown Structure) / ИСР (иерархическая структура работ) из проектного менеджмента.

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Дайте определение термину CPM (critical path method) / Метод критического пути из проектного менеджмента.

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

PMBok выделяет три метода коммуникации, которые используются для передачи информации среди стейкхолдеров проекта. Какие это три метода?

Напишите правильный ответ (три метода):

Skoltech

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

В чем основная разница между двумя подходами в коммуникации: Pull-коммуникация и Push-коммуникация?

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

Студент обнаружил, что предложенная им конструкция фотонного устройства потенциально обладает признаками изобретения. Какой порядок действий наиболее корректен до публикации результатов?

А) Опубликовать статью, а затем оценить возможность патентования;

Б) Провести анализ уровня техники и патентный поиск, определить потенциально охраноспособные признаки и только затем выбрать стратегию раскрытия результатов;

В) Сразу подать заявку на патент без анализа существующих решений;

Г) Отказаться от публикации результатов до завершения всех экспериментов.

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Б):

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

Исследователь планирует разработать фотонный интегральный модуль, устойчивый к температурному дрейфу. Какое из утверждений наиболее корректно отражает естественно-научную постановку проблемы?

А) Необходимо разработать более компактную конструкцию модуля;

Skoltech

Б) Необходимо определить физические механизмы температурного изменения оптических характеристик и установить их влияние на требуемые параметры системы;

В) Необходимо увеличить количество элементов на чипе;

Г) Необходимо разработать новую топологию без изменения физических принципов работы.

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Б):

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

Студент утверждает, что разработанный фотонный компонент превосходит известные аналоги. Какие данные наиболее убедительно подтверждают это утверждение?

А) Фотография изготовленного устройства и описание принципа работы;

Б) Один экспериментальный график с максимальным достигнутым значением параметра;

В) Сопоставление ключевых характеристик с релевантными аналогами при сопоставимых условиях измерения с указанием неопределенности результатов;

Г) Теоретический расчет без экспериментальной проверки.

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Б):

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

В ходе исследования фотонной интегральной схемы получены хорошие результаты на одном чипе. Для обоснованного вывода о работоспособности разработанного подхода исследователь хочет увеличить число образцов. Какой эффект при этом наиболее важно оценить?

А) Только среднее значение измеряемого параметра;

Б) Межобразцовый разброс характеристик, обусловленный технологическими вариациями;

В) Только максимальное достигнутое значение параметра;

Г) Только время измерения одного образца.

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Б):

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

Студент обнаружил несколько публикаций с существенно различающимися значениями потерь в одинаковом типе фотонной интегральной схемы. Какой подход наиболее корректен?

А) Выбрать статью с наилучшим результатом;
Б) Усреднить значения всех публикаций;
В) Сравнить технологическую платформу, геометрию, длину волны, методику измерения и условия эксперимента, после чего определить причины расхождения;
Г) Считать наиболее новой публикацию наиболее достоверной.

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Б):

Прочитайте задание и выберите все правильные ответы.

Какие источники наиболее целесообразно использовать при поиске современного уровня техники перед началом исследования нового фотонного устройства?

А) Научные статьи;

Б) Патентные базы;.

В) Материалы конференций и препринты;

Г) Документация производителей релевантных компонентов;

Д) Только учебники.

Skoltech

Перечислите все правильные варианты ответов в формате заглавных букв через запятую и пробел (например, А, Б).

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Как называется научная практика, при которой исследователь предоставляет достаточно информации о методике, параметрах и условиях эксперимента, чтобы другой исследователь мог независимо получить сопоставимый результат?

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

Модель фотонного устройства хорошо воспроизводит экспериментальную характеристику в рабочем диапазоне, но существенно расходится с экспериментом за его пределами. Какой вывод наиболее корректен?

А) Модель является полностью неверной;

Б) Модель обязательно является корректной во всем диапазоне, поскольку воспроизводит рабочую область;

В) Необходимо определить область применимости модели и установить, какие физические эффекты были исключены из модели за пределами рабочего диапазона;

Г) Экспериментальные данные следует исключить из анализа.

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Б):

Skoltech

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

При построении модели оптического устройства студент может учитывать большое количество физических эффектов. Какой принцип наиболее корректен при выборе сложности модели?

А) Чем больше физических эффектов включено, тем лучше модель;

Б) Следует включать только те механизмы, вклад которых существенен для исследуемого режима и поставленного вопроса;

В) Следует использовать только аналитические модели;

Г) Следует всегда использовать максимально полную численную модель.

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Б):

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

При сравнении расчетной и экспериментальной спектральных характеристик исследователь хочет количественно оценить среднее отклонение модели от эксперимента. Как называется класс методов, используемых для количественной оценки такого расхождения?

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

Исследователь обнаружил, что опубликованные работы демонстрируют противоречивые результаты по температурной стабильности одного типа фотонного устройства. Какое действие наиболее соответствует постановке новой научной задачи?

Skoltech

А) Выбрать наиболее убедительную публикацию и воспроизвести ее результат;

Б) Сформулировать гипотезу о физической причине расхождения и определить экспериментальные параметры, позволяющие ее проверить;

В) Усреднить опубликованные результаты;

Г) Исключить противоречивые публикации из литературного обзора.

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Б):

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

Какой результат исследования наиболее обоснованно можно считать новым научным знанием?

А) Получение экспериментальной кривой, аналогичной опубликованной ранее;

Б) Повторение известного результата на другом измерительном стенде без анализа отличий;

В) Установление ранее не описанной закономерности между параметрами системы с экспериментальным подтверждением и объяснением физического механизма;

Г) Улучшение оформления известной математической модели.

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Б):

Skoltech

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

В экспериментальной части ВКР участвуют три человека: один отвечает за изготовление образцов, второй — за измерения, третий — за моделирование. В процессе работы обнаруживается расхождение между экспериментом и расчетом. Какое действие руководителя проекта наиболее эффективно?

А) Поручить одному участнику самостоятельно исправить все результаты;

Б) Организовать совместный анализ параметров образца, методики измерения и допущений модели, распределив задачи по выявлению возможных причин расхождения;

В) Выбрать экспериментальные данные как заведомо более достоверные;

Г) Продолжить работу без изменения плана исследования.

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Б):

Прочитайте задание и укажите правильную последовательность этапов.

Расположите этапы подготовки экспериментальной части ВКР:

А) Проведение серии измерений;

Б) Определение требуемой точности и повторности измерений;

В) Выбор измерительной методики;

Г) Формулировка экспериментального вопроса;

Д) Анализ неопределенности и воспроизводимости результатов.

Запишите соответствующую последовательность заглавных букв без пробелов и запятых в формате (АБВГД):

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Как называется документ, в котором до начала эксперимента фиксируются последовательность операций, исследуемые параметры, диапазоны их изменения и критерии получения значимого результата, а входе эксперимента - фиксируются все промежуточные результаты?

Напишите правильный ответ:

11.3.2. Методические рекомендации

План научно-исследовательской работы оценивается как зачет/незачет. Вес данного элемента от общей оценки - 25% или, иными словами, 25 баллов.

Для получения зачета “Плану научно-исследовательской работы” студент должен набрать минимум 10 баллов, т.е. 40% от 25 баллов.

зачтено 86% и выше	Оцениваемая работа выполнена с отменным качеством и свидетельствует об отличных знаниях, глубоком понимании предмета, глубоких всесторонних познаниях и умелом применении концепций и/или учебных материалов. Все результаты обучения соответствуют высокому уровню
зачтено 76% - 85%	Работа выполнена в соответствии с высокими стандартами и свидетельствует о наличии всесторонних познаний и хорошем понимании предмета, умении использовать соответствующие

	концепции, а также об умении решать проблемы, возникающие в ходе изучения предмета работы. Большая часть результатов обучения соответствует высокому уровню
зачтено 66% - 75%	Оцениваемая работа в целом выполнена на удовлетворительном уровне и свидетельствует об адекватных знаниях и достаточном понимании предмета, однако со значительными недостатками. Большая часть результатов обучения соответствует удовлетворительному уровню
зачтено 56% - 65%	Оцениваемая работа выполнена на слабом уровне и свидетельствует о крайне ограниченном понимании предмета, недостаточных знаниях и имеет существенные недостатки. Удовлетворительному уровню соответствует лишь малая часть результатов обучения.
зачтено 40% - 55%	Минимально допустимый уровень успеваемости. Оцениваемая работа выполнена на очень слабом уровне, имеет серьезные недостатки и свидетельствует о весьма низком уровне знаний, понимания и/или умений и знакомства с предметом. Удовлетворительному уровню соответствует лишь очень малая часть результатов обучения (или таких результатов нет вообще)
незачтено 0% - 39%	Оцениваемая работа неприемлема и свидетельствует о практическом отсутствии знаний и понимания предмета работы. Удовлетворительному уровню не соответствуют никакие результаты обучения

Критерии оценивания предварительной защиты:

Skoltech

1. Исследовательская задача: проблема соответствует требованиям современной науки; цель и поручения ясны и четко сформулированы; план проекта согласован и соответствует поставленной цели

2.Методы исследования: методы выбраны и применяются правильно; были рассмотрены и описаны ограничения и точность применяемых методов.

3. Сбор и анализ данных: все собранные результаты соответствуют целям и задачам проекта; все результаты правильно записаны и описаны; все результаты критически оценены.

4.Выводы и рекомендации: выводы отражают цель проекта и все задачи; выводы верны, не противоречат и не завышают результаты

5. Практическое применение и инновации: проект предполагает практическое применение полученных результатов; инновация включает в себя новизну предлагаемого продукта/услуги/технологии или процесса, осмысленность и значимость получаемого в результате воздействия на бизнес и/или социальную сферу, конкурентное преимущество, потенциал коммерциализации.

6. Рукопись: письменный текст содержит логичное и последовательное изложение идей; все части сбалансированы и способствуют достижению цели исследования; соответствующие и разнообразные грамматические структуры и академическая лексика; рукопись последовательно следует выбранному стилю цитирования и ссылок.

7. Устная презентация и защита: слайды организованы идеально; вся информация на слайдах верна, без ошибок; студент демонстрирует беглость в рамках контекста; студент говорит очень уверенно и четко, поддерживает отличную вовлеченность; все ответы правильные и полные (сессия вопросов и ответов).

Более подробные методические рекомендации представлены в документе “Методические рекомендации по оформлению магистерской диссертации” по ссылке - stamp_MSc-thesis-guidelines-18.01.2022.pdf (skoltech.ru)

Автономная некоммерческая образовательная организация высшего образования «Сколковский институт науки и технологий»

Утверждено

Директор образовательной программы

Дорожкин П.С.

Идентификатор документа, задачи / ID: 479406 v.1, 450401

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ПРОСТОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ /
The document is signed with a simple electronic signature

Директор образовательной программы / The Director of the program
Дорожкин Павел Сергеевич / Dorozhkin Pavel Sergeevich

Дата подписания / Date of signing 22.09.2026

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

“Выполнение и защита ВКР”

Направление подготовки 12.04.03 Фотоника и Оптоинформатика

Квалификация “магистр”

Москва 2026

Skoltech

Название курса

Выполнение и защита ВКР

1. Аннотация

Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО: относится к Модулю 4. "Научно-исследовательская работа и Выпускная квалификационная работа", обязательная часть. Четверть 8, второй год обучения.

Язык дисциплины (модуля): английский.

Ведущий преподаватель: Шипулин Аркадий Владимирович, Горин Дмитрий Александрович

Выполнение и защита ВКР - обязательный учебный элемент для студентов магистратуры второго года обучения. Выпускная квалификационная работа (магистерская диссертация) представляет собой изложение результатов научно-исследовательской деятельности студента. Защита ВКР должна демонстрировать уровень подготовленности выпускника к самостоятельной профессиональной деятельности. Выполнение и защита ВКР производятся в соответствии с Методическими рекомендациями по оформлению диссертации и Положением о государственной итоговой аттестации по образовательным программам. Защита ВКР является открытым публичным мероприятием, включающим доклад студента, ответы на вопросы, замечания рецензента, отзыв научного руководителя и заключительное слово студента. В результате выполнения и защиты магистерской диссертации студенту магистратуры присваивается степень магистра по направлению подготовки 12.04.03 Фотоника и Оптоинформатика.

2. Материально-техническое обеспечение

Семинарская часть занятий проходит в учебной аудитории.

Аудитория на 20 человек для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации:

- специализированная мебель: парты, стол преподавателя, 2 персональных компьютера;

Skoltech

- технические средства обучения: моторизированный проекционный экран, проектор на потолочном кронштейне, микрофоны беспроводной радиосистемы, камера, сетевая камера, потолочные громкоговорители, интерактивные ЖК-панели.

Практическая часть проходит в:

1) *Лаборатории Биофотоники (БТИ 4)* с демонстрацией / использованием оборудования:

- Двухрежимный микропланшетный ридер Infinite M Nano+
- Система проточной цитометрии CytoFLEX B5-R3-V5
- Система визуализации Operetta High Content Imaging
- Система визуализации IVIS Spectrum CT In Vivo
- Оптоакустическая мезоскопия растрового сканирования RSOM Explorer P50

2) *Лаборатории Биофотоники (БТИ 50)* с демонстрацией / использованием оборудования:

- Установка для безмасковой литографии Heidelberg uPG101
- Спинкоатер (установка нанесения фоторезиста) и плита для термообработки
- Химическая шкаф для работы с кислотами и химикатами
- Ультразвуковая мойка УВ-30
- Система магнетронного распыления AJA
- Профилометр KLA-Tencor 500
- Стереоскопический микроскоп МСП-ТМ
- Сканирующий электронный микроскоп Jeol JCM-7000
- Реактивное ионное травление

3) *Лаборатории Наноматериалов (БТИ 23), (БТИ 24)* с демонстрацией / использованием оборудования:

- Диодный лазер накачки на 980 нм и драйвер к нему
- Волоконные компоненты – сплиттеры, WDM, изоляторы, активное эрбиевое волокно и др

- Фотоприемник
- Осциллограф с полосой 1 ГГц
- Оптический анализатор спектра
- Автокоррелятор
- Лазеры HeNe lasers (Thorlabs model HNL 100LB, USA)
- Импульсный диодный лазер (PicoQuant model PDL-800-D, GmbH)
- Вращающаяся платформа и контроллер (Thorlabs model PRM1/MZ8, USA)
- Пьезоэлектрическая трансляционная платформа (Piezomechanik Dr L Pickelmann GmbH- model SRV150/1)
- Цифровые осциллографы (Keysight infiniiVision model DSOX3054T, USA, UNI-T China, model UTD2102C)
- Фотодиод большой площади Thorlabs (Thorlabs USA, model DET36A2)
- Камера CCD (Thorlabs USA, model WFS31-7AR)
- Оптический измеритель мощности (Thorlabs USA model PM100A))
- Лавинный фотодиод (IDQ Switzerland, model id100)
- TCSPC аппаратное обеспечение (Becker & Hickl, GmbH model SPC160)
- TCSPC программное обеспечение
- Спектрометр с оптоволоконной связью (Ocean Optics, USA, model SR2)

Для самостоятельной работы студенты могут использовать рабочее пространство библиотеки.

3. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия

Студент должен успешно освоить следующие дисциплины: Мастерская инноваций, Научно-исследовательская работа – Учебная практика, Производственная практика, План научно-исследовательской работы, Предварительная предзащита, Предзащита.

4. Трудоёмкость

9 з.е. (1 з.е. это 27 астрономических часов)

5. Содержание курса

Л – лекции в часах
П – практики в часах
С – семинары в часах

Skoltech

Тема	Содержание	Л	С	П
Презентация	Презентация должна включать следующие элементы: 1. Название диссертации 2. Описание проблематики исследования, введение, обзор имеющихся данных 3. Цели и задачи 4. Методы 5. Результаты 6. Обсуждение результатов 7. Научная новизна 8. Инновационный компонент 9. Выводы 10. Практические результаты 11. Перспективы исследования		10	
Текст ВКР	Текст диссертации должен быть подготовлен на основе шаблона ВКР студента, пройти проверку в системе антиплагиат и охватывать следующие разделы: 1. Название диссертации. 2. Введение. 3. Обзор литературы. 4. Методы и методики исследования. 5. Результаты и обсуждение 6. Выводы *7. Инновации* 8. Личный вклад автора *9. Публикации* 10. Благодарности *11. Сокращения* 12. Список литературы *13. Приложение* *Дополнительные и/или необязательные разделы*		20	43
Всего контактных часов:		**73 часа**		
Самостоятельная работа:		**170 часов**		
Промежуточная аттестация:		**-**		
Общее кол-во часов:		**243 часа**		

Skoltech

6. Требования к результатам освоения дисциплины

Изучение дисциплины “**Выполнение и защита ВКР”** при подготовке магистров по направлению подготовки **12.04.03 Фотоника и Оптоинформатика** направлено на приобретение следующих компетенций:

Код и наименование компетенции
УК-1. Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий
УК-2. Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла
УК-3. Способен организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели
УК-4. Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия
УК-5. Способен анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия
УК-6. Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки
ОПК-1. Способен представлять современную научную картину мира, выявлять естественно-научную сущность проблемы, формулировать задачи, определять пути их решения и оценивать эффективность выбора и методов правовой защиты результатов интеллектуальной деятельности с учетом специфики исследований и разработки приборов и систем, технологий производства оптических сред, материалов и устройств фотоники и оптоинформатики
ОПК-2.Способен организовывать проведение научного исследования и разработку новых оптических систем и технологий, представлять и аргументированно защищать полученные результаты интеллектуальной деятельности, связанные с методами и средствами оптических и фотонных исследований
ОПК-3. Способен приобретать и использовать новые знания в своей предметной области на основе информационных систем и технологий, предлагать новые идеи и подходы к решению инженерных задач
ПК-1. Способен самостоятельно и (или) в составе исследовательской группы

разрабатывать, исследовать и применять математические модели для качественного и количественного описания явлений и процессов и (или) разработки новых технических средств;
ПК-2. Способен ставить, формализовать и решать задачи, уметь системно анализировать научные проблемы, генерировать новые идеи и создавать новое знание;
ПК-3. Способен применять на практике умения и навыки в организации исследовательских и проектных работ, способен самостоятельно организовывать и проводить научные исследования и внедрять их результаты в качестве члена или руководителя малого коллектива.

7. Вид итоговой оценки

Оценка

8. Структура оценки

Вид деятельности	**Относительный вклад в итоговую оценку за курс, %**
Презентация и защита	50
Текст научно-исследовательской работы	50

9. Система оценивания

Оценка выставляется комплексно за 1) презентацию и защиту, 2) текст научно-исследовательской работы.

A, отлично 86% и выше	Оцениваемая работа выполнена с отменным качеством и свидетельствует об отличных знаниях, глубоком понимании предмета, глубоких всесторонних познаниях и умелом применении концепций и/или учебных материалов. Все результаты обучения соответствуют высокому уровню
B, хорошо	Работа выполнена в соответствии с высокими стандартами и свидетельствует о наличии

76% - 85%	всесторонних познаний и хорошем понимании предмета, умении использовать соответствующие концепции, а также об умении решать проблемы, возникающие в ходе изучения предмета работы. Большая часть результатов обучения соответствует высокому уровню
C, удовлетворительно 66% - 75%	Оцениваемая работа в целом выполнена на удовлетворительном уровне и свидетельствует об адекватных знаниях и достаточном понимании предмета, однако со значительными недостатками. Большая часть результатов обучения соответствует удовлетворительному уровню
D,посредственно 56% - 65%	Оцениваемая работа выполнена на слабом уровне и свидетельствует о крайне ограниченном понимании предмета, недостаточных знаниях и имеет существенные недостатки. Удовлетворительному уровню соответствует лишь малая часть результатов обучения.
E, крайне посредственно 40% - 55%	Минимально допустимый уровень успеваемости. Оцениваемая работа выполнена на очень слабом уровне, имеет серьезные недостатки и свидетельствует о весьма низком уровне знаний, понимания и/или умений и знакомства с предметом. Удовлетворительному уровню соответствует лишь очень малая часть результатов обучения (или таких результатов нет вообще)
F, неудовлетворительно 0% - 39%	Оцениваемая работа неприемлема и свидетельствует о практическом отсутствии знаний и понимания предмета работы. Удовлетворительному уровню не соответствуют никакие результаты обучения

10. Самостоятельная работа

Самостоятельная работа по дисциплине включает:

1. Изучение литературы;
2. Подготовка презентации для защиты;
3. Написание текста научно-исследовательской работы.

Трудоемкость самостоятельной работы - 170 часов.

Для самостоятельной работы студентам рекомендуется использовать следующие источники, размещенные в LMS Canvas:

https://lms.skoltech.ru/courses/2072/files/folder/4.%20Academic%20integrity?preview=28936 – Положение Об Академической Честности Студентов

https://lms.skoltech.ru/courses/2072/files/folder/4.%20Academic%20integrity?preview=28935 - Кодекс этики

https://lms.skoltech.ru/courses/2072/files/folder/4.%20Academic%20integrity/AI%20guidelines? - Принципы использования ИИ в образовании

https://lms.skoltech.ru/courses/2072/files/folder/2.%20MSc/MSc%20defense/MSc%20Thesis%20Manuscript%20Guidelines?preview=28948 – Проект диссертации – общие ресурсы

https://lms.skoltech.ru/courses/2072/files/folder/2.%20MSc/MSc%20defense/MSc%20Thesis%20Manuscript%20Guidelines?preview=28949 - Проект презентации на защиту

https://lms.skoltech.ru/courses/2072/files/folder/2.%20MSc/MSc%20defense/MSc%20Thesis%20Manuscript%20Guidelines?preview=28947 – Методические рекомендации по оформлению диссертации

Дополнительно методические указания по отдельным видам работ приведены в системе управления обучением “Canvas LMS”. Для доступа требуется персональный логин/пароль.

11. Фонд оценочных средств. Оценочные и методические материалы по дисциплине

Все задания для самостоятельной работы находятся в системе управления обучением “Canvas LMS”. Для доступа требуется персональный логин/пароль.

Ниже приведены примеры каждого задания и методические рекомендации по его выполнению.

Skoltech

11.1. Текст научно-исследовательской работы

11.1.1.Оценочные материалы

Оценочные материалы по научно-исследовательской работе представлены в документе “Методические рекомендации по оформлению магистерской диссертации” по ссылке - stamp_MSc-thesis-guidelines-18.01.2022.pdf (skoltech.ru)

11.1.2. Методические рекомендации

Критерии оценки государственной экзаменационной комиссией:

№	Критерий оценивания	Описание
1	Проблема исследования / Research Problem	Проблема актуальна для требований современной науки. Цель и задачи ясны и четко определены. План проекта последователен и соответствует цели. The problem is relevant to contemporary science demands. The goal and aims are clear and well defined. Project plan is consistent and meets the goal.
2	Методы исследования / Research Methods	Методы выбраны и применены в соответствии с целью и задачами проекта. Рассмотрены и описаны ограничения и точность применяемых методов. Techniques and methods are selected and applied correctly. Limitations and accuracy of methods applied are considered and described.
3	Сбор и анализ данных / Data Collection and Analysis	Полученные результаты соответствуют цели и задачам проекта. Все результаты корректно записаны, описаны и критически оценены. All results collected are sufficient for the project goal and aims. All results are correctly recorded, described and critically evaluated.
4	Выводы и рекомендации / Conclusions and Recommendations	Выводы обобщают основные результаты работы и соответствуют цели и задачам. Выводы не противоречат результатам и не преувеличивают их. Рекомендации согласуются с результатами и выводами. Conclusions reflect the aim of the project and all tasks. Conclusions are correct, do not contradict and do not

		overstate the results. Recommendations are consistent with results and conclusions.
5	Практическая значимость и инновационность / Practical Application and Innovation	Проект предполагает практическое применение полученных результатов. Инновация включает новизну предлагаемого продукта/услуги/технологии или процесса, значение и значимость получаемого в результате бизнеса и/или воздействия на общество, конкурентного преимущества либо потенциала коммерциализации. The project suggests practical application of the results obtained. The innovation includes novelty of the proposed product/service/technology or process, meaningfulness and significance of the resulting business and/or social impact, competitive advantage, commercialization potential.
6	Текст диссертации / Manuscript	Логичное и связное изложение идей; все обязательные разделы присутствуют в тексте, сбалансированы и вносят свой вклад в поддержку и усиление цели исследования. Использованы уместные и разнообразные грамматические конструкции и академическая лексика. Ссылки в документе использованы последовательно, в едином формате. Written text comprises logical and coherent presentation of ideas; all parts are balanced and contribute to strengthen the aim of research. Appropriate and diverse grammatical structures and academic vocabulary. Manuscript consistently follows a chosen style of citing and referencing.
7	Презентация и защита / Oral Presentation and Defense	Слайды хорошо организованы. Вся информация на слайдах верна, ошибок нет. Студент демонстрирует свободное владение контекстом. Учащийся говорит уверенно и четко, поддерживает отличную вовлеченность. Все ответы правильные и полные (сессия вопросов и ответов). Slides are well organized. All information on slides is correct, no mistakes. Student demonstrates fluency within a context. Student speaks confidently and clearly, maintains excellent engagement. All answers are correct and full (Q&A session).

Более подробные методические рекомендации представлены в документе “Методические рекомендации по оформлению магистерской диссертации” по ссылке - [stamp_MSc-thesis-guidelines-18.01.2022.pdf (skoltech.ru)]

11.2. Презентация для защиты

11.2.1. Оценочные материалы

Skoltech

Презентация для защиты должна состоять из следующих элементов:

1) Полное имя студента и образовательная программа;

2) Название;

3) Описание общей проблемы / Введение / Справочная информация;

3) Цель и задачи;

4) Методы;

5) Выводы.

После презентации на защите студенту будут заданы вопросы по его научно-исследовательской работе в том числе могут быть заданы подобные вопросы:

Прочитайте задание и заполните пропуск.

_____— это способность человека осознавать, отслеживать, оценивать и регулировать собственные мыслительные процессы. Иными словами, это «мышление о мышлении».

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Назовите 4 стратегии работы с рисками (угрозами), когда работаете над проектом.

Напишите правильный ответ:

Skoltech

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

При работа в команде над проектом какой инструмент помогает визуализировать поток задач от «К работе» до «Готово»?

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Как называется процесс подтверждения того, что сообщение было получено и понято верно?

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Какое явление возникает, когда участник проецирует свои культурные нормы на других?

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Какое состояние наступает у опытного сотрудника при потере интереса к рутинным целям?

Напишите правильный ответ:

Skoltech

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Студент формулирует проблему ВКР как «разработка нового фотонного устройства». Руководитель требует показать, какое объективное противоречие или ограничение существующих технологий делает разработку необходимой. Какой элемент научной постановки задачи должен быть сформулирован?

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

При защите ВКР студент показывает, что разработанный фотонный компонент имеет меньшие потери, чем аналог из одной публикации. Эксперт указывает, что в сравниваемых работах использовались разные длины волны, технологические платформы и методы измерения. Как студент должен корректно отреагировать?

А) Указать, что его экспериментальное значение меньше, поэтому результат однозначно лучше;

Б) Исключить эту публикацию из сравнения;

В) Признать ограничения прямого сравнения и провести нормализованное сопоставление характеристик с учетом условий эксперимента и технологии изготовления;

Г) Заменить экспериментальное сравнение только теоретическим расчетом.

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Б):

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

Skoltech

При подготовке ВКР студент использовал опубликованную численную модель и открытый программный код авторов. Через несколько месяцев репозиторий был обновлен, и новая версия программы дает несколько отличающийся результат. Что необходимо было зафиксировать, чтобы вычислительный результат ВКР оставался однозначно воспроизводимым?

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

Модель фотонного устройства была построена и экспериментально проверена для температур от 20 до 60 °C. На защите студент использует эту модель для прогноза характеристик при –40 °C, поскольку математически модель остается гладкой и дает физически правдоподобные значения. Какой вывод наиболее корректен?

А) Такой прогноз равноценен интерполяции, если функция не имеет разрывов;

Б) Это экстраполяция за пределы проверенной области, и ее достоверность требует отдельного физического обоснования или экспериментальной проверки;

В) Экспериментальная проверка не требуется, если коэффициент детерминации исходной модели близок к единице;

Г) Прогноз можно считать достоверным, если значения всех параметров остаются положительными.

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Б):

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

Для объяснения неожиданного экспериментального эффекта предложены две физические гипотезы. В исследованном диапазоне параметров обе модели практически

одинаково описывают имеющиеся данные. Какой следующий эксперимент имеет наибольшую научную ценность?

А) Эксперимент в области параметров, где предсказания двух гипотез максимально различаются;

Б) Повторение исходного эксперимента с большим количеством точек в том же диапазоне;

В) Измерение параметра, который обе модели предсказывают одинаково;

Г) Выбор гипотезы, содержащей меньше свободных параметров, без дополнительных экспериментов.

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Б):

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

После завершения ВКР студент предлагает использовать разработанное устройство в составе более сложной фотонной системы. Как называется этап, на котором оценивают возможность перехода от экспериментального образца к практическому применению технологии?

Напишите правильный ответ:

11.2.2. Методические рекомендации

Для получения максимальной оценки за презентацию студент должен продемонстрировать следующее:

- Слайды хорошо организованы;

Skoltech

- Вся информация на слайдах верна, без ошибок;
- Студент демонстрирует свободное владение языком в рамках контекста;
- Студент говорит уверенно и четко, поддерживает отличную вовлеченность;
- Все ответы правильные и полные (сессия вопросов и ответов).

Автономная некоммерческая образовательная организация высшего образования «Сколковский институт науки и технологий»

Утверждено

Директор образовательной программы

Дорожкин П.С.

Идентификатор документа, задачи / ID: 479406 v.1, 450401

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ПРОСТОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ /
The document is signed with a simple electronic signature

Директор образовательной программы / The Director of the program
Дорожкин Павел Сергеевич / Dorozhkin Pavel Sergeevich

Дата подписания / Date of signing 22.09.2026

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

“Дополнительное исследование по теме диссертации”

Направление подготовки 12.04.03 Фотоника и Оптоинформатика

Квалификация “магистр”

Москва 2026

Skoltech

Название курса

Дополнительное исследование по теме диссертации

1. Аннотация

Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО: относится к Модулю 5. "Индивидуальное обучение студента", обязательная часть. Четверти 3-4, первый год обучения, четверти 5-8, второй год обучения.

Язык дисциплины (модуля): английский.

Ведущий преподаватель: Шипулин Аркадий Владимирович, Горин Дмитрий Александрович

Дополнительное исследование по теме диссертации - это один из учебных элементов Модуля 5. "Индивидуальное обучение студента" учебного плана магистратуры.

В зависимости от программы этот учебный элемент может быть обязательным или элективным. На программе "Прикладная фотоника и оптические информационные системы", по направлению 12.04.03 Фотоника и Оптоинформатика данный элемент является обязательным.

Исследовательский семинар подразумевает работу студентов над исследовательским проектом, связанную с темой ВКР. Для исследовательских проектов, не связанных с темой ВКР, студентам необходимо зарегистрироваться на иной учебный элемент - Исследовательский проект.

По завершении работы студенты представляют отчет о проделанной работе, который оценивает научный руководитель студента.

2. Материально-техническое обеспечение

Семинарская часть занятий проходит в учебной аудитории.

121205, Российская Федерация, г. Москва, территория инновационного центра «Сколково», Большой бульвар, д.30 стр.1, помещение на 2 этаже E-R3-2009 (171 БТИ), 78,1 кв. м

Аудитория на 20 человек для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ),

групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации:

- специализированная мебель: парты, стол преподавателя, 2 персональных компьютера;

- технические средства обучения: моторизированный проекционный экран, проектор на потолочном кронштейне, микрофоны беспроводной радиосистемы, камера, сетевая камера, потолочные громкоговорители, интерактивные ЖК-панели.

Практическая часть проходит в:

1) *Лаборатории Биофотоники (БТИ 4)* с демонстрацией / использованием оборудования:

- Двухрежимный микропланшетный ридер Infinite M Nano+
- Система проточной цитометрии CytoFLEX B5-R3-V5
- Система визуализации Operetta High Content Imaging
- Система визуализации IVIS Spectrum CT In Vivo
- Оптоакустическая мезоскопия растрового сканирования RSOM Explorer P50

2) *Лаборатории Биофотоники (БТИ 50)* с демонстрацией / использованием оборудования:

- Установка для безмасковой литографии Heidelberg uPG101
- Спинкоатер (установка нанесения фоторезиста) и плита для термообработки
- Химическая шкаф для работы с кислотами и химикатами
- Ультразвуковая мойка УВ-30
- Система магнетронного распыления AJA
- Профилометр KLA-Tencor 500
- Стереоскопический микроскоп МСП-ТМ
- Сканирующий электронный микроскоп Jeol JCM-7000
- Реактивное ионное травление

3) *Лаборатории Наноматериалов (БТИ 23), (БТИ 24)* с демонстрацией / использованием оборудования:

- Диодный лазер накачки на 980 нм и драйвер к нему
- Волоконные компоненты – сплиттеры, WDM, изоляторы, активное эрбиевое волокно и др
- Фотоприемник
- Осциллограф с полосой 1 ГГц
- Оптический анализатор спектра
- Автокоррелятор
- Лазеры HeNe lasers (Thorlabs model HNL 100LB, USA)
- Импульсный диодный лазер (PicoQuant model PDL-800-D, GmbH)
- Вращающаяся платформа и контроллер (Thorlabs model PRM1/MZ8, USA)
- Пьезоэлектрическая трансляционная платформа (Piezomechanik Dr L Pickelmann GmbH- model SRV150/1)
- Цифровые осциллографы (Keysight infiniiVision model DSOX3054T, USA, UNI-T China, model UTD2102C)
- Фотодиод большой площади Thorlabs (Thorlabs USA, model DET36A2)
- Камера CCD (Thorlabs USA, model WFS31-7AR)
- Оптический измеритель мощности (Thorlabs USA model PM100A))
- Лавинный фотодиод (IDQ Switzerland, model id100)
- TCSPC аппаратное обеспечение (Becker & Hickl, GmbH model SPC160)
- TCSPC программное обеспечение
- Спектрометр с оптоволоконной связью (Ocean Optics, USA, model SR2)

Для самостоятельной работы студенты могут использовать рабочее пространство библиотеки.

Перечень используемого ПО:

- MS Office
- Antiplagiat

3. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия

-

4. Трудоёмкость

3 з.е.* (1 з.е. это 27 астрономических часов)

* Студент совместно с научным руководителем определяют количество з.е (кратное 3), но не более 15 з.е. за весь период обучения

5. Содержание курса

Л – лекции в часах
П – практики в часах
С – семинары в часах

Тема	Содержание	Л	П	С
План проекта	План проекта включает следующие разделы: 1. Название проекта 2. Описание научного контекста и постановка проблемы исследования 3. Формулирование основной цели и задач проекта 4. Краткая характеристика планируемых методов исследования 5. Календарный план 6. Планируемая инновационная составляющая 7. Список источников			8
Выполнение проекта	Выполнение проекта в соответствии с планом (этап 1)		14	8
Отчет	Написание отчета, анализ полученных результатов, включая научную и инновационную составляющую, и перспектив внедрения.			8
Всего контактных часов:		**38 часов**		
Самостоятельная работа:		**40 часов**		
Промежуточная аттестация:		**3 часа**		
Общее кол-во часов:		**81 час**		

Skoltech

6. Требования к результатам освоения дисциплины

Изучение дисциплины “**Дополнительное исследование по теме диссертации”** при подготовке магистров по направлению подготовки **12.04.03 Фотоника и Оптоинформатика** направлено на приобретение следующих компетенций:

Код и наименование компетенции
ОПК-1. Способен представлять современную научную картину мира, выявлять естественно-научную сущность проблемы, формулировать задачи, определять пути их решения и оценивать эффективность выбора и методов правовой защиты результатов интеллектуальной деятельности с учетом специфики исследований и разработки приборов и систем, технологий производства оптических сред, материалов и устройств фотоники и оптоинформатики
ОПК-2.Способен организовывать проведение научного исследования и разработку новых оптических систем и технологий, представлять и аргументированно защищать полученные результаты интеллектуальной деятельности, связанные с методами и средствами оптических и фотонных исследований
ОПК-3. Способен приобретать и использовать новые знания в своей предметной области на основе информационных систем и технологий, предлагать новые идеи и подходы к решению инженерных задач
ПК-1. Способен самостоятельно и (или) в составе исследовательской группы разрабатывать, исследовать и применять математические модели для качественного и количественного описания явлений и процессов и (или) разработки новых технических средств;
ПК-2. Способен ставить, формализовать и решать задачи, уметь системно анализировать научные проблемы, генерировать новые идеи и создавать новое знание;
ПК-3. Способен применять на практике умения и навыки в организации исследовательских и проектных работ, способен самостоятельно организовывать и проводить научные исследования и внедрять их результаты в качестве члена или руководителя малого коллектива.

Skoltech

7. Вид итоговой оценки

Оценка

8. Структура оценки

Вид деятельности	**Относительный вклад в итоговую оценку за курс, %**
Отчет по проекту	50
Защита проекта	50

9. Система оценивания

Оценка за данный учебный элемент складывается из баллов, полученных за выполнение отчета по проекту, а также за защиту проекта.

A, отлично 86% и выше	Оцениваемая работа выполнена с отменным качеством и свидетельствует об отличных знаниях, глубоком понимании предмета, глубоких всесторонних познаниях и умелом применении концепций и/или учебных материалов. Все результаты обучения соответствуют высокому уровню
B, хорошо 76% - 85%	Работа выполнена в соответствии с высокими стандартами и свидетельствует о наличии всесторонних познаний и хорошем понимании предмета, умении использовать соответствующие концепции, а также об умении решать проблемы, возникающие в ходе изучения предмета работы. Большая часть результатов обучения соответствует высокому уровню
C, удовлетворительно 66% - 75%	Оцениваемая работа в целом выполнена на удовлетворительном уровне и свидетельствует об адекватных знаниях и достаточном понимании предмета, однако со значительными недостатками. Большая часть результатов

	обучения соответствует удовлетворительному уровню
D,посредственно 56% - 65%	Оцениваемая работа выполнена на слабом уровне и свидетельствует о крайне ограниченном понимании предмета, недостаточных знаниях и имеет существенные недостатки. Удовлетворительному уровню соответствует лишь малая часть результатов обучения.
E, крайне посредственно 40% - 55%	Минимально допустимый уровень успеваемости. Оцениваемая работа выполнена на очень слабом уровне, имеет серьезные недостатки и свидетельствует о весьма низком уровне знаний, понимания и/или умений и знакомства с предметом. Удовлетворительному уровню соответствует лишь очень малая часть результатов обучения (или таких результатов нет вообще)
F, неудовлетворительно 0% - 39%	Оцениваемая работа неприемлема и свидетельствует о практическом отсутствии знаний и понимания предмета работы. Удовлетворительному уровню не соответствуют никакие результаты обучения

10. Самостоятельная работа

Самостоятельная работа по дисциплине включает:

1. Изучение литературы;
2. Подготовка отчета;
3. Подготовка к защите проекта.

Трудоемкость самостоятельной работы - 40 часов.

Для самостоятельной работы студентам рекомендуется использовать следующие источники, размещенные в LMS Canvas:

https://lms.skoltech.ru/courses/2072/files/folder/4.%20Academic%20integrity?preview=28936 – Положение Об Академической Честности Студентов

https://lms.skoltech.ru/courses/2072/files/folder/4.%20Academic%20integrity?preview=28935 - Кодекс этики

https://lms.skoltech.ru/courses/2072/files/folder/4.%20Academic%20integrity/AI%20guidelines? - Принципы использования ИИ в образовании

https://lms.skoltech.ru/courses/2072/files/folder/2.%20MSc/MSc%20defense/MSc%20Thesis%20Manuscript%20Guidelines?preview=28948 – Проект диссертации – общие ресурсы

https://lms.skoltech.ru/courses/2072/files/folder/2.%20MSc/MSc%20defense/MSc%20Thesis%20Manuscript%20Guidelines?preview=28949 - Проект презентации на защиту

https://lms.skoltech.ru/courses/2072/files/folder/2.%20MSc/MSc%20defense/MSc%20Thesis%20Manuscript%20Guidelines?preview=28947 – Методические рекомендации по оформлению диссертации

Дополнительно методические указания по отдельным видам работ приведены в системе управления обучением “Canvas LMS”. Для доступа требуется персональный логин/пароль.

11. Фонд оценочных средств. Оценочные и методические материалы по дисциплине

Все задания для самостоятельной работы, включая методические рекомендации по подготовке отчета находятся в системе управления обучением “Canvas LMS”. Для доступа требуется персональный логин/пароль.

11.1. Отчет по проекту

11.1.1. Оценочные материалы

Отчет по проекту - файл в произвольной форме (это может быть любой результат вашего проекта: презентация, статья и т.д.) Обсудите с вашим руководителем форму отчета.

Однако любой отчет должен включать следующее:

План исследовательского проекта включает следующие разделы:

- Название работы;

- Описание научного контекста и постановка проблемы исследования;
- Формулирование основной цели и задач проекта;
- Краткая характеристика планируемых методов исследования;
- Рабочий план;
- Планируемая инновационная составляющая;
- Список источников.

11.1.2. Методические рекомендации

Для того, чтобы получить максимальный балл за отчет (50 баллов), он должен удовлетворять следующим требованиям:

Критерии оценивания

1. Студент формулирует рабочее название проекта как краткое, но демонстрирующее его суть и описывает цель проекта и предварительные конкретные задачи, на выполнение которых направлена работа.
2. Студент критически обобщил имеющиеся данные и описывал задачу исследования в качестве предмета исследования с точки зрения его важности и потенциала для практического применения, указав на связь между исследованиями и инновациями.
3. Студент сформулировал гипотезы, которые были подвергнуты проверке, или технологии, которые были проверены для решения задачи проекта.
4. Студент произвел предварительный обзор литературы/информации, который
   предоставляет научный контекст.
5. Студент описал использованные методы полно и корректно, что позволяет повторить все произведенные исследования и убедиться в достоверности полученных результатов.
6. Студент описал результаты проекта полностью и корректно.
7. Студент описал потенциальное воздействие работы на инновационную, исследовательскую и образовательную деятельность.
8. Текст отчета написан грамотно, с указанием цитируемых источников.
9. Защита проекта прошла в соответствии с требованиями регламента. Студент аргументированно ответил на заданные вопросы и продемонстрировал достаточный уровень профессионализма.

11.2. Защита проекта

Защита проекта подразумевает выступление студента с презентацией по теме своего проекта. Защита также включает в себя сессию вопрос-ответ.

11.2.1. Оценочные материалы

Skoltech

Презентация для защиты должна состоять из следующих элементов:

1) Полное имя студента и образовательная программа;

2) Название;

3) Описание общей проблемы / Введение / Справочная информация;

3) Цель и задачи;

4) Методы;

5) Выводы.

Примеры вопросов во время защиты студента:

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

В ходе проекта обнаружен неизвестный ранее физический эффект, а также разработана конкретная конструкция устройства, использующая этот эффект. Что является наиболее корректным объектом потенциальной патентной защиты?

А) Сам физический закон независимо от технической реализации;

Б) Наблюдаемый природный эффект как таковой;

В) Конкретное техническое устройство или способ, использующий обнаруженный эффект;

Г) Все экспериментальные данные независимо от способа их получения.

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Б):

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

Результат проекта предполагается представить на конференции и одновременно рассматривается возможность патентования устройства. Какой порядок действий наиболее безопасен с точки зрения сохранения возможности правовой охраны?

А) Сначала полностью раскрыть устройство в докладе, затем провести патентный поиск;

Б) До публичного раскрытия оценить патентоспособность и при необходимости оформить соответствующую заявку;

Skoltech

В) Опубликовать только принципиальную схему, поскольку схема не считается раскрытием;

Г) Отложить патентный анализ до появления коммерческого интереса.

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Б):

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

Разработан сложный технологический режим изготовления оптического материала. Его практически невозможно восстановить по готовому изделию, а его эффективность определяется большим набором параметров процесса. Какая стратегия защиты может оказаться рациональнее патентования при возможности надежно сохранять конфиденциальность?

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

Студент разработал новый метод измерения параметров оптического устройства. При защите ему необходимо доказать преимущество метода перед существующими. Какое сравнение наиболее убедительно?

А) Сравнить только время проведения измерения;

Б) Сравнить точность, воспроизводимость, диапазон измерений, чувствительность к систематическим ошибкам и практическую сложность обеих методик;

В) Показать один экспериментальный результат нового метода;

Г) Сослаться на более современное оборудование, использованное в новом методе.

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Б):

Skoltech

Прочитайте задание и укажите правильную последовательность этапов.

Исследовательская группа завершает разработку нового оптического устройства. Установите последовательность действий перед представлением результатов на научной конференции:

А) Подготовить визуализацию результатов и выделить ключевые выводы;

Б) Проверить воспроизводимость ключевых результатов;

В) Сопоставить характеристики с релевантными опубликованными решениями;

Г) Определить, какие результаты могут содержать потенциально охраноспособные технические решения;

Д) Подготовить аргументацию научной новизны и ограничений работы.

Запишите соответствующую последовательность заглавных букв без пробелов и запятых в формате (АБВГД):

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

Эксперимент длится 12 часов, а измерительный прибор постепенно дрейфует. При этом первая половина образцов относится к контрольной группе, а вторая — к модифицированной. Как рациональнее изменить эксперимент для большей достоверности?

А) Измерять сначала все контрольные образцы, но чаще калибровать прибор;

Б) Провести все измерения при максимальной мощности сигнала;

В) Увеличить число модифицированных образцов;

Skoltech

Г) Чередовать или рандомизировать порядок контрольных и модифицированных образцов и периодически измерять стабильный эталон.

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Б):

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

Полноволновое моделирование одного варианта фотонной структуры занимает 8 часов. Для оптимизации необходимо исследовать десятки тысяч геометрий. Какой вычислительный подход наиболее рационален?

А) Провести полный расчет всех геометрий;

Б) На ограниченном числе полноволновых расчетов построить быструю приближенную модель, а затем использовать ее в оптимизации;

В) Заменить электромагнитную модель случайным перебором геометрий;

Г) Уменьшить число параметров до одного независимо от физической задачи.

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Б):

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

В проекте можно выполнить только 30 дорогостоящих экспериментов, тогда как пространство параметров содержит тысячи возможных комбинаций. После каждого эксперимента алгоритм должен выбирать следующий наиболее информативный набор параметров. Какой подход наиболее подходит?

Напишите правильный ответ:

Skoltech

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Как называется метод оптимизации, использующий вероятностную модель неизвестной целевой функции для выбора следующей наиболее перспективной экспериментальной точки?

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

Модель фотонного устройства предполагает мгновенное установление температуры во всем кристалле. Эксперимент показывает, что после ступенчатого изменения мощности разные области устройства выходят на стационарный режим за существенно различное время. Какое изменение модели наиболее физически оправдано?

А) Перейти от сосредоточенной тепловой модели к пространственно-временной модели теплопереноса;

Б) Увеличить число свободных коэффициентов в стационарной модели;

В) Усреднить экспериментальные температуры по всему кристаллу;

Г) Исключить первые моменты времени из сравнения с моделью.

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Б):

Skoltech

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

При прямом и обратном изменении управляющего параметра устройство проходит различные траектории и возвращается в одно и то же состояние только после полного цикла. Какой тип модели необходим для описания такого поведения?

А) Модель, в которой выход определяется только текущим значением управляющего параметра;

Б) Модель с внутренней переменной состояния, сохраняющей информацию о предыстории системы;

В) Линейная стационарная модель с большим числом коэффициентов;

Г) Модель случайного независимого шума.

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Б):

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

Как называется зависимость состояния системы не только от текущего управляющего параметра, но и от предшествующей истории его изменения?

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

После изменения конструкции устройства одновременно выросли выходная мощность и температура. Наблюдаемое улучшение эффективности коррелирует и с изменением конструкции, и с температурой. Какой дизайн следующего эксперимента наиболее информативен?

А) Повторить измерение только при новой конструкции;

Skoltech

Б) Независимо варьировать конструкцию и температуру, чтобы разделить их вклады;

В) Сравнить только максимальные значения эффективности;

Г) Использовать температуру как дополнительный аргумент в линейной аппроксимации без новых экспериментов.

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Б):

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

Новый алгоритм обработки повышает точность прогнозирования экспериментального результата, но использует параметр, который становится известен только после завершения эксперимента. Можно ли считать такой алгоритм пригодным для реального прогнозирования?

А) Да, если ошибка прогноза мала;

Б) Нет, поскольку в модель попадает информация из будущего относительно момента прогнозирования;

В) Да, если параметр физически связан с исследуемой системой;

Г) Да, если алгоритм применяется только к научным данным.

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Б):

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

После анализа данных сформулирована новая гипотеза, точно объясняющая необычную особенность уже имеющегося набора данных. Какой следующий результат наиболее убедительно превратит это объяснение в новое научное знание?

А) Более подробное объяснение той же особенности;

Б) Получение заранее сформулированного нового предсказания гипотезы на независимых данных или в новом режиме эксперимента;

В) Увеличение числа параметров гипотезы;

Г) Добавление большего количества ссылок на близкие работы.

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Б):

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

В исследовании сравниваются образцы двух типов, а оператор вручную выбирает момент окончания измерения, видя текущий результат. Какой риск возникает?

А) Оператор может неосознанно выбирать продолжительность измерения в зависимости от желаемого результата;

Б) Увеличивается только погрешность времени;

В) Возникает исключительно ошибка калибровки прибора;

Г) Никакого риска нет, если оператор опытен.

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Б):

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

В проекте используются десятки образцов, проходящих изготовление, обработку, облучение и несколько стадий измерений. Один образец был ошибочно перепутан, и теперь его история не восстанавливается. Какой организационный механизм предотвращает такую ситуацию?

Skoltech

Напишите правильный ответ:

11.2.2. Методические рекомендации

Для получения максимальной оценки за презентацию (50 баллов) студент должен продемонстрировать следующее:

- Слайды хорошо организованы;
- Вся информация на слайдах верна, без ошибок;
- Студент демонстрирует свободное владение языком в рамках контекста;
- Студент говорит уверенно и четко, поддерживает отличную вовлеченность;
- Все ответы правильные и полные (сессия вопросов и ответов).

Автономная некоммерческая образовательная организация высшего образования «Сколковский институт науки и технологий»

Утверждено

Директор образовательной программы

Дорожкин П.С.

Идентификатор документа, задачи / ID: 479406 v.1, 450401

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ПРОСТОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ /
The document is signed with a simple electronic signature

Директор образовательной программы / The Director of the program
Дорожкин Павел Сергеевич / Dorozhkin Pavel Sergeevich

Дата подписания / Date of signing 22.09.2026

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

“Исследовательский проект”

Направление подготовки 12.04.03 Фотоника и Оптоинформатика

Квалификация “магистр”

Москва 2026

Skoltech

Название курса

Исследовательский проект

1. Аннотация

Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО: относится к Модулю 5. "Индивидуальное обучение студента", обязательная часть. Четверти 5-7, второй год обучения. Дисциплина также относится к модулю “Факультативы”.

Язык дисциплины (модуля): английский.

Ведущий преподаватель: Шипулин Аркадий Владимирович, Горин Дмитрий Александрович

Исследовательский проект - это один из учебных элементов Модуля 5. "Индивидуальное обучение студента" учебного плана магистратуры.

В зависимости от программы этот учебный элемент может быть обязательным или элективным. На программе "Прикладная фотоника и оптические информационные системы", по направлению 12.04.03 Фотоника и Оптоинформатика данный элемент является обязательным.

Исследовательский проект подразумевает работу студентов над исследовательским проектом, не связанным с темой ВКР. Для исследовательских проектов, связанных с темой ВКР, студентам необходимо зарегистрироваться на иной учебный элемент - Исследовательский семинар.

По завершении работы студенты представляют отчет о проделанной работе, который оценивает научный руководитель студента.

2. Материально-техническое обеспечение

Семинарская часть занятий проходит в учебной аудитории.

Аудитория на 20 человек для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации:

- специализированная мебель: парты, стол преподавателя, 2 персональных компьютера;

Skoltech

- технические средства обучения: моторизированный проекционный экран, проектор на потолочном кронштейне, микрофоны беспроводной радиосистемы, камера, сетевая камера, потолочные громкоговорители, интерактивные ЖК-панели.

Практическая часть проходит в:

1) *Лаборатории Биофотоники (БТИ 4)* с демонстрацией / использованием оборудования:

- Двухрежимный микропланшетный ридер Infinite M Nano+
- Система проточной цитометрии CytoFLEX B5-R3-V5
- Система визуализации Operetta High Content Imaging
- Система визуализации IVIS Spectrum CT In Vivo
- Оптоакустическая мезоскопия растрового сканирования RSOM Explorer P50

2) *Лаборатории Биофотоники (БТИ 50)* с демонстрацией / использованием оборудования:

- Установка для безмасковой литографии Heidelberg uPG101
- Спинкоатер (установка нанесения фоторезиста) и плита для термообработки
- Химическая шкаф для работы с кислотами и химикатами
- Ультразвуковая мойка УВ-30
- Система магнетронного распыления AJA
- Профилометр KLA-Tencor 500
- Стереоскопический микроскоп МСП-ТМ
- Сканирующий электронный микроскоп Jeol JCM-7000
- Реактивное ионное травление

3) *Лаборатории Наноматериалов (БТИ 23), (БТИ 24)* с демонстрацией / использованием оборудования:

- Диодный лазер накачки на 980 нм и драйвер к нему
- Волоконные компоненты – сплиттеры, WDM, изоляторы, активное эрбиевое волокно и др

- Фотоприемник
- Осциллограф с полосой 1 ГГц
- Оптический анализатор спектра
- Автокоррелятор
- Лазеры HeNe lasers (Thorlabs model HNL 100LB, USA)
- Импульсный диодный лазер (PicoQuant model PDL-800-D, GmbH)
- Вращающаяся платформа и контроллер (Thorlabs model PRM1/MZ8, USA)
- Пьезоэлектрическая трансляционная платформа (Piezomechanik Dr L Pickelmann GmbH- model SRV150/1)
- Цифровые осциллографы (Keysight infiniiVision model DSOX3054T, USA, UNI-T China, model UTD2102C)
- Фотодиод большой площади Thorlabs (Thorlabs USA, model DET36A2)
- Камера CCD (Thorlabs USA, model WFS31-7AR)
- Оптический измеритель мощности (Thorlabs USA model PM100A))
- Лавинный фотодиод (IDQ Switzerland, model id100)
- TCSPC аппаратное обеспечение (Becker & Hickl, GmbH model SPC160)
- TCSPC программное обеспечение
- Спектрометр с оптоволоконной связью (Ocean Optics, USA, model SR2)

Для самостоятельной работы студенты могут использовать рабочее пространство библиотеки.

Перечень используемого ПО:

- MS Office
- Antiplagiat

3. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия

-

4. Трудоёмкость

3 з.е.* (1 з.е. это 27 астрономических часов)

* Студент совместно с научным руководителем определяют количество з.е (кратное 3), но не более 15 з.е. за весь период обучения

5. Содержание курса

Л – лекции в часах
П – практики в часах
С – семинары в часах

Тема	Содержание	Л	П	С
Отчет	Отчет исследовательского проекта включает следующие разделы: • Название работы. • Описание научного контекста и постановка проблемы исследования • Формулирование основной цели и задач проекта • Краткая характеристика планируемых методов исследования • Рабочий план • Планируемая инновационная составляющая • Список источников.		30	8
Всего контактных часов:		**38 часов**		
Самостоятельная работа:		**40 часов**		
Промежуточная аттестация:		**3 часа**		
Общее кол-во часов:		**81 час**		

6. Требования к результатам освоения дисциплины

Изучение дисциплины “**Исследовательский проект”** при подготовке магистров по направлению подготовки **12.04.03 Фотоника и Оптоинформатика** направлено на приобретение следующих компетенций:

Код и наименование компетенции
ОПК-1. Способен представлять современную научную картину мира, выявлять

естественно-научную сущность проблемы, формулировать задачи, определять пути их решения и оценивать эффективность выбора и методов правовой защиты результатов интеллектуальной деятельности с учетом специфики исследований и разработки приборов и систем, технологий производства оптических сред, материалов и устройств фотоники и оптоинформатики
ОПК-2.Способен организовывать проведение научного исследования и разработку новых оптических систем и технологий, представлять и аргументированно защищать полученные результаты интеллектуальной деятельности, связанные с методами и средствами оптических и фотонных исследований
ОПК-3. Способен приобретать и использовать новые знания в своей предметной области на основе информационных систем и технологий, предлагать новые идеи и подходы к решению инженерных задач
ПК-1. Способен самостоятельно и (или) в составе исследовательской группы разрабатывать, исследовать и применять математические модели для качественного и количественного описания явлений и процессов и (или) разработки новых технических средств;
ПК-2. Способен ставить, формализовать и решать задачи, уметь системно анализировать научные проблемы, генерировать новые идеи и создавать новое знание;
ПК-3. Способен применять на практике умения и навыки в организации исследовательских и проектных работ, способен самостоятельно организовывать и проводить научные исследования и внедрять их результаты в качестве члена или руководителя малого коллектива.

7. Вид итоговой оценки

Оценка

8. Структура оценки

Вид деятельности	**Относительный вклад в итоговую оценку за курс, %**
Отчет по проекту	100

Skoltech

9. Система оценивания

Оценка за данный учебный элемент складывается из оценки за отчет.

A, отлично 86% и выше	Оцениваемая работа выполнена с отменным качеством и свидетельствует об отличных знаниях, глубоком понимании предмета, глубоких всесторонних познаниях и умелом применении концепций и/или учебных материалов. Все результаты обучения соответствуют высокому уровню
B, хорошо 76% - 85%	Работа выполнена в соответствии с высокими стандартами и свидетельствует о наличии всесторонних познаний и хорошем понимании предмета, умении использовать соответствующие концепции, а также об умении решать проблемы, возникающие в ходе изучения предмета работы. Большая часть результатов обучения соответствует высокому уровню
C, удовлетворительно 66% - 75%	Оцениваемая работа в целом выполнена на удовлетворительном уровне и свидетельствует об адекватных знаниях и достаточном понимании предмета, однако со значительными недостатками. Большая часть результатов обучения соответствует удовлетворительному уровню
D,посредственно 56% - 65%	Оцениваемая работа выполнена на слабом уровне и свидетельствует о крайне ограниченном понимании предмета, недостаточных знаниях и имеет существенные недостатки. Удовлетворительному уровню соответствует лишь малая часть результатов обучения.
E, крайне посредственно 40% - 55%	Минимально допустимый уровень успеваемости. Оцениваемая работа выполнена на очень слабом уровне, имеет серьезные недостатки и свидетельствует о весьма низком уровне знаний,

	понимания и/или умений и знакомства с предметом. Удовлетворительному уровню соответствует лишь очень малая часть результатов обучения (или таких результатов нет вообще)
F, неудовлетворительно 0% - 39%	Оцениваемая работа неприемлема и свидетельствует о практическом отсутствии знаний и понимания предмета работы. Удовлетворительному уровню не соответствуют никакие результаты обучения

10. Самостоятельная работа

Самостоятельная работа по дисциплине включает:

1. Изучение литературы;
2. Подготовка отчета.

Трудоемкость самостоятельной работы - 40 часов.

Для самостоятельной работы студентам рекомендуется использовать следующие источники, размещенные в LMS Canvas:

https://lms.skoltech.ru/courses/2072/files/folder/4.%20Academic%20integrity?preview=28936 – Положение Об Академической Честности Студентов

https://lms.skoltech.ru/courses/2072/files/folder/4.%20Academic%20integrity?preview=28935 - Кодекс этики

https://lms.skoltech.ru/courses/2072/files/folder/4.%20Academic%20integrity/AI%20guidelines? - Принципы использования ИИ в образовании

https://lms.skoltech.ru/courses/2072/files/folder/2.%20MSc/MSc%20defense/MSc%20Thesis%20Manuscript%20Guidelines?preview=28949 - Проект презентации на защиту

Дополнительно методические указания по отдельным видам работ приведены в системе управления обучением “Canvas LMS”. Для доступа требуется персональный логин/пароль.

Skoltech

11. Фонд оценочных средств. Оценочные и методические материалы по дисциплине

Все задания для самостоятельной работы, включая методические рекомендации по подготовке отчета находятся в системе управления обучением “Canvas LMS”. Для доступа требуется персональный логин/пароль.

11.1. Отчет по проекту

11.1.1. Оценочные материалы

Отчет по проекту - файл в произвольной форме (это может быть любой результат вашего проекта: презентация, статья и т.д.) Обсудите с вашим руководителем форму отчета.

Однако любой отчет должен включать следующее:

План исследовательского проекта включает следующие разделы:

- Название работы;
- Описание научного контекста и постановка проблемы исследования;
- Формулирование основной цели и задач проекта;
- Краткая характеристика планируемых методов исследования;
- Рабочий план;
- Планируемая инновационная составляющая;
- Список источников.

Перечень потенциальных вопросов при защите проекта:

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

В фотонном устройстве при увеличении оптической мощности наблюдается спектральный сдвиг. Предложены два объяснения: нагрев и нелинейное изменение показателя преломления. Оба механизма дают сдвиг в одну сторону. Какой эксперимент наиболее информативен для их разделения?

А) Измерить сдвиг только при максимально доступной мощности;

Б) Исследовать временную динамику отклика и зависимость сдвига от мощности при независимом контроле температуры;

В) Сравнить устройство с другим образцом при одной мощности;

Г) Увеличить спектральное разрешение измерения, не изменяя экспериментальных условий.

Skoltech

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Б):

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

Две группы публикуют противоположные зависимости одной характеристики материала от геометрического параметра. После анализа выясняется, что одна группа работает в квазистатическом режиме, а другая — в области выраженного резонансного отклика. Какой способ систематизации данных наиболее содержателен?

А) Усреднить экспериментальные зависимости двух групп;

Б) Выбрать результаты исследования с меньшей экспериментальной погрешностью;

В) Построить карту режимов в пространстве безразмерных параметров, определяющих переход между двумя физическими механизмами;

Г) Ограничиться описанием противоречия в литературном обзоре.

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Б):

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

Студент сообщает, что его устройство имеет рекордную чувствительность. У ближайшего аналога чувствительность ниже на 25%, однако измерения проводились при другой ширине полосы, другом времени усреднения и другом уровне шума. Как корректнее сравнивать решения?

А) Сравнить заявленные значения чувствительности напрямую;

Б) Привести результаты к сопоставимым условиям и использовать метрику, учитывающую одновременно чувствительность и шум;

В) Использовать результат нового устройства, поскольку абсолютная чувствительность выше;

Г) Сравнивать только геометрические размеры устройств.

Skoltech

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Б):

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

Исследуется технологический разброс параметров фотонной интегральной схемы. Изготовлено 30 одинаковых структур на одном кристалле. Можно ли по этим данным оценить воспроизводимость технологического процесса между различными производственными циклами?

А) Да, поскольку число образцов достаточно велико;

Б) Да, если распределение результатов близко к нормальному;

В) Нет: большое число структур на одном кристалле оценивает преимущественно внутрикристальный разброс, но не межпластинную или межпартийную вариабельность;

Г) Нет, поскольку для оценки вариабельности необходимо ровно по одному образцу с каждого кристалла.

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Б):

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

Необходимо определить отдельно вариабельность внутри одной пластины и вариабельность между технологическими пластинами. Какой дизайн эксперимента наиболее корректен?

А) Измерить большое число соседних устройств на одной пластине;

Б) Измерить по одному случайному устройству с большого числа пластин;

Skoltech

В) Измерить несколько устройств на нескольких независимо изготовленных пластинах и анализировать иерархическую структуру разброса;

Г) Измерить только среднее значение каждой пластины.

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Б):

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

Эксперимент длится 12 часов, а измерительный прибор постепенно дрейфует. При этом первая половина образцов относится к контрольной группе, а вторая — к модифицированной. Какую проблему создает такой порядок измерения?

А) Увеличение случайной ошибки без систематического смещения;

Б) Смешение эффекта модификации образцов с временным дрейфом измерительной системы;

В) Исключительно уменьшение статистической мощности эксперимента;

Г) Нарушение закона сохранения энергии в измерительной модели.

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Б):

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

Для классификации спектров исследователь получил по 100 спектров от каждого из 20 физических образцов. Все 2000 спектров случайно разделили на обучающую и тестовую выборки. Модель показывает точность 99%. В чем потенциальная проблема?

А) Обучающая выборка слишком велика относительно тестовой;

Skoltech

Б) Спектры одного и того же физического образца могли попасть одновременно в обучение и тестирование, что приводит к утечке информации и завышенной оценке качества модели;

В) Для спектральных данных нельзя использовать машинное обучение;

Г) Необходимо обязательно сократить число спектральных точек.

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Б):

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

Для классификации спектров исследователь получил по 100 спектров от каждого из 20 физических образцов. Как следует корректно разделить 2000 спектров на обучающую и тестовую выборки, если модель должна работать на новых физических образцах?

А) Случайно распределить отдельные спектры между выборками;

Б) Разделить данные по физическим образцам так, чтобы все измерения одного образца находились только в одной выборке.;

В) Использовать первые 80% спектров для обучения, последние 20% — для тестирования;

Г) Использовать для теста спектры с наиболее высоким отношением сигнал/шум.

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

В серии экспериментов используются образцы существенно различного размера. После перехода от размерных величин к нескольким безразмерным параметрам результаты всех образцов описываются одной универсальной зависимостью. Как называется математическая процедура перехода к такому описанию?

Skoltech

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

В математической модели итоговый параметр системы зависит от десяти входных величин, каждая из которых определена экспериментально с собственной неопределенностью. Студент приводит только результат расчета для номинальных значений параметров. Какое исследование модели наиболее существенно для оценки достоверности этого результата?

А) Последовательное увеличение числа значащих цифр входных параметров;

Б) Распространение неопределенностей входных параметров на прогнозируемый результат с анализом вклада отдельных источников;

В) Повторный расчет с уменьшенным шагом численного интегрирования;

Г) Нормирование всех входных параметров на максимальное значение.

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Б):

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

В эксперименте не обнаружено статистически значимого изменения характеристики после воздействия. Студент хочет сделать вывод: «воздействие не влияет на устройство». Какой дополнительный результат необходим для обоснования такого утверждения?

А) Достаточно значения вероятности ошибки выше принятого порога значимости;

Б) Необходимо показать, что доверительный интервал для возможного эффекта исключает изменения, которые считались бы физически или практически существенными;

В) Необходимо получить математически одинаковые средние значения до и после воздействия;

Skoltech

Г) Достаточно увеличить число знаков после запятой в представлении результатов.

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Б):

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

Новый физический эффект появляется только после применения сложной процедуры обработки экспериментальных данных. При изменении нескольких параметров алгоритма величина эффекта значительно меняется, а в необработанных данных он визуально неочевиден. Какой следующий шаг наиболее убедителен перед заявлением о новом научном результате?

А) Выбрать параметры обработки, при которых эффект выражен наиболее сильно;

Б) Проверить устойчивость результата к разумным вариантам обработки, применить независимый метод анализа и контрольные данные без ожидаемого эффекта;

В) Использовать только тот алгоритм, который применялся в наиболее близкой публикации;

Г) Увеличить графический контраст изображения, чтобы эффект был лучше заметен.

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Б):

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

Три исследователя измеряют одну серию образцов на одной установке. Первый систематически получает значения на 3% выше двух остальных. Какой эксперимент следует провести до объединения данных?

А) Исключить результаты первого оператора;

Б) Провести исследование межоператорной воспроизводимости на одном и том же наборе образцов при одинаковом протоколе;

Skoltech

В) Усреднить результаты трех исследователей;

Г) Использовать данные наиболее опытного оператора как эталон.

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Б):

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Как называется способность измерительной процедуры давать согласующиеся результаты при смене оператора, оборудования или лаборатории при контролируемо измененных условиях?

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

В течение проекта оптическая схема установки неоднократно менялась: заменялись объектив, фотодетектор и алгоритм обработки. Через полгода выяснилось, что невозможно установить, с какой конфигурацией были получены отдельные графики. Какой процесс следовало организовать с начала проекта?

А) Еженедельное архивирование только итоговых презентаций;

Б) Управление конфигурацией установки с фиксацией версий оборудования, схемы, программного обеспечения и параметров для каждого набора данных;

В) Использование одной папки для всех результатов;

Г) Сохранение только последней версии экспериментальной схемы.

Skoltech

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Б):

11.1.2. Методические рекомендации

Для того, чтобы получить максимальный балл за отчет (100 баллов), он должен удовлетворять следующим требованиям:

Критерии оценки

1. Студент формулирует рабочее название исследовательского проекта как краткое, но демонстрирующее суть исследовательского проекта.
2. Учащийся обобщает имеющиеся данные и описывает задачу исследования в качестве предмета исследования с точки зрения его важности и потенциала для практического применения, указывает на связь между исследованиями и инновациями. Студент разъясняет причины выбора темы проекта.
3. Студент описывает цель исследовательского проекта и предварительные конкретные задачи, на выполнение которых направлена работа.
4. Учащийся формулирует гипотезы, которые нужно проверить, или технологии, которые нужно проверить или разработать.
5. Студент производит предварительный обзор литературы/информации, который предоставляет научный контекст и соответствующую литературу для исследовательского проекта.
6. Студенты описывают методологию исследовательского проекта, которая определяет конкретный ход процесса сбора данных, анализа и (или) интерпретации результатов, иллюстрирует, как выбранный метод наилучшим образом позволяет выполнить цель проекта, и описывает методы, которые будут использоваться для разработки проекта, включая специальные программные средства, языки программирования или другие подходящие методы.
7. Учащийся составляет рабочий план, в котором излагаются последовательность, ход и сроки выполнения исследовательского проекта.

8. Студент указывает потенциальное воздействие работы на инновационную, исследовательскую и образовательную деятельность, демонстрирует их связь с предлагаемой проблемой.
9. Студент предоставляет список цитируемых источников точно и правильно.

Автономная некоммерческая образовательная организация высшего образования «Сколковский институт науки и технологий»

Утверждено

Директор образовательной программы

Дорожкин П.С.

Идентификатор документа, задачи / ID: 479406 v.1, 450401

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ПРОСТОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ /
The document is signed with a simple electronic signature

Директор образовательной программы / The Director of the program
Дорожкин Павел Сергеевич / Dorozhkin Pavel Sergeevich

Дата подписания / Date of signing 22.09.2026

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

“Инженерное 3D моделирование и проектирование”

Направление подготовки 12.04.03 Фотоника и Оптоинформатика

Квалификация “магистр”

Москва 2026

Skoltech

Название курса

Инженерное 3D моделирование и проектирование

1. Аннотация

"Индивидуальное обучение студента", часть, формируемая участниками образовательных отношений. Четверть 5, второй год обучения, курс возможно взять на первом году обучения (четверть 1).

Язык дисциплины (модуля): английский.

Ведущий преподаватель: Алексанян Артём Дмитриевич

3D моделирование - неотъемлемая часть современного проектирования. Данный курс поможет студентам изучить основы CAD-моделирования, технологию конструирования и проектирования деталей и сборочных единиц, необходимые для работы в различных областях инженерии и компьютерной графики.

Это прикладной курс в области разработки проектов посредством использования программного обеспечения для автоматизации механического проектирования, позволяющего конструкторам и дизайнерам быстро воплощать в жизнь технические идеи, выполнять эксперименты, проводить расчеты, а также создавать электронные модели изделий и подробные чертежи.

2. Материально-техническое обеспечение

Семинарская и практическая части занятий проходят в учебной аудитории.

Аудитория на 20 человек для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации:

- специализированная мебель: 10 парт парной рассадки студентов, 1 стол преподавателя, магнитно-маркерные доски

- технические средства обучения: сетевая камера видео-конференц связи, громкоговорители, дублирующий экран, моноблок

Для самостоятельной работы студенты могут использовать рабочее пространство библиотеки.

Перечень используемого ПО:

- MS Office
- Antiplagiat

3. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия

Знание стандартов ISO и ГОСТ, а также базовых принципов классической теории геометрии и проектирования не является обязательным требованием, однако будет полезно студентам.

4. Трудоёмкость

3 з.е. (1 з.е. это 27 астрономических часов)

5. Содержание курса

Л – лекции в часах
П – практики в часах
С – семинары в часах

Тема	Содержание	Л	П	С
Интерфейс, запуск и параметры САПР	Инициализация программного обеспечения. Создание, открытие и сохранение новых документов. Основные принципы работы программы. Меню программы и Менеджер команд. Дерево конструирования (Feature Manager), *Property Manager*, Менеджер команд и панели инструментов. Графическая область (Viewport) и её инструменты, методы управления видами. Параметры программы и свойства документа. Параметры интерфейса. Дублирование параметров.	2		4

Эскизы и твердотельные модели	Основная терминология. Инструменты эскиза. Объекты эскиза. Использование геометрических зависимостей. Наложение размеров. Зеркальное отражение, *Динамическое зеркало*, операторы Вырезать и Смещение (*Offset*). Создание фасок и скосов. Линейные и круговые массивы (*образцы*). Использование эскизов для создания твердотельных элементов. Элемент «Бобышка/Основание» выдавливанием и его параметры. Элемент «Бобышка/Основание» вращением и его параметры. Элемент «Бобышка/Основание» по траектории и его параметры. Элемент «Бобышка/Основание» по сечениям и его параметры. Ребро и его параметры.			6
Создание отверстий и фасок. Массивы и зеркальное отражение. Материалы и вес (масса).	Создание отверстий. Свойства и параметры. Элемент «Оболочка» (*Shell*) и его параметры. Элемент «Вырез выдавливанием» (*Extruded Cut*) и его параметры. Элемент «Вырез вращением» (*Revolved Cut*) и его параметры. Элемент «Вырез по траектории» (*Swept Cut*) и его параметры. Элемент «Вырез по сечениям» (*Lofted Cut*) и его параметры. Скругление с постоянным радиусом. Полное скругление (*Full Fillet*). Фаска (*Chamfer*). Линейный массив (*Linear Pattern*). Круговой массив (*Circular Pattern*). Массив вдоль кривой (*Curve Driven Pattern*). Массив по точкам эскиза (*Sketch Driven Pattern*). Заполняющий массив (*Fill Pattern*). Табличный / переменный массив (*Variable Pattern*). Зеркальное отражение (*Mirror*). Назначение материалов (*Applying Materials*). Отображение масс-центровочных характеристик (*Display of mass characteristics*).			6

Особенности создания и детализации сложных моделей. Создание сборок (*Assemblies*). Создание чертежей (*Drawings*).	Особенности создания эскизов. Сопряжения (*Mates*). Диагностика и решение проблем модели. Окно «Что не так?» (*What is Wrong?*). Редактирование, перегруппировка и удаление компонентов в дереве конструирования (*Feature Manager*). Отмена действий (*Undo Place*). Проектирование снизу-вверх (*Bottom-Up*) и сверху-вниз (*Top-Down*). Импорт деталей и компонентов в сборку. Работа с инструментами вращения. Ориентация моделей деталей. Сопряжения (*Mates*). Создание чертежей. Создание и управление пользовательскими видами. Добавление размеров. Добавление примечаний / заметок.	2		4
Симуляции и визуализация	Введение в симуляции. Статический, динамический анализы и анализ потоков. Визуализация основного вида, смена наборов камер и использование свойств сцены. Настройка освещения сцены, добавление новых камер и ракурсов визуализации . Подготовка к финальному рендеру.	3		3
Экзамен	Экзамен по теоретической и практической частям курса			4
Всего контактных часов:		**30 часов**		
Самостоятельная работа:		**47 часов**		
Промежуточная аттестация:		**4 часа**		
Общее кол-во часов:		**81 час**		

6. Требования к результатам освоения дисциплины

Изучение дисциплины **“Практикум английского языка”** при подготовке магистров по направлению подготовки **12.04.03 Фотоника и Оптоинформатика** направлено на приобретение следующих компетенций:

Skoltech

Код и наименование компетенции
ПК-2. Способен ставить, формализовать и решать задачи, уметь системно анализировать научные проблемы, генерировать новые идеи и создавать новое знание

7. Вид итоговой оценки

Экзамен

8. Структура оценки

Вид деятельности	Относительный вклад в итоговую оценку за курс, %
Упражнение	20
Упражнение	20
Упражнение	20
Финальный экзамен	40

9. Система оценивания

Оценка выставляется комплексно за 1) три упражнения, 2) финальный экзамен.

A, отлично 86% и выше	Оцениваемая работа выполнена с отменным качеством и свидетельствует об отличных знаниях, глубоком понимании предмета, глубоких всесторонних познаниях и умелом применении концепций и/или учебных материалов. Все результаты обучения соответствуют высокому уровню
B, хорошо 76% - 85%	Работа выполнена в соответствии с высокими стандартами и свидетельствует о наличии всесторонних познаний и хорошем понимании предмета, умении использовать соответствующие концепции, а также об умении решать проблемы, возникающие в ходе изучения предмета работы. Большая часть результатов обучения соответствует высокому уровню

C, удовлетворительно 66% - 75%	Оцениваемая работа в целом выполнена на удовлетворительном уровне и свидетельствует об адекватных знаниях и достаточном понимании предмета, однако со значительными недостатками. Большая часть результатов обучения соответствует удовлетворительному уровню
D,посредственно 56% - 65%	Оцениваемая работа выполнена на слабом уровне и свидетельствует о крайне ограниченном понимании предмета, недостаточных знаниях и имеет существенные недостатки. Удовлетворительному уровню соответствует лишь малая часть результатов обучения.
E, крайне посредственно 40% - 55%	Минимально допустимый уровень успеваемости. Оцениваемая работа выполнена на очень слабом уровне, имеет серьезные недостатки и свидетельствует о весьма низком уровне знаний, понимания и/или умений и знакомства с предметом. Удовлетворительному уровню соответствует лишь очень малая часть результатов обучения (или таких результатов нет вообще)
F, неудовлетворительно 0% - 39%	Оцениваемая работа неприемлема и свидетельствует о практическом отсутствии знаний и понимания предмета работы. Удовлетворительному уровню не соответствуют никакие результаты обучения

10. Самостоятельная работа

Самостоятельная работа по дисциплине включает:

1. Решение упражнений;
2. Подготовка к финальному экзамену;
3. Изучение литературы.

Трудоемкость самостоятельной работы - 47 часов.

Для самостоятельной работы студентам рекомендуется использовать следующие источники:

1. Engineering Modeling and Design, ISBN-13 (or ISBN-10) 9780367402693

Дополнительно методические указания по отдельным видам работ приведены в системе управления обучением “Canvas LMS”. Для доступа требуется персональный логин/пароль.

11. Фонд оценочных средств. Оценочные и методические материалы по дисциплине

Все задания для самостоятельной работы находятся в системе управления обучением “Canvas LMS”. Для доступа требуется персональный логин/пароль.

Ниже приведены примеры каждого задания и методические рекомендации по его выполнению.

11.1. Упражнения

Во время курса студентам будет дана возможность выполнить ряд практический заданий.

11.1.1. Оценочные материалы (примерный перечень домашних заданий)

Задание 1 Студентам предоставляются модели реальных деталей. Необходимо создать их 3D-модели. Для выполнения задания требуется: ● произвести замеры деталей; ● создать эскиз; ● наложить размеры; ● применить сопряжения и базовые операции моделирования для построения твердотельной геометрии.
Задание 2 Студентам предоставляются чертежи деталей. Задание направлено на преобразование 2D-чертежей в 3D-модели. Студентам необходимо использовать

массивы (паттерны), а также инструменты зеркального отражения, копирования, деформации и другие операторы. Финальным этапом выполнения задания является выбор и назначение соответствующего материала.
Задание 3 Студентам предоставляются элементы деталей, которые необходимо собрать в единую сборку. Далее им следует применить навыки визуализации (рендеринга) и симуляции. Для создания собственного рендера студенты настраивают освещение, камеры и сцены. Во второй части задания студентам необходимо приложить к деталям конкретные нагрузки и силы, а затем провести анализ механической прочности.

11.1.2. Методические рекомендации по выполнению домашней работы

Максимальный балл, который студенты могут получить по результатам выполнения каждого практического задания - 20 баллов. Всего студентам будет предложено 3 задания.

Критерии оценивания к каждому заданию:

Задание 1 Для получения максимального балла должны быть соблюдены следующие критерии: ● Погрешность измерений не должна превышать 1 мм (*accuracy ≤ 1 mm*); ● Эскиз модели детали должен быть полностью определен (цвет элементов эскиза должен быть черным); ● Модель детали должна быть создана наиболее простым (оптимальным) способом с использованием минимально возможного количества команд; ● Студентам необходимо применять сопряжения к элементам эскиза и избегать его переопределения (*over-defined*). Оценка за задание снижается, если работа студента не соответствует хотя бы одному из указанных критериев. Несоответствие любому из критериев снижает оценку на 3 балла.
Задание 2

Для получения максимального балла должны быть соблюдены следующие критерии:

- Модель детали должна быть создана строго в соответствии с размерами, указанными на чертеже;
- Если деталь проектируется как листовая (из листового металла), студентам следует использовать команды из соответствующего раздела (*Sheet Metal*);
- Деформирующие элементы должны быть применены корректно;
- Необходимо назначить соответствующие материалы;
- Дополнительно применяются критерии № 2–4 из Задания 1.

Оценка за задание снижается, если работа студента не соответствует хотя бы одному из указанных критериев. Несоответствие любому из критериев снижает оценку на **3 балла**.

Задание 3

Для получения максимального балла должны быть соблюдены следующие критерии:

- Студентам необходимо создать сборку на основе данных и видов со сборочного чертежа;
- Следует использовать базовые и расширенные (*advanced*) сопряжения;
- Студенты должны настроить камеру в соответствии с изометрическим видом на чертеже;
- Финальный вид визуализации (рендера), определяемый параметрами сцены, должен соответствовать критериям технической эстетики;
- Результаты симуляции должны быть представлены в виде надлежащего отчета, сформированного с помощью команды экспорта из программы САПР.

Оценка за задание снижается, если работа студента не соответствует хотя бы одному из указанных критериев. Несоответствие любому из критериев снижает оценку на **3 балла**.

11.2. Финальный экзамен

Skoltech

В конце курса студентов ждет финальный экзамен, который состоит в решении практического задания. По завершении практического задания преподаватель задает вопросы по теме курса.

11.2.1. Оценочные материалы (примерный перечень заданий квизов)

Экзаменационное практическое задание:
Студентам предоставляются сборка без одного компонента и сборочный чертеж. Им необходимо создать недостающий элемент (деталь) сборки и импортировать его в файл сборки. Далее студентам следует определить местоположение детали-модели и соединить её компонент со сборкой с помощью сопряжений (Mates). После этого они должны провести симуляцию модели, составить надлежащий отчет о результатах расчета и выполнить финальный рендер для визуализации.
Перечень экзаменационных вопросов:
Прочитайте задание и выберите правильный ответ. Какая панель в SolidWorks отображает хронологию построения элементов и дерево построения детали? А) PropertyManager Б) FeatureManager Design Tree (Дерево построения) В) Command Manager Г) Viewport (Область графики) **Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Б):**
Прочитайте задание и выберите правильный ответ. Какой элемент создаёт твёрдое тело вращением профиля эскиза вокруг оси?

Skoltech

А) Extrude Boss/Base (Выдавливание)
Б) Swept Boss/Base (По траектории)
В) Revolved Boss/Base (Вращение)
Г) Lofted Boss/Base (По сечениям)

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Б):

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

Какой элемент удаляет материал внутри тела, оставляя тонкие стенки заданной толщины?

А) Extruded Cut (Вырез выдавливанием)
Б) Fillet (Скругление)
В) Chamfer (Фаска)
Г) Shell (Оболочка)

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Б):

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

Каким цветом SolidWorks отображает полностью определённый (fully defined) эскиз?

А) Синий
Б) Чёрный
В) Красный
Г) Зелёный

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Б):

Skoltech

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

Какое сопряжение заставляет две цилиндрические грани иметь общую ось в сборке?

А) Coincident (Совпадение)
Б) Concentric (Концентричность)
В) Parallel (Параллельность)
Г) Tangent (Касание)

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Б):

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Согласно курсу “Инженерное 3D моделирование и проектирование” каким элементом создают тело выдавливанием эскиза перпендикулярно его плоскости?

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Согласно курсу “Инженерное 3D моделирование и проектирование” как в общем называются геометрические ограничения между объектами эскиза (совпадение, параллельность, касание…)?

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Согласно курсу “Инженерное 3D моделирование и проектирование” какой элемент скругляет острую кромку постоянным радиусом?

Напишите правильный ответ:

Skoltech

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Согласно курсу “Инженерное 3D моделирование и проектирование” какой элемент создаёт плоскую фаску на кромке?

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Согласно курсу “Инженерное 3D моделирование и проектирование” какой элемент создаёт копии элемента в виде строк и столбцов?

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Согласно курсу “Инженерное 3D моделирование и проектирование” как называются связи, задающие положение и соединение компонентов в сборке?

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Согласно курсу “Инженерное 3D моделирование и проектирование” назовите подход проектирования, при котором детали сначала создают отдельно, а затем вставляют в сборку.

Напишите правильный ответ:

Skoltech

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Согласно курсу “Инженерное 3D моделирование и проектирование” какой тип симуляции анализирует движение потока (жидкости/газа) вокруг или сквозь модель?

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Согласно курсу “Инженерное 3D моделирование и проектирование” как называется итоговое фотореалистичное изображение, полученное из света, камер и сцены?

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Согласно курсу “Инженерное 3D моделирование и проектирование” какая команда после назначения материала показывает массу, объём и центр тяжести детали?

Напишите правильный ответ:

11.2.2. Методические рекомендации по выполнению квизов

Максимальный балл, который могут получить студенты за сдачу экзамена - 40 баллов.

Для получения максимальной оценки должны быть соблюдены следующие критерии:

- Деталь должна быть создана наиболее простым (оптимальным) способом;
- Необходимо применять сопряжения (*Mates*) и избегать их переопределения (*over-defined*);
- Следует использовать корректные материалы;
- Рендер должен быть визуально привлекательным («радовать глаз»);
- Отчет по симуляции должен быть составлен правильно;
- Дополнительно необходимо учесть критерии из предыдущих заданий (критерии № 2–4 из Задания 1, все критерии из Заданий 2 и 3);
- Полные, четкие и верные ответы на вопросы преподавателя по теме курса.

Оценка за экзамен снижается, если работа студента не соответствует всем перечисленным критериям. Несоответствие любому из критериев снижает оценку на **5 баллов**.

Автономная некоммерческая образовательная организация высшего образования «Сколковский институт науки и технологий»

Утверждено

Директор образовательной программы

Дорожкин П.С.

Идентификатор документа, задачи / ID: 479406 v.1, 450401

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ПРОСТОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ /
The document is signed with a simple electronic signature

Директор образовательной программы / The Director of the program
Дорожкин Павел Сергеевич / Dorozhkin Pavel Sergeevich

Дата подписания / Date of signing 22.09.2026

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

“Практикум английского языка”

Направление подготовки 12.04.03 Фотоника и Оптоинформатика

Квалификация “магистр”

Москва 2026

Skoltech

Название курса

Практикум английского языка

1. Аннотация

"Индивидуальное обучение студента", часть, формируемая участниками образовательных отношений. Четверть 1В, первый год обучения.

Язык дисциплины (модуля): английский.

Ведущий преподаватель: Тихомирова Елизавета Владимировна

Цель курса «Практикум английского языка» - активизировать навыки академического английского языка, необходимые для успешного обучения в Сколтехе.

Студенты получат возможность практического использования академического вокабуляра и грамматики, а также смогут развить навыки чтения, письма, аудирования и говорения на научные темы. Курс использует широкий спектр современных интерактивных техник и инструментов, коммуникативную методику и принцип «обучения на практике». Выбранный формат предоставляет студентам гибкую и индивидуализированную учебную траекторию.

Автоматическая проверка онлайн заданий и персонифицированные комментарии преподавателя по письменным и устным заданиям дают возможность привлечь внимание к основным языковым трудностям, проработать их и добиться прогресса.

К концу курса студенты повторят ключевые моменты грамматики и лексики, необходимые для академической коммуникации, - будут знать, уметь определять и использовать структуру предложения, абзаца, эссе и научной статьи, - научатся писать и редактировать логично построенные, понятные, грамматически и лексически правильные тексты, - создадут собственный языковой инструментарий и портфолио материалов для дальнейшего использования в академических целях.

2. Материально-техническое обеспечение

Семинарская и практическая части занятий проходят в учебной аудитории.

Аудитория на 20 человек для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ),

групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации:

- специализированная мебель: 10 парт парной рассадки студентов, 1 стол преподавателя, магнитно-маркерные доски

- технические средства обучения: сетевая камера видео-конференц связи, громкоговорители, дублирующий экран, моноблок

Для самостоятельной работы студенты могут использовать рабочее пространство библиотеки.

Перечень используемого ПО:

- MS Office
- Antiplagiat

3. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия

Уровень английского языка - не ниже B1.

4. Трудоёмкость

3 з.е. (1 з.е. это 27 астрономических часов)

5. Содержание курса

Л – лекции в часах
П – практики в часах
С – семинары в часах

Тема	Содержание	Л	П	С
Академическая грамматика	Неправильные глаголы, обзор времен, последовательность времен. Формы вопросов. Косвенная речь. Пассив. Условные. Модальные глаголы. Существительные. Исчисляемые и неисчисляемые существительные. Именные	0	2	3

	словосочетания. Относительные предложения. Артикли. Местоимения. Прилагательные. Наречия. Герундий и инфинитивы. Порядок слов.			
Академический словарный запас	Ключевые существительные, глаголы, прилагательные и наречия академического английского языка. Фразовые и предложные глаголы. Идиомы. Метафоры. Комбинации слов. Словосочетания. Фиксированное расширение.	0	2	3
Академическое чтение	Чтение смоделированных и аутентичных текстов, связанных с наукой и техникой. Просмотровое чтение (Скимминг). Сканирование текста. Выделение ключевых идей текста. Выделение специальной информации в тексте. Выявление фактов, предположений, мнений; приемы убеждения, логические ошибки, причины и последствия.	0	2	3
Навыки восприятия на слух	Прослушивание TED-выступлений и других аутентичных записей. Навыки активного слушания: восприятие на слух ключевых идей, конкретной информации, определенной грамматики и лексики.	0	2	3
Письмо	Написание абзацев, мини-текстов и эссе на заданную тему, с целью объяснить, аргументировать, убедить, сравнивать, определять, использовать методы хеджирования и т. д.	0	2	3
Говорение. Самопрезентация в видеоформате.	Работа над произношением, интонацией, контроль за телом, мимикой, жестами. Запись двухминутного видео на заявленную тему с определенной поставленной целью (техники объяснения, аргументирования, убеждения, сравнения, хеджирования). Презентация индивидуального проекта перед аудиторией.	0	2	3
Всего контактных часов:		**30 часов**		
Самостоятельная работа:		**48 часов**		

Skoltech

Промежуточная аттестация:	**3 часа**
Общее кол-во часов:	**81 час**

6. Требования к результатам освоения дисциплины

Изучение дисциплины **“Практикум английского языка”** при подготовке магистров по направлению подготовки **12.04.03 Фотоника и Оптоинформатика** направлено на приобретение следующих компетенций:

Код и наименование универсальной компетенции	**Код и наименование индикатора достижения универсальной компетенции**
УК-4. Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия	УК-4.1. Знает: - правила и закономерности личной и деловой устной и письменной коммуникации - современные коммуникативные технологии на русском и иностранном языках - существующие профессиональные сообщества для профессионального взаимодействия УК-4.2. Умеет: - применять на практике коммуникативные технологии, методы и способы делового общения для академического и профессионального взаимодействия УК-4.3. Владеет: - методикой межличностного делового общения на русском и иностранном языках, с применением профессиональных языковых форм, средств и современных коммуникативных технологий

7. Вид итоговой оценки

Зачет

8. Структура оценки

Вид деятельности	**Относительный вклад в итоговую оценку за курс, %**
Домашние задания	50

Тест/Квиз	30
Финальный проект	20

9. Система оценивания

Для получения оценки “зачтено” студент должен набрать минимум 45% (т.е. 45 баллов) по результатов выполнения трех видов деятельности, описанных в п.8.

зачтено (85 баллов и выше)	Оцениваемая работа выполнена с отменным качеством и свидетельствует об отличных знаниях, глубоком понимании предмета, глубоких всесторонних познаниях и умелом применении концепций и/или учебных материалов. Все результаты обучения соответствуют высокому уровню
зачтено (75-84 балла)	Работа выполнена в соответствии с высокими стандартами и свидетельствует о наличии всесторонних познаний и хорошем понимании предмета, умении использовать соответствующие концепции, а также об умении решать проблемы, возникающие в ходе изучения предмета работы. Большая часть результатов обучения соответствует высокому уровню
зачтено (65-74 балла)	Оцениваемая работа в целом выполнена на удовлетворительном уровне и свидетельствует об адекватных знаниях и достаточном понимании предмета, однако со значительными недостатками. Большая часть результатов обучения соответствует удовлетворительному уровню
зачтено (55-64 балла)	Оцениваемая работа выполнена на слабом уровне и свидетельствует о крайне ограниченном понимании предмета, недостаточных знаниях и имеет существенные недостатки. Удовлетворительному уровню соответствует лишь малая часть результатов обучения.
зачтено	Минимально допустимый уровень успеваемости. Оцениваемая работа выполнена на очень слабом

(45-54 балла)	уровне, имеет серьезные недостатки и свидетельствует о весьма низком уровне знаний, понимания и/или умений и знакомства с предметом. Удовлетворительному уровню соответствует лишь очень малая часть результатов обучения (или таких результатов нет вообще)
незачтено (44 балла и меньше)	Оцениваемая работа неприемлема и свидетельствует о практическом отсутствии знаний и понимания предмета работы. Удовлетворительному уровню не соответствуют никакие результаты обучения

10. Самостоятельная работа

Самостоятельная работа по дисциплине включает:

1. Подготовка домашних заданий;
2. Решение Тестов/Квизов;
3. Подготовка финального проекта;
4. Изучение литературы.

Трудоемкость самостоятельной работы - 48 часов.

Для самостоятельной работы студентам рекомендуется использовать следующие источники:

1. Michael McCarthy, Felicity O'Dell, Academic Vocabulary in Use, Cambridge University Press, 2008. ISBN-13 (or ISBN-10): 9781107591660

2. Porter, D. Check your vocabulary for Academic English. 3rd Edition, 2007. ISBN-13 (or ISBN-10): 9780713682854

3. Oxford Grammar for EAP Oxford University Press, 2017. ISBN-13 (or ISBN-10): 9780194329996

Дополнительно методические указания по отдельным видам работ приведены в системе управления обучением “Canvas LMS”. Для доступа требуется персональный логин/пароль.

Skoltech

11. Фонд оценочных средств. Оценочные и методические материалы по дисциплине

Все задания для самостоятельной работы находятся в системе управления обучением “Canvas LMS”. Для доступа требуется персональный логин/пароль.

Ниже приведены примеры каждого задания и методические рекомендации по его выполнению.

11.1. Домашние задания

Во время курса студентам будет дана возможность выполнить ряд домашних заданий.

11.1.1. Оценочные материалы (примерный перечень домашних заданий)

Домашнее задание 1
Следуйте инструкциям и перефразируйте отрывки. 1) Прочтите отрывок в оригинале несколько раз, пока не поймете его как следует. Возможно, вам будет полезно подчеркнуть основные моменты. 2) Делайте пометки в отведенном месте, меняя словарный запас везде, где это возможно. 3) Напишите свой пересказ своими словами. Не забудьте изменить как словарный запас, так и структуру предложения. 4) Проверьте свой пересказ, чтобы убедиться, что вы не изменили смысл оригинального отрывка. 5) Не забудьте сослаться на источник.

Skoltech

Rewrite each sentence, using the word in brackets.

1 There is no direct link between how well a CEO is remunerated and the success of a company. (remuneration)
2 The mineral wealth of the Ural mountains has had a fundamental effect on the region's history. (fundamentally)
3 South Korea has the economic ability to buy its way out of any regional recession. (able)
4 It is beneficial for students to have undergraduates and postgraduates studying some of the same courses. (benefit – verb)
5 Markets can self-adjust to bring inflation under control. (self-adjustment)
6 Self-publishing ventures often owe their success to the power of the internet. (successful)
7 The ultimate effect of the rise of national pride in post-colonial countries is positive. (ultimately)
8 A thorough investigation of the different ways to collect payment is essential for the sole trader. (investigate)

Домашнее задание 2

Ознакомьтесь с материалами по ссылке (6bdde7f57772e51a8463e76718e036d7.jpg (620×4547) (pinimg.com)) и ответьте на вопросы:

Какими методами обучения вы уже пользуетесь?

Какие методы вы бы хотели попробовать?

Какие методы вам не подойдут по вашему мнению?

Сделали вы какие-то заметки для себя?

Что вы для себя вынесли из данного материала?

Skoltech

1. Which of the study tips do you already use?
2. Which will you try?
3. Which of the study tips do you feel are wrong for you?
4. Did you take any notes during this lesson?
5. What did you learn from the infographic?

Домашнее задание 3

Начните вести дневник читателя “Reading Diary”

Пожалуйста, приведите 5 словарных единиц из научных статей, которые вы читали, и предоставьте полную ссылку на источник в соответствии с форматом IEEE (требования к форматированию приведены в Google).

Имя файла: YOURNAME_ReadingDiary

Словарная единица	**Объяснение на английском языке**	**Перевод (необязательный)**	**Предложение из исследовательской работы в качестве примера**	**Ссылка на документ**
поле для ввода	*поле для ввода*	*поле для ввода*	*поле для ввода*	*поле для ввода*

11.1.2. Методические рекомендации по выполнению домашней работы

Максимальный балл, который студенты могут получить по результатам выполнения домашних работ - 50 баллов.

Skoltech

Вес каждого задания - 10 баллов.

Для получения максимального балла (10) студент должен:

1) ответить правильно, полно, структурировано и четко на все вопросы из домашнего задания;
2) загрузить домашнее задание на Canvas страницу курса в установленные преподавателем сроки.

Если студент не загрузил домашнее задание вовремя, то снимается 3 балла за каждые 15 часов пропуска.

Баллы также снимаются, если задание не выполнено полностью. Преподаватель снимает баллы соразмерно объему выполненной работы.

Если студент на загрузил работу на Canvas страницу курса вовсе, то выставляется 0 баллов.

11.2. Тест/Квиз

Каждому студенту будет дана возможность пройти несколько квизов во время обучения на курсе.

11.2.1. Оценочные материалы (примерный перечень заданий квизов)

Квиз 1
Сформируйте сложные предложения, добавив еще одно независимое предложение к следующему независимому предложению. Обязательно напишите законченное предложение, содержащее подлежащее и глагол. Обведите координатор и добавьте знаки препинания. Первое предложение было сделано для вас в качестве примера. Образец: 1. The college campus is located in the center of the city, (so) it is very easy to get there by public transportation. Вопросы: 1. According to the Big Bang theory, the universe began expanding about 13.7 billion years ago and 2. Does the universe have an outer edge or 3. Scientists predict that intelligent life exists somewhere in the universe but
Квиз 2
Объедините предложения из каждого пункта в новое предложение, в котором

Skoltech

показана причинно-следственная связь. Используйте указанное слово или фразу, обозначающие причину или следствие, для формирования нового предложения.
В большинстве предложений вам придется добавлять, удалять или изменять слова.

1. (thus)
There are fewer hours of daylight.
In winter, the sun is lower in the sky.

2. (since)
Some breeds of dogs have a stronger desire to perform a service than other breeds.
They are more suitable as search-and-rescue animals.

3. (due to)
Seals and other aquatic mammals can see when they are hunting for food in the dark ocean depths at night.
They have very large eyes.

4. (consequently)
Metals have many free-moving electrons.
Metals are good conductors of heat.

5. (as a result)
My company began offering employees flexible working hours.
Productivity has increased.
Absenteeism has declined.

6. (hence)
Radiation could escape into the atmosphere.
The Chernobyl nuclear power plant had no confinement shell.

7. (because of)
Operators had disregarded safety rules.
The nuclear reactor at Chernobyl underwent a meltdown.

8. (thereby) Note: You must change the verb rise to raise.
During a weather phenomenon known as El Nino, a mass of warm water flows eastward across the Pacific Ocean toward South America.
The temperature of the water off the coast of Peru rises as much as 10°F.

9. (therefore)
Weather around the world changes.
During an El Nino, the jet stream blows in a different pattern.

Skoltech

10. (cause - verb)
In some areas of the world, heavy rains fall.
Devastating floods and mudslides happen.

11. as a result of
In other parts of the world, thousands of people suffer starvation.
Drought happens.

Квиз 3

Исправьте восемь орфографических и других словарных ошибок в этих предложениях, вписав правильные варианты в предоставленные поля. Если в предложении более одной ошибки, разделите слова на /:

1. It was very difficult to make reliable interferences from the data as we had so little.

2. A correlational study is a good way of seeing if one phenomena is related to another in a system way.

3. The experiment neither proved nor deproved Jessop's theory.

4. We had to explain the unusual scores of five of the subjets in the sample, who all had totals well below the norm. It was possible there were unaccuracies in the data.

5. An exterior observer can often unintentionally erupt the behaviour of the subjects they are observing.

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

Which of the following is a key feature of Academic English?

А) Not using contractions (e.g., "don't," "can't") to create a formal tone.
Б) Reliance on personal anecdotes and emotional boosting language to persuade the reader.
В) Formal tone, precise vocabulary, terminology, nominalizations, and following the clear structure for each genre.
Г) Simple sentence structures and informal idioms to ensure broad accessibility.

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Б):

Skoltech

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

What is the conventional structure of a well-developed academic paragraph (sandwich)?

А) A question, followed by a series of contrasting viewpoints.
Б) A general statement, a quote, and a conclusion.
В) A topic sentence, supporting sentences with evidence or examples, and a concluding or linking sentence.
Г) An introductory phrase, a list of facts, and a rhetorical question.

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Б):

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

Which of the following is an effective paraphrasing technique?

А) Changing a few words to their synonyms while keeping the original sentence structure exactly the same.
Б) Using quotation marks around the original text and citing the source.
В) Reading the original text, understanding it, outlining the key terms, and then rewriting the idea in your own words and sentence structure.
Г) Copying the original text but omitting a few less important details.

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Б):

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

What is the primary difference between a persuasive essay and an argumentative essay?

А) A persuasive essay uses only logical data, while an argumentative essay relies on emotions.
Б) A persuasive essay is shorter and less formal than an argumentative essay.
В) A persuasive essay often appeals to emotion and personal belief to convince the reader, while an argumentative essay relies more on logic, evidence, acknowledging counterarguments and providing

Skoltech

rebuttals.
Г) There is no difference; the two terms are completely interchangeable.

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Б):

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

Which of the following is NOT a typical structural element of an argumentative essay?

А) A clear thesis statement that takes a debatable position.
Б) Acknowledgment and refutation of counterarguments.
В) A chronological narrative of events leading to a personal conclusion.
Г) Body paragraphs that present evidence and logical reasoning linking them to the original claim.

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Б):

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Which rhetorical appeal relies primarily on credibility and authority?

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Which logical appeal depends on facts, statistics, and reasoning?

Напишите правильный ответ:

Skoltech

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Which emotional appeal seeks to influence readers' feelings?

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

What term describes a concise restatement of opposing arguments before rebuttal?

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

What provides factual support for a claim?

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

What final section reinforces the thesis and main points?

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

What term describes addressing opposing viewpoints?

Skoltech

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Which quality measures how relevant and strong the evidence is?

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

What identifies the targeted group the essay aims to persuade?

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

What term names a false or misleading argument structure?

Напишите правильный ответ:

11.2.2. Методические рекомендации по выполнению квизов

Максимальный балл, который могут получить студенты за выполнение всех квизов - 30 баллов.

Вес каждого квиза - 10 баллов.

Для получения максимального балла (10) студент должен:

3) ответить правильно, полно, структурировано и четко на все вопросы из домашнего задания;
4) выполнить квиз на Canvas странице курса в установленные преподавателем сроки.

Если студент не выполнил квиз вовремя, то снимается 3 балла за каждые 15 часов пропуска.

Баллы также снимаются, если задание не выполнено полностью. Преподаватель баллы соразмерно объему выполненной работы.

Если студент на выполнил квиз на Canvas странице курса вовсе, то выставляется 0 баллов.

11.3. Финальный проект

Что из себя подразумевает финальный проект: запись двухминутного видео на заявленную тему с определенной поставленной целью (техники объяснения, аргументирования, убеждения, сравнения).

Презентация индивидуального проекта проходит перед аудиторией.

11.3.1. Оценочные материалы (примерный перечень тем для финального проекта)

Задание для финального проекта 1
Пожалуйста, ознакомьтесь с предложенными примерами плагиата и решите, какие из них являются плагиатом, а какие нет. Сделайте 2-минутное видеозапись (с помощью камеры телефона или компьютера) и объясните свои решения по каждому конкретному случаю. Будьте готовы выступить на занятии, показать Вашу видеозапись и отвечать на вопросы одногруппников.

Skoltech

Scenario 1

Annisa is a student who has been working with a writing center tutor on a paper for her English class. Her tutor, Farel, has studied in the United States for several years and is fluent in English. Annisa has been going to the writing center for about a week and feels that Farel offers a lot of great advice. He often crosses out two or three sentences and rewrites them for her. She doesn't really understand the new sentences, but trusts that Farel knows what he is doing. He even sometimes asks Annisa what she is thinking and then writes a new sentence for her. If Annisa turns the paper in for her class, has she plagiarized?

Scenario 2

Professor Rafi is working with a student on a research project. The student graduated before the paper was published, though, and has left the city for a job elsewhere. Before she left, the student completed her half of the research, leaving Rafi with the resultant data. Rafi uses that data in a new project and writes an article for publication without consulting his old student. Is Rafi allowed to claim that he is the only author?

Scenario 3

Gita is a student working on a paper for her economics class. She knows her roommate took the class the previous year. She asks her roommate for help with the paper and uses a lot of her roommate's sources and ideas. Carla then turns the paper to her professor. Has she plagiarized?

Scenario 4

Abigail is an associate professor of linguistics and has published several original research papers in international journals and more than ten articles in national journals. She has spent several weeks compiling notes for a literature review that she hopes to send to a national journal in a few weeks. Unfortunately, when she looks at her notes, she can't remember if the words are directly quoted from the original source or if she paraphrased the information while she was reading. She no longer has the books at her home. What can she do?

Scenario 5

Henry is enrolled in a two-credit art class. In addition to a final art project, he also has to write a five-page essay on a historic art movement of his choice. He uses a lot of material from the Internet in his essay, and he doesn't have time to cite it properly. He figures it is OK since most of his grade is based on the art project. The class isn't really an academic class, so Henry figures it doesn't matter whether the quotes are cited properly. Is he guilty of plagiarism.

Задание для финального проекта 2

Skoltech

Сделайте 2-минутное видеозапись (с помощью камеры телефона или компьютера) и ответьте на 6 вопросов ниже.

Будьте готовы выступить на занятии, показать Вашу видеозапись и отвечать на вопросы одногруппников.

1. What surprised you most about the information in the infographic?
2. How worried are you about your digital footprint?
3. What kind of legal protection should exist for people using the internet?
4. How will you change your behaviour to protect or improve your digital footprint?
5. What can you find out about yourself on Google?
6. How can you make your digital footprint more positive?

11.3.2. Методические рекомендации по выполнению финального проекта

Максимальный балл, который студент может получить за выполнение финального проекта - 20 баллов.

Критерии оценивания презентации следующие:

- представленное видео не меньше 1мин 50 сек, но не больше 2 мин 10 сек. (2 балла);
- студент ответил на все вопросы преподавателя и аудитории. При ответах были использованы техники объяснения, аргументирования, убеждения, сравнения, хеджирования (6 баллов);
- видео студента содержательно, хорошо структурировано, а также демонстрирует ответы на все вопросы (7 баллов);
- также, оцениваться будут произношение, интонация, контроль за телом, мимикой, жестами (5 баллов).

Автономная некоммерческая образовательная организация высшего образования «Сколковский институт науки и технологий»

Утверждено

Директор образовательной программы

Дорожкин П.С.

Идентификатор документа, задачи / ID: 479406 v.1, 450401

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ПРОСТОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ /
The document is signed with a simple electronic signature

Директор образовательной программы / The Director of the program
Дорожкин Павел Сергеевич / Dorozhkin Pavel Sergeevich

Дата подписания / Date of signing 22.09.2026

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

“Основы академического английского”

Направление подготовки 12.04.03 Фотоника и Оптоинформатика

Квалификация “магистр”

Москва 2026

Skoltech

Название курса

Основы академического английского

1. Аннотация

Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО: относится к Модулю 5. "Индивидуальное обучение студента",часть, формируемая участниками образовательных отношений. Четверть 2 или четверть 3, первый год обучения.

Язык дисциплины (модуля): английский.

Ведущий преподаватель: Тихомирова Елизавета Владимировна

Навыки академического письма необходимы для проведения эффективных исследований, инновационной и образовательной деятельности в многонациональной среде.

Цель курса состоит в том, чтобы дать студентам рекомендации и рассказать о стратегиях написания академических текстов, уделяя особое внимание определенным аспектам грамматики, лексики и стилистики.

Курс включает в себя анализ и практическое применение различных форм научного и технического письма. Курс развивает навыки письма от составления предложений до работы над структурой параграфа, а также закладывает базу, необходимую для написания научных статей и магистерской диссертации.

Современная наука в большинстве случаев является коллективным совместным усилием, поэтому курс предназначен для продвижения индивидуальной и групповой ответственности путем предоставления взаимосвязанных задач с четкими временными рамками (например, экспертная оценка одногруппников).

Курс включает в себя процесс интенсивного письма с возможностью практики навыков редактирования и рецензирования.

2. Материально-техническое обеспечение

Семинарская и практическая части занятий проходят в учебной аудитории.

Аудитория на 20 человек для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации:

- специализированная мебель: 10 парт парной рассадки студентов, 1 стол преподавателя, магнитно-маркерные доски

- технические средства обучения: сетевая камера видео-конференц связи, громкоговорители, дублирующий экран, моноблок

Для самостоятельной работы студенты могут использовать рабочее пространство библиотеки.

Перечень используемого ПО:

- MS Office
- Antiplagiat

3. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия

Уровень английского языка - не ниже B1.

4. Трудоёмкость

3 з.е. (1 з.е. это 27 астрономических часов)

5. Содержание курса

Л – лекции в часах
П – практики в часах
С – семинары в часах

Тема	Содержание	Л	П	С
Академическое общение и дискурс. Основы. Предложение как составная часть текста.	Академическое общение в образовательной и профессиональной среде. Анализ аудитории. Цель. Обзор основных характеристик академического языка: особенности вокабуляра, грамматики и стилистики. Формализм. Основные научные жанры. План научной работы: основные части и лингвистические характеристики. Процесс написания.”Нет такого понятия как идеальный	1	1	1

	первый черновой вариант”: исправление и корректировка своей работы. Оценивание одногруппников: типичные, общие проблемы при написании научной работы. Пример L1 и влияние на почерк. Предложение как составляющая часть текста. Типичная структура предложения. Основные камни преткновения: порядок слов и согласование глагола и подлежащего.			
Язык науки и особенности определенных дисциплин. Предложение и его части.	Язык науки и особенности дискурса в рамках определенных дисциплин/тематик. Изменения и тенденции в академическом письме, касающиеся грамматики лексики и стилистики. Предложение и его структура. Сбор тезисов в предложение, разбор предложения по тезисам. Длина предложения. Современные диджитал инструменты, которые могут помочь в написании научных работ.	1	1	1
От предложения к параграфу: структура, развитие идей, связывающие механизмы.	Типичная структура параграфа. Вводное предложение. Единство и связь: связываем идеи внутри параграфа. Слова-связки: в каких случаях применяются. Поддержание логики при построении идей. Параллельные конструкции. Варьирование языка: синонимы, словосочетания. Современные цифровые инструменты для работы с синонимами и словосочетаниями. Пунктуация предложения и абзаца. Методы написания четких и лаконичных текстов. Сбалансированное использование профессиональной терминологии.	1	1	1
Академическая честность. Плагиат. Работа с источниками информации: правила цитирования и ссылок. Библиография. Перефразирование и обобщение как ключевые	Объединение абзацев в текст. Составление текста. Конкретные общие и общие конкретные тексты. Академическая честность. Виды плагиата. Плагиат: правила, цитирование и ссылки. Стили ссылок. Библиография. Список литературы. Перефразирование и резюмирование как ключевые академические навыки.	1	1	1

академические навыки.				
Перефразирование и резюмирование как ключевые академические навыки.	Перефразирование абзаца: ключевые приемы. Правила резюмирования текста. Сформулировать то, что говорят другие: факты и мнения. Комбинирование информации из разных источников: сравнение и противопоставление. Фразовые глаголы в академическом письме. Современные цифровые инструменты для выражения лексической и грамматической точности.	1	1	1
Идеальный драфт. От написания до редактирования. Аннотация.	Цикл: от написания до редактирования. Советы и приемы по редактированию. Структура логического языка. Коллегиальное редактирование: этические и технические вопросы. Аннотация как неотъемлемый параграф с резюмированием идей. Типы, функция и лингвистические особенности аннотации.	1	1	1
Пассивный залог	Последние тенденции использования пассивного залога в разных дисциплинах. Различия в использовании пассивного залога в британских и американских публикациях. Функция пассивного залога и его проявление в разных частях исследовательской работы. Виды конструкций.	1	1	1
Жанры академического письма. Эссе, типы эссе.	Виды эссе в академическом письме. Специфика и задачи каждого типа. Элементы и приемы аргументации. Язык убеждения.	1	1	1
Написание эссе	Причинно-следственные связи в эссе. Организация и применение. Хеджирование. Модальные глаголы. Описание данных. Работа над финальным проектом: подготовка эссе, обсуждение.	1	1	1
Написание эссе (продолжение)	Сравнение / противопоставление в эссе. Организация и применение. Условные конструкции. Работа над финальным проектом: подготовка эссе, обсуждение.	1	1	1
Применение изученного в финальном драфте	Применение изученного в финальном драфте. Учесть комментарии/замечания, полученные от одногруппников и преподавателя. Дополнительные советы для написания и редактированию научной работы. Работа над	1	1	1

	финальным проектом: подготовка эссе, обсуждение.			
Финальное занятие. Дискуссия.	Задание на редактирование текста в классе. Участие в дискуссии.	1	1	1
Всего контактных часов:		**36 часов**		
Самостоятельная работа:		**42 часа**		
Промежуточная аттестация:		**3 часа**		
Общее кол-во часов:		**81 час**		

6. Требования к результатам освоения дисциплины

Изучение дисциплины **“Основы академического английского”** при подготовке магистров по направлению подготовки **12.04.03 Фотоника и Оптоинформатика** направлено на приобретение следующих компетенций:

Код и наименование универсальной компетенции	**Код и наименование индикатора достижения универсальной компетенции**
УК-4. Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия	УК-4.1. Знает: - правила и закономерности личной и деловой устной и письменной коммуникации - современные коммуникативные технологии на русском и иностранном языках - существующие профессиональные сообщества для профессионального взаимодействия УК-4.2. Умеет: - применять на практике коммуникативные технологии, методы и способы делового общения для академического и профессионального взаимодействия УК-4.3. Владеет: - методикой межличностного делового общения на русском и иностранном языках, с применением профессиональных языковых форм, средств и современных коммуникативных технологий

7. Вид итоговой оценки

Зачет

8. Структура оценки

Skoltech

Вид деятельности	Относительный вклад в итоговую оценку за курс, %
Домашние задания	40
Финальная презентация	40
Участие во время занятий	20

9. Система оценивания

Для получения оценки “зачтено” студент должен набрать минимум 45% (т.е. 45 баллов) по результатам выполнения трех видов деятельности, описанных в п.8.

зачтено (85 баллов и выше)	Оцениваемая работа выполнена с отменным качеством и свидетельствует об отличных знаниях, глубоком понимании предмета, глубоких всесторонних познаниях и умелом применении концепций и/или учебных материалов. Все результаты обучения соответствуют высокому уровню
зачтено (75-84 балла)	Работа выполнена в соответствии с высокими стандартами и свидетельствует о наличии всесторонних познаний и хорошем понимании предмета, умении использовать соответствующие концепции, а также об умении решать проблемы, возникающие в ходе изучения предмета работы. Большая часть результатов обучения соответствует высокому уровню
зачтено (65-74 балла)	Оцениваемая работа в целом выполнена на удовлетворительном уровне и свидетельствует об адекватных знаниях и достаточном понимании предмета, однако со значительными недостатками. Большая часть результатов обучения соответствует удовлетворительному уровню
зачтено (55-64 балла)	Оцениваемая работа выполнена на слабом уровне и свидетельствует о крайне ограниченном понимании предмета, недостаточных знаниях и имеет существенные недостатки.

	Удовлетворительному уровню соответствует лишь малая часть результатов обучения.
зачтено (45-54 балла)	Минимально допустимый уровень успеваемости. Оцениваемая работа выполнена на очень слабом уровне, имеет серьезные недостатки и свидетельствует о весьма низком уровне знаний, понимания и/или умений и знакомства с предметом. Удовлетворительному уровню соответствует лишь очень малая часть результатов обучения (или таких результатов нет вообще)
незачтено (44 балла и меньше)	Оцениваемая работа неприемлема и свидетельствует о практическом отсутствии знаний и понимания предмета работы. Удовлетворительному уровню не соответствуют никакие результаты обучения

10. Самостоятельная работа

Самостоятельная работа по дисциплине включает:

1. Подготовка домашних заданий;
2. Подготовка к финальной презентации;
3. Изучение литературы.

Трудоемкость самостоятельной работы - 42 часа.

Для самостоятельной работы студентам рекомендуется использовать следующие источники:

1. Oshima A., Hogue A. Writing Academic English Level 4. Longma. ISBN-13 (or ISBN-10): 978013152359

2. John M. Swales & Christine B. Feak. Academic Writing for Graduate Students, 3rd Edition, 2012 Essential Tasks and Skills, 3rd Edition DOI: 10.3998/mpub.2173936. ISBN-13 (or ISBN-10): 9780472034758

3. Koerber D., Allen G., Clear, Precise, Direct: Strategies for Writing. Oxford University Press, 2015. ISBN-13 (or ISBN-10): 9780199006403

4. Bailey S. Academic Writing. A Handbook for International Students. 3rd Edition, 2011. ISBN-13 (or ISBN-10): 9780415595810

5. Michael McCarthy, Felicity O'Dell, Academic Vocabulary in Use, Cambridge University Press, 2008 . ISBN-13 (or ISBN-10): 9781107591660

Дополнительно методические указания по отдельным видам работ приведены в системе управления обучением “Canvas LMS”. Для доступа требуется персональный логин/пароль.

11. Фонд оценочных средств. Оценочные и методические материалы по дисциплине

Все задания для самостоятельной работы находятся в системе управления обучением “Canvas LMS”. Для доступа требуется персональный логин/пароль.

Ниже приведены примеры каждого задания и методические рекомендации по его выполнению.

11.1. Домашние задания

Во время курса студентам будет дана возможность выполнить ряд домашних заданий.

11.1.1. Оценочные материалы (примерный перечень домашних заданий)

Домашнее задание 1
Прочитайте данные материалы (Space Tourism (genially.com)). Ответьте на любые три из этих вопросов. Используйте полные предложения. В каждом вопросе используйте не менее трех предложений.

Skoltech

1. How would you feel about going into space?
2. How do you think a trip into space would change your perspective on life?
3. Which would you prefer $100,000 or a trip into space?
4. How much would you be willing to pay to go into space?
5. How do you think space tourism benefits humanity?
6. How do you think space tourism damages humanity?
7. How important is space research?
8. Which of these things do you think is most worth investing in?
    - Going to the moon
    - Going to Mars
    - Finding out more about black holes in space
    - Research into astroids that may come close to Earth

Домашнее задание 2

Видео для просмотра - youtube.com/watch?v=qPQQwqGWktE

Мы обсудили космический лифт и его плюсы и минусы.

На этом уроке объяснялось, как возможная технология будущего может возродить космическую гонку, значительно снизив стоимость и сложность транспортировки грузов в космос.

Но зачем нам вообще расширять доступ к космосу?

Почему космос так важен для нашего нынешнего этапа развития как цивилизации?

Какие виды деятельности позволяют нам осуществлять спутники сегодня?

Каково ваше мнение? Будет ли построена космическая станция? Как скоро?

11.1.2. Методические рекомендации по выполнению домашней работы

Максимальный балл, который студенты могут получить по результатам выполнения домашних работ - 40 баллов.

Вес каждого задания - 10 баллов.

Для получения максимального балла (10) студент должен:

1) ответить правильно, полно, структурировано и четко на все вопросы из домашнего задания;
2) загрузить домашнее задание на Canvas страницу курса в установленные преподавателем сроки.

Если студент не загрузил домашнее задание вовремя, то снимается 3 балла за каждые 15 часов пропуска.

Баллы также снимаются, если задание не выполнено полностью. Преподаватель снимает баллы соразмерно объему выполненной работы.

Если студент на загрузил работу на Canvas страницу курса вовсе, то выставляется 0 баллов.

11.2. Финальная презентация

Каждый студент должен выступить перед аудиторией с финальной презентацией. После выступления каждый студент отвечает на вопросы преподавателя и одногруппников.

11.2.1. Оценочные материалы (финальная презентация)

Воспользуйтесь разделом "Информация о материалах и методах написания" на Canvas странице курса, папка "Файлы и страницы".

Проверьте загруженные вами статьи и те, которые вы сейчас читаете по другим курсам, и обратите внимание на то, как этот раздел представлен в вашей дисциплине.

Подготовьте презентацию со слайдами. Потренируйтесь в презентации. Продолжительность не должна превышать 5 минут!

СОДЕРЖАНИЕ: любые исследования, которые вы проводите сейчас / ваши исследования для магистратуры или бакалавриата / ваши исследования для других курсов.

Сосредоточьтесь на разделе "Методы". Он отвечает на вопрос "КАК вы это сделали"?

структура:

Skoltech

1. Титульный слайд: название вашего исследования, ваше имя, фамилия вашего научного руководителя.

2. Вопрос/ гипотеза вашего исследования: ЧТО вы хотите выяснить?

3. Ваши материалы == объект вашего исследования == ЧТО вы изучаете?

и

Ваши методы == обработка вашего объекта == что вы делаете, какие шаги предпринимаете, каким протоколам следуете, какой конвейер экспериментов используете.

4. ПОЧЕМУ ваши текущие методы оптимальны/лучше/превосходят любые другие методы, используемые для решения аналогичной задачи (используйте аргументы из уже выполненного вами задания) ==Обоснуйте выбор вашего метода.

5. Заключение: Каких результатов вы надеетесь достичь, используя эти методы? (вспомните свой исследовательский вопрос и гипотезу). Если вы говорите о своем исследовании на степень бакалавра, то укажите, чего вам удалось достичь.

6. Список литературы в IEEE

11.2.2. Методические рекомендации по выполнению финальной презентации

Максимальный балл, который студент может получить за выполнение финального проекта - 40 баллов.

Критерии оценивания презентации следующие:

- представленное видео не меньше 4мин 50 сек, но не больше 5 мин 10 сек. (4 балла);
- студент ответил на все вопросы преподавателя и аудитории. При ответах были использованы техники объяснения, аргументирования, убеждения, сравнения, хеджирования (12 баллов);
- презентация студента содержательна, хорошо структурирована, а также демонстрирует ответы на все вопросы (14 баллов);
- также, оцениваться будут произношение, интонация, контроль за телом, мимикой, жестами (10 баллов).

11.3. Участие во время занятий

Ожидается, что студенты во время занятий будут активно выполнять задания, предлагаемые преподавателем, а также отвечать и задавать вопросы.

Skoltech

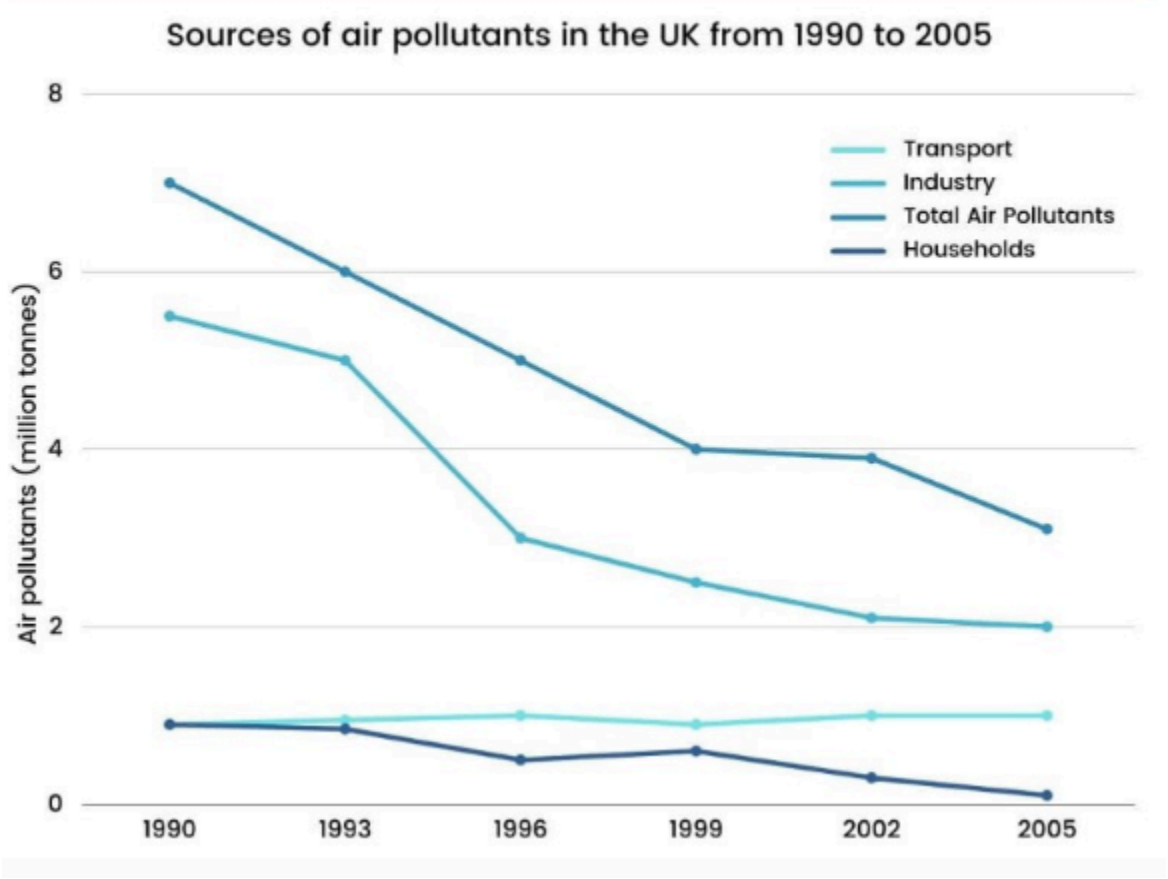
Посещение всех занятий обязательно. Пропуски допускаются только при наличии уважительной причины, подтвержденной документально (мед. справки итд).

11.3.1. Оценочные материалы (примерный перечень заданий для решения в классе)

1) Теперь, когда вы познакомились с новыми людьми, расскажите нам, пожалуйста, о группе, у которой вы брали интервью: в чем их уникальность? Похожие? Другие? Какой опыт работы с интернет-провайдером был у них лучшим? Видите ли вы какой-либо синергетический эффект от работы с этими людьми? 2) Обрисуйте свои цели в отношении этого курса. Чего вы обещаете достичь себе и преподавателю? 2.1. Каков будет наилучший РЕЗУЛЬТАТ от этого КУРСА? 2.2. Как вы УЗНАЕТЕ, что достигли своей цели? 2.3. Что может ПОМОЧЬ вам достичь вашей цели? 2.4. Что может ПОМЕШАТЬ вам достичь этой цели? 2.5. Что вы можете сделать, чтобы это НЕ помешало вам достичь вашей цели? Пожалуйста, используйте полные предложения (подлежащее, глагол и т.д.). Всего у вас есть 200 слов.
На графике показаны различные источники загрязнения воздуха в Великобритании за период с 1990 по 2005 год. Обобщите информацию, выбрав и сообщив об основных характеристиках, и, при необходимости, сравните их.

Skoltech

The graph below shows different sources of air pollutants in the UK from 1990 to 2005. Summarise the information by selecting and reporting the main features, and make comparisons where relevant.



Используйте слова, заключенные в квадратные скобки, в правильной форме (активной/страдательной) прошедшего времени.

All the experiments performed **(carry out)** using watermelon. Melon seeds **(sow)** won damp filter paper under light until germination (about 7–8 days). When the cotyledons **(reach)** their full extent, the plants **(transplant)** into soil or into a hydroponical system. The hydroponical system **(base)** on thick gravel. Hydroponics **(dispense)** to plants once a week. Each time, the exhausted nutrient solution **(discard)** and refreshed with a newly-made solution. On the other hand, plants grown in soil **(water)** three times a week. All plants **(grow)** in plastic pots in a

Skoltech

growth chamber. Depending on the kind of experiment, plants **(treat)** at the age of two weeks or two months. The melons **(grow)** rapidly and after a period of only two weeks, they **(weigh)** over 2 kg.

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

Which of the following is NOT a type of abstract in science?

А) Narrative abstract and structured abstract
Б) Visual abstract
В) Result-driven abstract vs. story-telling abstract
Г) Highlights

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Б):

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

How can writers make sure reviewers get the importance of their findings?

А) By using exclamation marks and emotional language
Б) By using boosting techniques appropriately accompanied with clear and concise writing
В) By avoiding all modal verbs
Г) By writing longer paragraphs

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Б):

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

In academic writing, what is the primary purpose of a literature review?

А) To summarize every book and article ever published on the topic
Б) To identify the research gap or problem that justifies the current study
В) To present the author's personal opinions about previous research

Skoltech

Г) To provide a chronological list of publications with no analysis or summary

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Б):

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

When integrating sources into a literature review, what distinguishes a synthesis from a simple summary used for instance in annotated bibliography?

А) A synthesis groups multiple sources by theme, argument, method or research object showing relationships and connections between several studies
Б) A synthesis presents only one source per paragraph
В) A synthesis quotes every source directly without paraphrasing
Г) A synthesis lists all sources in a single sentence

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Б):

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

What is the primary purpose of the Materials and Methods section in a master's thesis?

А) To persuade readers that the research findings are significant
Б) To provide sufficient detail so that another researcher could replicate the study and understand that everything was done properly and the results could be trusted
В) To summarize all previous research in the field
Г) To present the results in graphical form

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Б):

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

In the Results and Discussion section, what is the appropriate way to present findings according to academic writing conventions?

Skoltech

А) Present raw data without any interpretation or commentary
Б) Present only the most interesting results and omit negative or unexpected findings
В) Present results clearly (often with tables and figures), then interpret and discuss their meaning, implications, and relation to previous research
Г) Combine results and discussion into a single narrative without distinguishing between findings and interpretation or between fact and opinion

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Б):

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Which abstract type summarizes a study in a continuous paragraph?

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Which abstract often includes icons or graphics to convey key findings?

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Which abstract uses labeled sections like Background and Methods?

Напишите правильный ответ:

Skoltech

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Which element indicates that the writer respects readers by being precise and honest?

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

What scholarly norm requires that limitations and alternative viewpoints are clearly presented in academic texts?

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Which quality indicates that the review is grounded in peer-reviewed, high-quality sources?

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и заполните пропуск.

In academic writing, the primary purpose of a literature review is to identify the _____that justifies the current study.

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

Skoltech

Why is it important to address counterarguments in persuasive academic writing?

А) To increase the overall word count without adding original thoughts.
Б) To demonstrate intellectual fairness, anticipate objections, and strengthen your own position by refuting them.
В) To prove that opposing viewpoints are completely worthless and uninformed.
Г) To confuse the reader about your actual stance on the issue.
Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Б):

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

What characterizes 'academic tone' or formal register in writing?

А) Frequent use of slang, idioms, exclamation marks, and personal anecdotes.
Б) Writing entirely in passive voice to avoid taking responsibility for claims.
В) Use of impersonal constructions, discipline-specific terminology, nominalization, and avoidance of colloquialisms.
Г) Addressing the professor directly using second-person pronouns like "you" throughout the text.

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Б):

11.3.2. Методические рекомендации по выполнению заданий в классе

За участие во время занятий студент может получить до 20 баллов. Эти баллы студент может заработать за выполнение заданий из п.11.4.1.

Вес каждого задания - 10 баллов.

Для получения максимального балла (10) студент должен:

1) ответить правильно, полно, структурировано и четко на все вопросы из задания;
2) загрузить задание на Canvas страницу курса до конца занятия.

Если студент не загрузил задание вовремя, то студент получает 0 баллов.

Skoltech

Баллы снимаются, если задание не выполнено полностью. Преподаватель снимает баллы соразмерно объему выполненной работы.

Автономная некоммерческая образовательная организация высшего образования «Сколковский институт науки и технологий»

Утверждено

Директор образовательной программы

Дорожкин П.С.

Идентификатор документа, задачи / ID: 479406 v.1, 450401

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ПРОСТОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ /
The document is signed with a simple electronic signature

Директор образовательной программы / The Director of the program
Дорожкин Павел Сергеевич / Dorozhkin Pavel Sergeevich

Дата подписания / Date of signing 22.09.2026

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

“Английский язык сквозь призму работ Нобелевских лауреатов”

Направление подготовки 12.04.03 Фотоника и Оптоинформатика

Квалификация “магистр”

Москва 2026

Skoltech

Название курса

Английский язык сквозь призму работ Нобелевских лауреатов

1. Аннотация

Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО: относится к Модулю 5. "Индивидуальное обучение студента",часть, формируемая участниками образовательных отношений. Четверть 6, второй год обучения.

Язык дисциплины (модуля): английский.

Ведущий преподаватель: Тихомирова Елизавета Владимировна

Нобелевская премия — самая престижная в мире награда за интеллектуальные достижения, присуждаемая за важнейшие вехи в развитии науки во всем мире. Ученые, удостоенные этой премии, внесли значительный вклад в прогресс науки. Однако при обсуждении научных идей обычно упускается из виду язык, используемый на каждом этапе этого процесса, хотя он заслуживает особого внимания. Речь идет о научных статьях лауреатов Нобелевской премии, их книгах, анализе и интерпретации их работ в аннотациях и пресс-релизах, а также о их лекциях и выступлениях на церемонии вручения Нобелевской премии. Успешное письмо предполагает умение доносить идеи, теории и выводы максимально эффективно и ясно.

Работы этих ученых предоставляют богатый материал для развития английского языка в академических целях, позволяя начинающим ученым овладеть важнейшим навыком: общением в международном сообществе. Курс организован в виде серии уроков, каждый из которых основан на работе выдающейся личности. На каждом уроке будут рассматриваться и отрабатываться навыки, необходимые для написания статьи, объяснения ее содержания неспециалистам и выступления на конференции. Группа будет имитировать работу Нобелевского комитета.

В эпоху, когда публикация исследований имеет решающее значение для карьерного роста ученых, качество академического письма приобретает первостепенную важность. Этот курс научит вас писать, корректировать и редактировать собственные работы на языке, являющемся lingua franca современной науки.

На каждом занятии будет предлагаться набор упражнений по академической лексике и типичным грамматическим конструкциям, используемым в письменных работах, которые будут задаваться в качестве домашнего задания.

Темы будут направлены на развитие наиболее важных навыков письма: построение абзаца, формулировка тезиса, резюме, пересказ и написание аннотации.

2. Материально-техническое обеспечение

Семинарская и практическая части занятий проходят в учебной аудитории.

Аудитория на 20 человек для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации:

- специализированная мебель: 10 парт парной рассадки студентов, 1 стол преподавателя, магнитно-маркерные доски

- технические средства обучения: сетевая камера видео-конференц связи, громкоговорители, дублирующий экран, моноблок

Для самостоятельной работы студенты могут использовать рабочее пространство библиотеки.

Перечень используемого ПО:

- MS Office
- Antiplagiat

3. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия

Уровень английского языка - не ниже B1.

4. Трудоёмкость

3 з.е. (1 з.е. это 27 астрономических часов)

5. Содержание курса

Л – лекции в часах

Skoltech

П – практики в часах
С – семинары в часах

Тема	Содержание	Л	П	С
Ричард Фейнман и концепция науки + Пол Нурс и его лекция и доклад “Великие идеи биологии".)	Грамматический словарь Словарь научных открытий Настоящее время (Present simple, Present perfect) Определения	3	0	3
Александр Флеминг и открытие пенициллина.	разговор о кризисе с антибиотиками и важности новых разработок в повествовательном плане (Simple Past, Past Continuous, Past Perfect) Резюмирование	3	0	3
Барбара Макклинток и открытие Мобильных генетических элементов	Мобильные генетические элементы, транспозиция, геном, генетическая карта, эпигенетика, замалчивание сложных именных фраз (номинализация) Перефразирование	3	0	3
Уотсон и Крик и догма молекулярной биологии	Двойная спираль, пара оснований, комплементарность, антипараллельность, генетический код, репликация Использование лингвистических метафор + модальные глаголы Написание четких тезисов	3	0	3
Натаны и рестрикционные ферменты – находка для современной молекулярной биологии	Рестрикционный фермент, расщепление, фрагмент, гель-электрофорез, рекомбинантная ДНК, вектор, клонирование. Страдательный залог Описание методологии	3	0	3
Тасуку Хондзе и Джеймс Эллисон с ингибиторами иммунных контрольных точек 2018 года	Иммунные контрольные точки, Т-клетки, ингибиторы, иммунотерапия, рак, онкология, блокада. Сравнение и противопоставление Объяснение одной концепции разными способами	3	0	3
Эммануэль Шарпантье и Дженнифер Дудна и редактирование CRISPR	CRISPR, Cas9, редактирование генов, направляющая РНК, последовательность-мишень, двухцепочечный разрыв, репарация, прецизионная медицина, сложные предложения с несколькими предложениями, ограничительные и не ограничивающие	3	0	3

	Написание введения – разные подходы к одной теме			
Альфа-фолд и использование искусственного интеллекта в науке	Искусственный интеллект, машинное обучение, нейронные сети, свертывание белков, предсказание структуры, вычислительная биология, алгоритмы будущих времен и выдвижение гипотез Структура аргумента	3	0	3
Всего контактных часов:		**48 часов**		
Самостоятельная работа:		**30 часов**		
Промежуточная аттестация:		**3 часа**		
Общее кол-во часов:		**81 час**		

6. Требования к результатам освоения дисциплины

Изучение дисциплины **“Практикум английского языка”** при подготовке магистров по направлению подготовки **12.04.03 Фотоника и Оптоинформатика** направлено на приобретение следующих компетенций:

Код и наименование универсальной компетенции	**Код и наименование индикатора достижения универсальной компетенции**
УК-4. Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия	УК-4.1. Знает: - правила и закономерности личной и деловой устной и письменной коммуникации - современные коммуникативные технологии на русском и иностранном языках - существующие профессиональные сообщества для профессионального взаимодействия УК-4.2. Умеет: - применять на практике коммуникативные технологии, методы и способы делового общения для академического и профессионального взаимодействия УК-4.3. Владеет: - методикой межличностного делового общения на русском и иностранном языках, с применением профессиональных языковых форм, средств и современных коммуникативных технологий

7. Вид итоговой оценки

Зачет

8. Структура оценки

Skoltech

Вид деятельности	Относительный вклад в итоговую оценку за курс, %
Домашние задания	60
Финальный проект	40

9. Система оценивания

Для получения оценки “зачтено” студент должен набрать минимум 45% (т.е. 45 баллов) по результатам выполнения трех видов деятельности, описанных в п.8.

зачтено (85 баллов и выше)	Оцениваемая работа выполнена с отменным качеством и свидетельствует об отличных знаниях, глубоком понимании предмета, глубоких всесторонних познаниях и умелом применении концепций и/или учебных материалов. Все результаты обучения соответствуют высокому уровню
зачтено (75-84 балла)	Работа выполнена в соответствии с высокими стандартами и свидетельствует о наличии всесторонних познаний и хорошем понимании предмета, умении использовать соответствующие концепции, а также об умении решать проблемы, возникающие в ходе изучения предмета работы. Большая часть результатов обучения соответствует высокому уровню
зачтено (65-74 балла)	Оцениваемая работа в целом выполнена на удовлетворительном уровне и свидетельствует об адекватных знаниях и достаточном понимании предмета, однако со значительными недостатками. Большая часть результатов обучения соответствует удовлетворительному уровню
зачтено (55-64 балла)	Оцениваемая работа выполнена на слабом уровне и свидетельствует о крайне ограниченном понимании предмета, недостаточных знаниях и имеет существенные недостатки.

	Удовлетворительному уровню соответствует лишь малая часть результатов обучения.
зачтено (45-54 балла)	Минимально допустимый уровень успеваемости. Оцениваемая работа выполнена на очень слабом уровне, имеет серьезные недостатки и свидетельствует о весьма низком уровне знаний, понимания и/или умений и знакомства с предметом. Удовлетворительному уровню соответствует лишь очень малая часть результатов обучения (или таких результатов нет вообще)
незачтено (44 балла и меньше)	Оцениваемая работа неприемлема и свидетельствует о практическом отсутствии знаний и понимания предмета работы. Удовлетворительному уровню не соответствуют никакие результаты обучения

10. Самостоятельная работа

Самостоятельная работа по дисциплине включает:

1. Подготовка домашних заданий;
2. Подготовка к финальному проекту;
3. Изучение литературы.

Трудоемкость самостоятельной работы - 30 часов.

Для самостоятельной работы студентам рекомендуется использовать следующие источники:

Материалы, подготовленные преподавателем. Доступны в “Canvas LMS”.

Дополнительно методические указания по отдельным видам работ приведены в системе управления обучением “Canvas LMS”. Для доступа требуется персональный логин/пароль.

11. Фонд оценочных средств. Оценочные и методические материалы по дисциплине

Skoltech

Все задания для самостоятельной работы находятся в системе управления обучением “Canvas LMS”. Для доступа требуется персональный логин/пароль.

Ниже приведены примеры каждого задания и методические рекомендации по его выполнению.

11.1. Домашние задания

Во время курса студентам будет дана возможность выполнить ряд домашних заданий.

11.1.1. Оценочные материалы (примерный перечень домашних заданий)

Домашнее задание 1 (пример)

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

You are preparing a conference presentation on the antibiotic crisis for an international audience. How would you structure a 10-minute slide deck to effectively integrate Alexander Fleming's historical narrative with current statistical data, and which digital tools (e.g., Prezi, Canva, interactive graphs) would you use to visualize this complex relationship?

А) Reading a full-text script from paper slides while avoiding eye contact.
Б) Using only untranslated text-heavy paragraphs in your native language on every slide.
В) Creating visually balanced slides where past perfect tense describes pre-discovery conditions (resistant strains had spread) and modern platforms like Mentimeter or Poll Everywhere gather live feedback from the audience.
Г) Filling all slides with unrelated stock photos of nature without any supporting captions or citations.

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Б):

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

You need to invite a renowned foreign microbiologist to contribute a chapter on new antimicrobial developments to your edited volume. Drafting a formal email requires specific communicative competence. Which approach is most appropriate?

Skoltech

А) Sending a casual message via social media direct messages using emojis and internet slang.
Б) Writing a concise, formally structured English proposal that correctly applies narrative tenses to contextualize their previous work within the history of penicillin and clearly outlines publication terms.
В) Demanding an immediate response within one hour and threatening to find another author if they do not reply.
Г) Attaching a blank document with no subject line or signature block.

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Б):

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

You are collaborating remotely with researchers from different countries on a grant proposal regarding novel antibiotics. During a video call, a German colleague provides dense technical criticism of your summary. How should you respond to maintain professional interaction?

А) Ignoring their points entirely and immediately changing the subject back to Fleming's biography.
Б) Interrupting them repeatedly to defend your initial draft without listening to their reasoning.
В) Switching off your camera and muting your microphone until the meeting ends.
Г) Actively paraphrasing their critique in English to confirm understanding, acknowledging the cultural difference in directness, and proposing a compromise using precise academic vocabulary.

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Б):

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

While co-writing a review article in Google Docs, you notice a Spanish-speaking partner has incorrectly used Past Continuous instead of Past Perfect throughout the introduction. How do you address this linguistically and professionally?

А) Deleting all of their contributions from the document without prior discussion.
Б) Leaving passive-aggressive comments written entirely in capital letters.
В) Using the "Suggestion" mode to propose edits accompanied by polite explanatory comments referencing grammar rules, offering a quick virtual call to align on stylistic choices in English.
Г) Rewriting the whole section yourself and claiming sole authorship of those paragraphs.

Skoltech

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Б):

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

You are moderating a multilingual online panel on the future of pharmacology. An Italian expert uses complex idioms when discussing drug resistance. How do you ensure inclusive communication?

А) Allowing the monologue to continue for twenty minutes despite clear signs of confusion in the chat box.
Б) Telling the speaker to switch to your native language because their English is imperfect.
В) Politely requesting clarification in English, reformulating their point into standard academic discourse for other listeners, and managing turn-taking protocols across time zones.
Г) Correcting every minor pronunciation mistake publicly as soon as the speaker finishes a sentence.

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Б):

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

What specific part of a scholarly article provides a concise summary of the purpose, methods, results, and conclusion on a separate page?

Напишите правильный ответ:

Домашнее задание 2 (пример)

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Put the verb in brackets in the right tense.

Scientists ___ searching for new antibiotics for decades"? (to be)

Skoltech

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Put the verb in brackets in the right tense.
Fleming ___ the antibacterial properties of mold by accident in 1928.
(discover)

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Put the verb in brackets in the right tense.
The global health community ___ antibiotic resistance as a top priority. (Recognize)

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Put the verb in brackets in the right tense.
While Fleming ___ (observe) the culture, spores landed on the plate.

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Put the verb in brackets in the right tense.

Skoltech

Early clinical trials ___ (encounter) significant difficulties with purifying the compound.

Напишите правильный ответ:

Домашнее задание 3 (пример)

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Put the verb in brackets in a passive voice.
The five great ideas of biology ___ (summarize) in the lectures of Sir Paul Nurse to provide a framework for modern life sciences.

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Put the verb in brackets in a passive voice.
The double helix structure of DNA ___ (propose) by them in 1953 based on Rosalind Franklin's X-ray diffraction data.

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Put the verb in brackets in a passive voice.
The Nobel Prize in Physiology or Medicine ___ (award) to Barbara McClintock in 1983 for her work on transposons.

Напишите правильный ответ:

Skoltech

Прочитайте задание и ответьте на вопрос. Put the verb in brackets in a passive voice. The history of biology ___ (divide) into five distinct conceptual revolutions in his influential paper "Great Ideas of Biology".
Напишите правильный ответ:

11.1.2. Методические рекомендации по выполнению домашней работы

Максимальный балл, который студенты могут получить по результатам выполнения домашних работ - 60 баллов.

Вес каждого задания - 10 баллов.

Для получения максимального балла (10) студент должен:

1) ответить правильно, полно, структурировано и четко на все вопросы из домашнего задания;
2) загрузить домашнее задание на Canvas страницу курса в установленные преподавателем сроки.

Если студент не загрузил домашнее задание вовремя, то снимается 3 балла за каждые 15 часов пропуска.

Баллы также снимаются, если задание не выполнено полностью. Преподаватель снимает баллы соразмерно объему выполненной работы.

Если студент на загрузил работу на Canvas страницу курса вовсе, то выставляется 0 баллов.

11.2. Финальный проект

Каждый студент должен выступить перед аудиторией с финальной презентацией. После выступления каждый студент отвечает на вопросы преподавателя и одногруппников.

11.2.1. Оценочные материалы (финальная презентация)

Skoltech

Каждому студенту необходимо выступить с финальной презентацией. Это индивидуальная работа. Необходимо описать научные достижения выбранного Вами исследователя, заслуживающего присуждения Нобелевской премии, а также аргументированно защитить работу перед аудиторией.

Подготовьте презентацию со слайдами. Потренируйтесь в презентации. Продолжительность не должна превышать 5 минут!

Структура:

1) Слайд 1. Титульный слайд (тема + ФИО студента)
2) Слайд 2. Постановка проблемы (Показать значимость вызова, который стоял перед наукой до открытия)
3) Слайд 3. Объяснить суть открытия в одном предложении.
4) Слайд 4. Доказать уникальность подхода.
5) Слайд 5. Подтвердить открытие фактами. (Ключевые эксперименты, контрольные группы, воспроизводимость результатов.)
6) Слайд 6. Ответ на вопрос «Почему это достойно именно Нобелевской премии?
7) Слайд 7. Q&A.

11.2.2. Методические рекомендации по выполнению финальной презентации

Максимальный балл, который студент может получить за выполнение финального проекта - 40 баллов.

Критерии оценивания презентации следующие:

- презентация студента не меньше 4мин 50 сек, но не больше 5 мин 10 сек. (4 балла);
- студент ответил на все вопросы преподавателя и аудитории. При ответах были использованы техники объяснения, аргументирования, убеждения, сравнения, хеджирования (12 баллов);
- презентация студента содержательна, хорошо структурирована, а также демонстрирует ответы на все вопросы (14 баллов);
- также, оцениваться будут произношение, интонация, контроль за телом, мимикой, жестами (10 баллов).

Автономная некоммерческая образовательная организация высшего образования «Сколковский институт науки и технологий»

Утверждено

Директор образовательной программы

Дорожкин П.С.

Идентификатор документа, задачи / ID: 479406 v.1, 450401

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ПРОСТОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ / The document is signed with a simple electronic signature

Директор образовательной программы / The Director of the program
Дорожкин Павел Сергеевич / Dorozhkin Pavel Sergeevich

Дата подписания / Date of signing 22.09.2026

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

“Диссертация по-английски: первые шаги”

Направление подготовки 12.04.03 Фотоника и Оптоинформатика

Квалификация “магистр”

Москва 2026

Skoltech

Название курса

Диссертация по-английски: первые шаги

1. Аннотация

Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО: относится к Модулю 5. "Индивидуальное обучение студента",часть, формируемая участниками образовательных отношений. Четверть 6, второй год обучения.

Язык дисциплины (модуля): английский.

Ведущий преподаватель: Тихомирова Елизавета Владимировна

Написание магистерской диссертации – непростая задача, и мы призываем вас начать работу над ней заранее для достижения максимального результата. В соответствии с требованиями Сколтеха, первый вариант обзора литературы и других частей диссертации должен быть готов к январю первого года обучения. Используйте время на курсе «Диссертация по английски: первые шаги» для выполнения данной задачи.

Вы получите:

-- Минимум теории
-- Максимум практики
-- Глубокие комментарии и индивидуальные рекомендации.

Студенты научатся анализировать работы в своей научной области, чтобы создавать свои тексты по лучшим образцам. Участники узнают о структуре, языке и грамматике каждой части диссертации и отредактируют свой текст с учетом полученных комментариев.

К концу курса успешный студент
- станет осознанно относиться к лингвистическим параметрам текста, чтобы избежать типичных ошибок при написании диссертации и ее устной презентации;
- будет использовать ментальные карты и другие технологии визуализации для наилучшего представления идей;
- сможет избежать плагиата, умело используя техники пересказа и перефразирования- будет уверенно подбирать необходимую литературу и ссылаться на нее в требуемом формате;
- напишет план обзора литературы, материалов и методов и других частей диссертации;
- напишет черновик обзора литературы, получит комментарии и улучшит последующий вариант;- составит презентацию для представления в январе;

- отрепетирует презентацию

2. Материально-техническое обеспечение

Семинарская и практическая части занятий проходят в учебной аудитории.

Аудитория на 20 человек для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации:

- специализированная мебель: 10 парт парной рассадки студентов, 1 стол преподавателя, магнитно-маркерные доски

- технические средства обучения: сетевая камера видео-конференц связи, громкоговорители, дублирующий экран, моноблок

Для самостоятельной работы студенты могут использовать рабочее пространство библиотеки.

Перечень используемого ПО:

- MS Office
- Antiplagiat

3. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия

Уровень английского языка - не ниже B1.

4. Трудоёмкость

3 з.е. (1 з.е. это 27 астрономических часов)

5. Содержание курса

Л – лекции в часах
П – практики в часах
С – семинары в часах

Skoltech

Тема	Содержание	Л	П	С
Академическая коммуникация и научный дискурс: основы. Структура диссертационного исследования. Предложение как базовая единица текста.	Академическая коммуникация в международной профессиональной среде Анализ целевой аудитории. Цель (сообщения/текста). Структура исследовательской статьи: основные разделы и их лингвистические характеристики Структура магистерской диссертации. Общие требования к оформлению. Процесс написания и редактирования. «Не существует такого понятия, как идеальный первый черновик». Предложение как основной строительный блок текста. Типичные структуры предложения. Классические трудности («камни преткновения»): порядок слов (нейтральный и эмфатический) и согласование подлежащего со сказуемым.	1	1	1
Структура абзаца, цельность и связность. Существительные-зомби (номинализации), страдательный залог.	Структура абзаца, связность и цельность. Существительные-зомби. Страдательный залог.	1	1	1
Академическая честность. Плагиат. Предотвращение плагиата: перефразирование, аннотирование (или реферирование), цитирование и оформление ссылок на источники.	Академическая честность. Предотвращение плагиата: перефразирование, аннотирование (или реферирование), оформление ссылок на источники и цитирование.	1	1	1

Skoltech

Предварительные этапы подготовки обзора литературы: Цели, задачи, проблема (исследовательская лакуна / пробел в исследованиях). Библиография и работа с источниками: Работа с источниками, критическое мышление, аннотированная библиография.	Цели, задачи, проблема (исследовательская лакуна / пробел в исследованиях). Библиография и работа с источниками: Работа с источниками, критическое мышление, аннотированная библиография. Интеграция краткого изложения, перефразирования, цитат и ссылок на источники внутри абзаца.	1	1	1
Обзор литературы 1:	Обзор литературы: Предыстория вопроса (теоретическая база): структура, языковые особенности, грамматика. Типы обзоров литературы. Составление плана. Синтез источников. Работа над обзором литературы V1 (*версия 1*). Написание развернутого плана.	1	1	1
Обзор литературы 2: Синтез источников. Проявление авторской позиции.	Синтез источников. Факт и мнение в обзоре литературы. Проявление авторской позиции: лексика для передачи информации; смягчение и усиление категоричности. Модальные глаголы, условные предложения (предложения с «if»).	1	1	1
Обзор литературы 3: Аргументация и убеждение. Значимость собственного исследования. Обзор (система) времен.	Аргументация и убеждение. Значимость и новизна. Обзор времен в английском языке.	1	1	1
Советы и инструменты для редактирования и доработки собственного текста.	Советы и инструменты для редактирования и доработки собственного текста. Презентация со слайдами.	1	1	1

Презентация со слайдами.				
Всего контактных часов:		**24 часов**		
Самостоятельная работа:		**54 часа**		
Промежуточная аттестация:		**3 часа**		
Общее кол-во часов:		**81 час**		

6. Требования к результатам освоения дисциплины

Изучение дисциплины **“Диссертация по-английски: первые шаги”** при подготовке магистров по направлению подготовки **12.04.03 Фотоника и Оптоинформатика** направлено на приобретение следующих компетенций:

Код и наименование универсальной компетенции	**Код и наименование индикатора достижения универсальной компетенции**
УК-4. Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия	УК-4.1. Знает: - правила и закономерности личной и деловой устной и письменной коммуникации - современные коммуникативные технологии на русском и иностранном языках - существующие профессиональные сообщества для профессионального взаимодействия УК-4.2. Умеет: - применять на практике коммуникативные технологии, методы и способы делового общения для академического и профессионального взаимодействия УК-4.3. Владеет: - методикой межличностного делового общения на русском и иностранном языках, с применением профессиональных языковых форм, средств и современных коммуникативных технологий

7. Вид итоговой оценки

Экзамен

8. Структура оценки

Вид деятельности	**Относительный вклад в итоговую оценку за курс, %**
Домашние задания	50

Тест, Квиз	20
Презентация	15
Участие во время занятий	15

9. Система оценивания

A, отлично	Оцениваемая работа выполнена с отменным качеством и свидетельствует об отличных знаниях, глубоком понимании предмета, глубоких всесторонних познаниях и умелом применении концепций и/или учебных материалов. Все результаты обучения соответствуют высокому уровню
B, хорошо	Работа выполнена в соответствии с высокими стандартами и свидетельствует о наличии всесторонних познаний и хорошем понимании предмета, умении использовать соответствующие концепции, а также об умении решать проблемы, возникающие в ходе изучения предмета работы. Большая часть результатов обучения соответствует высокому уровню
C, удовлетворительно	Оцениваемая работа в целом выполнена на удовлетворительном уровне и свидетельствует об адекватных знаниях и достаточном понимании предмета, однако со значительными недостатками. Большая часть результатов обучения соответствует удовлетворительному уровню
D, посредственно	Оцениваемая работа выполнена на слабом уровне и свидетельствует о крайне ограниченном понимании предмета, недостаточных знаниях и имеет существенные недостатки. Удовлетворительному уровню соответствует лишь малая часть результатов обучения.
E, крайне посредственно	Минимально допустимый уровень успеваемости. Оцениваемая работа выполнена на очень слабом

	уровне, имеет серьезные недостатки и свидетельствует о весьма низком уровне знаний, понимания и/или умений и знакомства с предметом. Удовлетворительному уровню соответствует лишь очень малая часть результатов обучения (или таких результатов нет вообще)
F, неудовлетворительно	Оцениваемая работа неприемлема и свидетельствует о практическом отсутствии знаний и понимания предмета работы. Удовлетворительному уровню не соответствуют никакие результаты обучения

10. Самостоятельная работа

Самостоятельная работа по дисциплине включает:

1. Подготовка домашних заданий;
2. Подготовка к финальной презентации;
3. Изучение литературы.

Трудоемкость самостоятельной работы - 54 часа.

Для самостоятельной работы студентам рекомендуется использовать следующие источники:

1. Oshima A., Hogue A. 'Writing Academic English Level 4'. Longman: 9780131523593
2. Michael McCarthy, Felicity O'Dell, 'Academic Vocabulary in Use', Cambridge University Press, 2008, ISBN-13 (or ISBN-10): 9780472034758
3. Elizabeth M Fisher, Daniel R M Holtom. 'Enjoy Writing Your Science Thesis or Dissertation!',9781783264216

Дополнительно методические указания по отдельным видам работ приведены в системе управления обучением “Canvas LMS”. Для доступа требуется персональный логин/пароль.

11. Фонд оценочных средств. Оценочные и методические материалы по дисциплине

Skoltech

Все задания для самостоятельной работы находятся в системе управления обучением “Canvas LMS”. Для доступа требуется персональный логин/пароль.

Ниже приведены примеры каждого задания и методические рекомендации по его выполнению.

11.1. Домашние задания

Во время курса студентам будет дана возможность выполнить ряд домашних заданий.

11.1.1. Оценочные материалы (примерный перечень домашних заданий)

Домашнее задание 1
Make any necessary corrections to the words in bold or use V if correct. 1. Bill Clinton's politics **was [1]** inspired by John Kennedy. 2. Phenomena such as sun spots **have [2]** puzzled scientists for centuries. 3. Some 30 percent of the milk drunk in the country **are [3]** imported. 4. When the soldiers got lost in the jungle, their only means of survival **were [4]** to eat berries. 5. Over the last decade the country's overheads **has [5]** increased dramatically. 6. You don't need much sugar for this pudding; ten grams **are** [6] enough. 7. Modern linguistics **is [7]** often said to have begun at the start of the 20th century, 8. Congratulations **goes [8]** to Richard Branch for his excellent results. 9. The coastal surroundings of the village **is [9]** particularly attractive. 10. I know people often have to wait for hospital treatment, but two years **seems [10]** ridiculously long.
Домашнее задание 2
Please use your knowledge of subject-verb agreement to insert the correct forms of the verb "to be" in the blanks. The new premises we plan to occupy in Camford [1] now being built. The outskirts if this city [2] an ideal site for a company like ours. R&D [3] an important part of our work, and next year

Skoltech

fifty per cent of our budget [4] to be spent on our Camford centre. Some of our staff in the US [5] being asked to relocate, and eventually around ten per cent of our US workforce [6] to move to Britain. However, the majority of our new employees [7] to be recruited locally, and we think that the local community [8] going to benefit enormously from this development. A number of business leaders and the local Member of Parliament [9] being invited to a meeting next week. Unfortunately, neither the Company President nor the Managing Director [10] available to address that meeting, but I and other senior managers [11] to attend.

Домашнее задание 3

Please use your knowledge of subject-verb agreement to insert the correct forms of the verb "to be" in the blanks.

1. Gymnastics [1] my favourite sport.

2. The trousers you bought for me [2] fit me.

3. The police [3] to interview two men about the robbery last week.

4. Physics [4] my best subject at school.

5. Can I borrow your scissors? Mine [5] sharp enough.

6. Fortunately the news [6] as bad as we expected.

7. Where [7] your family live?

8. Three days [8] long enough for a good holiday.

9. I can't find my binoculars. Do you know where [9]?

10. Do you think the people [10] happy with the government?

11. [11] the police know how the accident happened?

12. I don't like very hot weather, Thirty degrees [12] too warm for me.

Домашнее задание 4

Write a short summary describing your research. Your target audience is scientists who are not specialists in your discipline. You are trying to tell the story of your work and engage and educate your readers, not write a technical paper. The tone can range between somewhat technical and more casual, but it must be something that technical readers would find interesting. Use materials from presentation "Writing Science".

Skoltech

The word limit is strict: 300–350 words.

References in IEEE

11.1.2. Методические рекомендации по выполнению домашней работы

Максимальный балл, который студенты могут получить по результатам выполнения домашних работ - 50 баллов.

Вес каждого задания - 10 баллов.

Для получения максимального балла (10) студент должен:

1) ответить правильно, полно, структурировано и четко на все вопросы из домашнего задания;
2) загрузить домашнее задание на Canvas страницу курса в установленные преподавателем сроки.

Если студент не загрузил домашнее задание вовремя, то снимается 3 балла за каждые 15 часов пропуска.

Баллы также снимаются, если задание не выполнено полностью. Преподаватель снимает баллы соразмерно объему выполненной работы.

Если студент на загрузил работу на Canvas страницу курса вовсе, то выставляется 0 баллов.

11.2. Презентация

Каждый студент должен выступить перед аудиторией с финальной презентацией. После выступления каждый студент отвечает на вопросы преподавателя и одногруппников.

11.2.1. Оценочные материалы (финальная презентация)

Воспользуйтесь разделом "Информация о материалах и методах написания" на Canvas странице курса, папка "Файлы и страницы".

Используйте шаблон, предоставленный департаментом образования。

Титульный слайд = Тема работы, ваше имя, год, Программа/направление обучения, ФИО научного руководителя и со-руководителя

Слайд «Общие сведения» = Какова область исследования?

Слайды «Обзор литературы»* = ЧТО известно о проблеме

Слайд «Мотивация» =В чем заключается ПРОБЕЛ (исследовательская лакуна)?

В чем состоит проблема, почему она важна, почему ее решение актуально и необходимо в данный момент

Как вы планируете решить проблему = 1 слайд

Какие методы вы собираетесь использовать = 1 слайд ~ Методы

На какой результат вы рассчитываете? = 1 слайд ~ Результаты

Почему это будет круто / значимо? = 1 слайд ~ Обсуждение

ИМЯ ФАЙЛА: ВАШЕ_ИМЯ_Presentation_Draft

11.2.2. Методические рекомендации по выполнению финальной презентации

Максимальный балл, который студент может получить за выполнение финального проекта - 15 баллов.

Критерии оценивания презентации следующие:

- презентация студента содержательна, хорошо структурирована, а также демонстрирует ответы на все вопросы (8 баллов);
- студент ответил на все вопросы преподавателя и аудитории. При ответах были использованы техники объяснения, аргументирования, убеждения, сравнения, хеджирования (4 балла);
- также, оцениваться будут произношение, интонация, контроль за телом, мимикой, жестами (3 баллов).

11.3. Участие во время занятий

Ожидается, что студенты во время занятий будут активно выполнять задания, предлагаемые преподавателем, а также отвечать и задавать вопросы.

Посещение всех занятий обязательно. Пропуски допускаются только при наличии уважительной причины, подтвержденной документально (мед. справки итд).

11.3.1. Оценочные материалы (примерный перечень заданий для решения в классе)

Skoltech

Задание 1 к уроку
Answer these questions in full sentences, with a subject and a verb (and a completed thought): What types of academic misconduct have you learned about? In your opinion, what is the gravest of academic offences? What is plagiarism? How can it manifest itself? What are the ways to avoid plagiarism?
Задание 2 к уроку
This task include 2 parts. To complete both parts you should provide a reference of the paper in IEEE, answer all the questions below and show the evidence of your outcomes 1st Part: Choose one paper for your analysis (add also this paper as pdf file). **(DO NOT ANALYSE CONFERENCE PAPERS AND PREPRINTS)** ● Identify what you think the key story points are? ● Did the authors do good job of highlighting that story? ● How far along the flow from data to understanding did the paper go? ● Could they have taken it further? 2nd Part: Go back, once again, to the paper you've been analyzing. This time look at their internal structure. -Can you block out sections that form complete arcs? -How do the authors indicate that they are beginning or ending arcs? -Identify the theme of 2-3 arcs and give it a subheader that describes that theme.

11.3.2. Методические рекомендации по выполнению заданий в классе

Skoltech

За участие во время занятий студент может получить до 15 баллов. Эти баллы студент может заработать за выполнение заданий из п.11.3.1.

Вес каждого задания - 5 баллов.

Для получения максимального балла (5) студент должен:

1) ответить правильно, полно, структурировано и четко на все вопросы из задания;
2) загрузить задание на Canvas страницу курса до конца занятия.

Если студент не загрузил задание вовремя, то студент получает 0 баллов.

Баллы снимаются, если задание не выполнено полностью. Преподаватель снимает баллы соразмерно объему выполненной работы.

11.4. Тест, квиз

Каждому студенту будет предложено пройти 4 квиза за время проведения курса.

Вопросы в квизе основаны на пройденном материале.

11.4.1. Оценочные материалы (примерный перечень вопросов для тестов и квизов)

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

What is the typical structure of a research paper, often referred to as the "IMRaD" format?

А) Introduction, Methodology, Results, and Discussion
Б) Introduction, Main Body, Review, and Data Analysis
В) Investigation, Model, Reflection, and Decision
Г) Idea, Method, Result, and Abstract

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Б):

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

What is considered the main building block of writing in English academic writing?

Skoltech

А) The paragraph
Б) The sentence
В) The thesis statement
Г) The abstract

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Б):

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

Where should the important ideas be typically placed in an English sentence?

А) Place them in the middle for balance
Б) Place them at the end to create suspense
В) Bring important ideas first
Г) Distribute them evenly throughout the sentence

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Б):

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

What are "zombie nouns" in academic writing?

А) Nouns that are rarely used in academic writing – obsolete lexis
Б)Nouns that have been borrowed from other languages
В) Nominalizations made from verbs and adjectives that make writing heavy in case they stack together
Г) Nouns that refer to living organisms in biology

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Б):

Skoltech

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

What should writers consider regarding the passive-active voice choice in their writing?

А) Always use passive voice in scientific writing
Б) Always use active voice for all journals and in every type of writing
В) What is reasonable according to the part of the paper and the type of the journal
Г) Never use either passive or active voice consistently

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Б):

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

What is the purpose of hedging techniques in writing?

А) To make claims sound stronger and more definitive
Б) To be polite in writing and show caution and respect for other points of view
В) To avoid citing any sources
Г) To increase the word count of the paper

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Б):

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Please use your knowledge of subject-verb agreement to insert the correct forms of the verb "to be" in the blanks.

The history of biology ___ (divide) into five distinct conceptual revolutions in his influential paper "Great Ideas of Biology".

Напишите правильный ответ:

Skoltech

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Correct a mistake in these sentences and write justification:

Whoever made all the mess in the kitchen have to clean it up.

Запишите предложение на английском языке исправив ошибку и обоснуйте свой ответ на русском языке:

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Correct a mistake in these sentences and write justification:
The phrase 'men in white coats' are used to talk about psychiatrists.

Запишите предложение на английском языке исправив ошибку и обоснуйте свой ответ на русском языке:

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Correct a mistake in these sentences and write justification:
The United States come top of the list of countries ranked by economic performance.

Запишите предложение на английском языке исправив ошибку и обоснуйте свой ответ на русском языке:

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Correct a mistake in these sentences and write justification:
Bill Clinton's politics was inspired by John Kennedy.

Skoltech

Запишите предложение на английском языке исправив ошибку и обоснуйте свой ответ на русском языке:

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Correct a mistake in these sentences and write justification:
Congratulations goes to Richard Branch for his excellent results.

Запишите предложение на английском языке исправив ошибку и обоснуйте свой ответ на русском языке:

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Correct a mistake in these sentences and write justification:
The coastal surroundings of the village is particularly attractive.

Запишите предложение на английском языке исправив ошибку и обоснуйте свой ответ на русском языке:

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Correct a mistake in these sentences and write justification:
When the soldiers got lost in the jungle, their only means of survival were to eat berries.

Запишите предложение на английском языке исправив ошибку и обоснуйте свой ответ на русском языке:

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Skoltech

Correct a mistake in these sentences and write justification:
Over the last decade the country's overheads has increased dramatically.

Запишите предложение на английском языке исправив ошибку и обоснуйте свой ответ на русском языке:

11.4.2. Методические рекомендации по выполнению тестов, квизов

За прохождение квизов и тестов студент может получить до 20 баллов. Эти баллы студент может заработать за выполнение заданий из п.11.4.1.

Вес каждого задания - 2 балла.

Для получения максимального балла (2) студент должен:

1) ответить правильно, полно, структурировано и четко;
2) загрузить задание на Canvas страницу курса до конца занятия.

Если студент не загрузил задание вовремя, то студент получает 0 баллов.

Баллы снимаются, если задание не выполнено полностью. Преподаватель снимает баллы соразмерно объему выполненной работы.

Автономная некоммерческая образовательная организация высшего образования «Сколковский институт науки и технологий»

Утверждено

Директор образовательной программы

Дорожкин П.С.

Идентификатор документа, задачи / ID: 479406 v.1, 450401

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ПРОСТОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ / The document is signed with a simple electronic signature

Директор образовательной программы / The Director of the program
Дорожкин Павел Сергеевич / Dorozhkin Pavel Sergeevich

Дата подписания / Date of signing 22.09.2026

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

“Английский язык для диссертации”

Направление подготовки 12.04.03 Фотоника и Оптоинформатика

Квалификация “магистр”

Москва 2026

Skoltech

Название курса

Английский язык для диссертации

1. Аннотация

Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО: относится к Модулю 5. "Индивидуальное обучение студента",часть, формируемая участниками образовательных отношений. Четверть 7, второй год обучения.

Язык дисциплины (модуля): английский.

Ведущий преподаватель: Тихомирова Елизавета Владимировна

Это весенний модуль курса соответствует срокам подачи диссертаций в Сколтехе.

Вы получите: Минимум теории. Максимум практики. Глубокие комментарии и индивидуальные рекомендации.

Написание магистерской диссертации – непростая задача, и мы призываем вас начать работу над ней заранее для достижения максимального результата. Курс был разработан и адаптирован специально для студентов 2-го курса магистратуры, чтобы оказать помощь в написании диссертации и презентации на английском языке.

Участники курса получат профессиональную обратную связь по своей диссертации с точки зрения структуры, словарного запаса и грамматики каждой главы, а также научатся делать важные преобразования для презентации с помощью слайдов. Курс постепенно развивает необходимые навыки письма и презентации.

К концу курса успешный студент будет иметь следующие элементы работы:
- Введение (Пробелы в исследованиях и вопросы исследования, Цель и задачи исследования, Потенциальные преимущества, новизна и значимость)
- Литературный обзор
- Материалы и методы/Планирование эксперимента
- Результаты и обсуждение
- Составление и репетиция презентации перед защитой.

2. Материально-техническое обеспечение

Семинарская и практическая части занятий проходят в учебной аудитории.

Skoltech

Аудитория на 20 человек для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации:

- специализированная мебель: 10 парт парной рассадки студентов, 1 стол преподавателя, магнитно-маркерные доски

- технические средства обучения: сетевая камера видео-конференц связи, громкоговорители, дублирующий экран, моноблок

Для самостоятельной работы студенты могут использовать рабочее пространство библиотеки.

Перечень используемого ПО:

- MS Office
- Antiplagiat

3. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия

Уровень английского языка - не ниже B1.

4. Трудоёмкость

3 з.е. (1 з.е. это 27 астрономических часов)

5. Содержание курса

Л – лекции в часах
П – практики в часах
С – семинары в часах

Тема	Содержание	Л	П	С
Пункты плана, маркированные списки, слайды. Заголовки.	Язык науки: изменения и тенденции в отдельных дисциплинах. Предложение и структура типичной клаузы (элементарного предложения). Заметки. Маркированные	1	1	1

Лексическое и синтаксическое разнообразие.	списки. Слайды. Заголовки. Развертывание пунктов списка в полные предложения и сжатие предложений до пунктов списка. Длина и разнообразие предложений. Лекции (количество часов) Формулировка проблемы для решения в магистерской диссертации. Современные цифровые инструменты, которые могут помочь начинающему автору.			
Абзац и его структура. Реферат (аннотация) как ключевой абзац. Структура и содержание.	Абзац и его структура. Предложения внутри абзаца. Тематическое предложение, поддерживающие предложения, заключительное предложение. Реферат (аннотация) как ключевой (образцовый) абзац. Развернутый автореферат диссертации. Связность в коротком тексте. Структурированная аннотация (структурированный реферат). Приемы смягчения (*hedging*) и усиления категоричности (*boosting*).	1	1	1
Академическая честность. Плагиат. Предотвращение плагиата и необходимость перефразирования и суммирования (аннотирования). Реферат как воплощение суммарного изложения.	Академическая честность. Плагиат, его виды и способы маскировки (способы сокрытия). Перефразирование и суммирование. Инструменты для суммарного изложения и перефразирования. Реферат как воплощение суммарного изложения.	1	1	1
Передача информации (отчетность), цитирование и ссылки на источники. Библиография: работа с источниками, критическое мышление, синтез источников.	Передача чужих слов: цитирование, отсылки к источникам, оформление библиографии. Фразовые глаголы. Глаголы передачи информации (вводные глаголы). Факт и мнение. Составление библиографии: работа с источниками, критическое мышление, группировка литературы по смысловым блокам, синтез источников. Лексика и принципы организации сравнения и противопоставления.	1	1	1

Аннотированная библиография. Интеграция суммарного изложения, перефразирования, цитат и ссылок на источники внутри абзаца.	Аннотированная библиография. Интеграция суммарного изложения, перефразирования, цитат и ссылок на источники внутри абзаца.	1	1	1
Обзор литературы 1: Страдательный (пассивный) залог.	Обзор литературы: Предыстория вопроса (теоретическая база): структура, языковые особенности, грамматика. Типы обзоров литературы. Составление плана. Синтез источников. Работа над Обзором литературы (версия 1). Написание развернутого плана. Логико-структурная и концептуальная связность — связи между абзацами; языковой уровень. Страдательный залог и его функция в научном дискурсе. Современные тенденции использования страдательного залога в академическом письме. Британский и американский подходы к пассивному залогу: различия в научных журналах и магистерских диссертациях. Синонимы. Лексика изменений.	1	1	1
Обзор литературы 2	Критический анализ реальных (аутентичных) обзоров литературы: выбор элементов структуры, организации и лексики для подражания. Формулирование целей и задач. Аргументация и дискуссия.	1	1	1
Подготовка к презентации.	Подготовка к презентации: ● содержание; ● структура; ● визуальные элементы: сбалансированный слайд; ● техники выступления (презентации); ● язык тела; ● параметры речи; ● инструменты, помогающие докладчику на каждом этапе подготовки.	1	1	1
Материалы и методы.	Глава «Материалы и методы»: содержание, структура, лексика и грамматика. Альтернативы разделу «Материалы и методы»	1	1	1

	в различных дисциплинах. Метафоры, полезные словосочетания, описание и представление данных. Таблицы и графики.			
Результаты и обсуждение, Введение и заключение.	Главы «Результаты и обсуждение», «Введение» и «Заключение»: содержание, структура, лексика и грамматика.	1	1	1
Применение полученных знаний на практике: редактирование текста.	Работа с текстом по уровням (послойно): содержание и структура — логика / связность; язык и стиль — верстка и форматирование; ссылки на источники.	1	1	1
Ожидаемые результаты	1. **Реферат (аннотация):** составьте черновик по предоставленному шаблону. 2. **Введение** 3. **Обзор литературы** 4. **Материалы и методы** 5. **Результаты и обсуждение** Набор слайдов для предзащиты **6. Выступление перед группой:** подготовка к предзащите (5–7 минут).	1	1	1
Всего контактных часов:		**33 часа**		
Самостоятельная работа:		**45 часов**		
Промежуточная аттестация:		**3 часа**		
Общее кол-во часов:		**81 час**		

6. Требования к результатам освоения дисциплины

Изучение дисциплины **“Английский язык для диссертации”** при подготовке магистров по направлению подготовки **12.04.03 Фотоника и Оптоинформатика** направлено на приобретение следующих компетенций:

Код и наименование универсальной компетенции	**Код и наименование индикатора достижения универсальной компетенции**
УК-4. Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на	УК-4.1. Знает: - правила и закономерности личной и деловой устной и письменной коммуникации

иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия	- современные коммуникативные технологии на русском и иностранном языках - существующие профессиональные сообщества для профессионального взаимодействия УК-4.2. Умеет: - применять на практике коммуникативные технологии, методы и способы делового общения для академического и профессионального взаимодействия УК-4.3. Владеет: - методикой межличностного делового общения на русском и иностранном языках, с применением профессиональных языковых форм, средств и современных коммуникативных технологий

7. Вид итоговой оценки

Зачет

8. Структура оценки

Вид деятельности	**Относительный вклад в итоговую оценку за курс, %**
Домашние задания	50
Тест/Квиз	5
Эссе	10
Финальный проект + Презентация	35

9. Система оценивания

A, отлично	Оцениваемая работа выполнена с отменным качеством и свидетельствует об отличных знаниях, глубоком понимании предмета, глубоких всесторонних познаниях и умелом применении концепций и/или учебных материалов. Все результаты обучения соответствуют высокому уровню
B, хорошо	Работа выполнена в соответствии с высокими стандартами и свидетельствует о наличии всесторонних познаний и хорошем понимании предмета, умении использовать соответствующие

	концепции, а также об умении решать проблемы, возникающие в ходе изучения предмета работы. Большая часть результатов обучения соответствует высокому уровню
C, удовлетворительно	Оцениваемая работа в целом выполнена на удовлетворительном уровне и свидетельствует об адекватных знаниях и достаточном понимании предмета, однако со значительными недостатками. Большая часть результатов обучения соответствует удовлетворительному уровню
D, посредственно	Оцениваемая работа выполнена на слабом уровне и свидетельствует о крайне ограниченном понимании предмета, недостаточных знаниях и имеет существенные недостатки. Удовлетворительному уровню соответствует лишь малая часть результатов обучения.
E, крайне посредственно	Минимально допустимый уровень успеваемости. Оцениваемая работа выполнена на очень слабом уровне, имеет серьезные недостатки и свидетельствует о весьма низком уровне знаний, понимания и/или умений и знакомства с предметом. Удовлетворительному уровню соответствует лишь очень малая часть результатов обучения (или таких результатов нет вообще)
F, неудовлетворительно	Оцениваемая работа неприемлема и свидетельствует о практическом отсутствии знаний и понимания предмета работы. Удовлетворительному уровню не соответствуют никакие результаты обучения

10. Самостоятельная работа

Самостоятельная работа по дисциплине включает:

1. Подготовка домашних заданий;

2. Подготовка к презентации;
3. Изучение литературы.

Трудоемкость самостоятельной работы - 45 часов.

Для самостоятельной работы студентам рекомендуется использовать следующие источники:

1. Oshima A., Hogue A. Writing Academic English Level 4. Longma. ISBN-13 (or ISBN-10): 978013152359

2. John M. Swales & Christine B. Feak. Academic Writing for Graduate Students, 3rd Edition, 2012 Essential Tasks and Skills, 3rd Edition DOI: 10.3998/mpub.2173936. ISBN-13 (or ISBN-10): 9780472034758

3. Koerber D., Allen G., Clear, Precise, Direct: Strategies for Writing. Oxford University Press, 2015. ISBN-13 (or ISBN-10): 9780199006403

4. Bailey S. Academic Writing. A Handbook for International Students. 3rd Edition, 2011. ISBN-13 (or ISBN-10): 9780415595810

5. Michael McCarthy, Felicity O'Dell, Academic Vocabulary in Use, Cambridge University Press, 2008 . ISBN-13 (or ISBN-10): 9781107591660

Дополнительно методические указания по отдельным видам работ приведены в системе управления обучением “Canvas LMS”. Для доступа требуется персональный логин/пароль.

11. Фонд оценочных средств. Оценочные и методические материалы по дисциплине

Все задания для самостоятельной работы находятся в системе управления обучением “Canvas LMS”. Для доступа требуется персональный логин/пароль.

Ниже приведены примеры каждого задания и методические рекомендации по его выполнению.

11.1. Домашние задания

Во время курса студентам будет дана возможность выполнить ряд домашних заданий.

11.1.1. Оценочные материалы (примерный перечень домашних заданий)

Skoltech

Домашнее задание 1
Write down your Research Goal, Objectives and Research Questions. Structure: TITLE AIM/GOAL Objectives O1 O2 O3 Research questions (usually aligned with Research objectives): RQ1 RQ2 RQ3 NOVELTY and Relevance
Домашнее задание 2
In about 100 - 250 words, justify the choice of ONE of your methods. Title of your research METHOD == describe it briefly for a multidisciplinary audience (non-specialist) JUSTIFICATION == WHY this one and not any other? Conclusion == one sentence to highlight the importance of your choice
Домашнее задание 3
Write an abstract for your current work. Use 5- or 6- question technique. Don't forget the TITLE of your work! Indicate HOW MANY WORDS you used.

Skoltech

Five questions:

Why did you do it?

What did you do?

How did you do it?

What did you get?

What does it mean?

SIX questions:

What is the topic?

What is the key research question?

How did you do it?

What are the main results?

SO what?

Now What?

11.1.2. Методические рекомендации по выполнению домашней работы

Максимальный балл, который студенты могут получить по результатам выполнения домашних работ - 50 баллов.

Вес каждого задания - 10 баллов.

Для получения максимального балла (10) студент должен:

1) ответить правильно, полно, структурировано и четко на все вопросы из домашнего задания;
2) загрузить домашнее задание на Canvas страницу курса в установленные преподавателем сроки.

Если студент не загрузил домашнее задание вовремя, то снимается 3 балла за каждые 15 часов пропуска.

Баллы также снимаются, если задание не выполнено полностью. Преподаватель снимает баллы соразмерно объему выполненной работы.

Если студент на загрузил работу на Canvas страницу курса вовсе, то выставляется 0 баллов.

Skoltech

11.2. Презентация

Каждый студент должен выступить перед аудиторией с финальной презентацией. После выступления каждый студент отвечает на вопросы преподавателя и одногруппников.

11.2.1. Оценочные материалы (презентация)

Воспользуйтесь разделом "Информация о материалах и методах написания" на Canvas странице курса, папка "Файлы и страницы".

По итогам написания эссе у студентов должна сформироваться большая часть финального проекта. На последнем занятии студенты будут выступать с презентацией своего проекта. Продолжительность выступления не должна превышать 7 минут.

Содержание презентации:

- Название магистерской диссертации (Ваше имя, программа/направление, научный руководитель)
- Введение (Постановка проблемы, исследовательская лакуна/пробел в исследованиях, научная новизна)
- Материалы и методы
- Результаты и обсуждение
- Заключение
- Список литературы в формате IEEE

11.2.2. Методические рекомендации по выполнению презентации

Максимальный балл, который студент может получить за выполнение презентации - 35 баллов.

Критерии оценивания презентации следующие:

- представленное видео не меньше 6мин 50 сек, но не больше 7 мин 10 сек. (2 балла);
- студент ответил на все вопросы преподавателя и аудитории. При ответах были использованы техники объяснения, аргументирования, убеждения, сравнения, хеджирования (15 баллов);
- презентация студента содержательна, хорошо структурирована, а также демонстрирует ответы на все вопросы (15 баллов);
- также, оцениваться будут произношение, интонация, контроль за телом, мимикой, жестами (3 балла).

Skoltech

11.3. Эссе

Ожидается, что студенты во время занятий напишут ряд эссе, которые лягут в основу финального проекта и презентации.

11.3.1. Оценочные материалы (примерный перечень заданий для написания эссе)

Your task for essay 1: • Find 3 examples (paragraphs) of excellent writing in your research area, based on the lesson "Writing Science" 11.02.2026 • Create a title for each paragraph • Explain why it's a good example of writing (highlight the parts of the text that you are referring to) • Answer the question: "Did they authors follow OCAR structure?" and explain why. • References in IEEE
Your task for essay 2: Please study the materials in Files, Pages and the Presentation Links to an external site. on how to write the Discussion section of your Thesis. Also, please check the papers that you have been reading (including those uploaded here) to verify the conventional way of presenting Discussion in your discipline. Write your Discussion chapter and upload it here.

Skoltech

Structure:

Title of your thesis

Introductory paragraph with a brief summary of result(s)

Result -- focus on one current result

Discussion

Conclusion to highlight the importance and novelty of your results.

Use hedging, boosting and conditional sentences (modal verbs) where necessary.

FILE NAME: YOUR NAME_Discussion

Your task for essay 3:

Here is the interactive presentation (also in Pages_Presentations):

RESULTS

Links to an external site.

1. Study materials in the Presentation, Files, and Pages. There are two videos at the beginning followed by a quiz each. Please watch, do the quiz, press the Leaderboard, upload a screenshot of your results with your name visible.

FILE NAME: YOUR_NAME_Results_Quizzes

2. Write a draft of your results - it can be one obtained result or one potential result.

For the draft, use about 400-650 (max) words.

Structure:

TITLE of your Thesis

Skoltech

Introductory phrase/ paragraph to refer **to the research question/ goal/ objective**

Body paragraph(s) (with an illustration such as graph or table or figure if applicable)

RQ1 - R1

Conclusion phrase/ paragraph

FILE NAME: YOURNAME_RESULTS_V1

3. Prepare FIVE (5) slides total:

Title slide

Aim and Objectives

Materials&Methods

Results

Results

FILE NAME: YOUR NAME_RESULTS_pres

Don't go into details, provide the most important things, the most juicy pieces of your study.

BE READY TO PRESENT IN CLASS. CHECK any vocabulary you may need. PRACTICE.

11.3.2. Методические рекомендации по написанию эссе

За написание всех эссе студенты могут максимально получить до 10 баллов. Эти баллы студент может заработать за выполнение заданий из п.11.3.1.

Вес каждого задания - 2 балла.

Для получения максимального балла (10) студент должен:

1) ответить правильно, полно, структурировано и четко на все вопросы из задания;
2) загрузить задание на Canvas страницу курса до конца занятия.

Если студент не загрузил задание вовремя, то студент получает 0 баллов.

Баллы снимаются, если задание не выполнено полностью. Преподаватель снимает баллы соразмерно объему выполненной работы.

11.4. Тест/Квиз

Студентам будет предложено пройти один квиз за время курса. Квиз будет проходить в LMS Canvas со строгим дэдлайном по решению.

11.4.1. Оценочные материалы (примерный перечень заданий по тестам/квизам)

Прочитайте задание и заполните пропуски.

Complete the text about stem cell research, using the words in bold. One of the words is not needed.

А) arguably
Б) reasonably
В) typically
Г) principle
Д) widely

Stem cell research is [1] the most important area of medical research for a generation. Scientists in this field are [2] confident that major breakthroughs can be achieved within the next ten years. Reports on past success [3] draw attention to improvements in the treatment of leukemia; as for the future, it is [4] accepted that progress in the fight against cancer, multiple sclerosis and Parkinson's disease can be made.

Запишите соответствующую последовательность заглавных букв без пробелов и запятых в формате (АБВГ):

Прочитайте задание и заполните пропуски.

Complete the text about stem cell research, using the words in bold. One of the words is not needed.

А) balance
Б) extent
В) slightly

Skoltech

Г) rule
Д) respects

On [1], most people would agree that stem cell research is a medical success story, However, as Miller (2011) points out, it is rare to find a scientific advance that does not, to some [2], cause concern amongst the general public. In this case, it is the use of embryonic cells, which are, as a [3], essential to the experiments currently being carried out in some of the key research centres. In some [4], the two positions taken on the issue can be represented by China, which is relatively permissive of this type of research, and Iran, where an outrights ban has been imposed.

Запишите соответствующую последовательность заглавных букв без пробелов и запятых в формате (АБВГ):

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Rewrite thy sentence below as a hedged statement, using the words in brackets and making any other changes necessary:

It has been stated that 25% of homeless adults suffer from some form of mental illness. (estimated)

Запишите предложение на английском языке, используя слово в скобках и стратегию смягчения (*hedging*):

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Rewrite thy sentence below as a hedged statement, using the words in brackets and making any other changes necessary:

The practice of short selling brought about the collapse of Lehman Brothers. (contributed)

Запишите предложение на английском языке, используя слово в скобках и стратегию смягчения (*hedging*):

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Skoltech

Rewrite thy sentence below as a hedged statement, using the words in brackets and making any other changes necessary:

Drought is the major problem in some parts of Sub-Saharan Africa. (appears)

Запишите предложение на английском языке, используя слово в скобках и стратегию смягчения (*hedging*):

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

Mature students do not _____ manage their deadlines better than younger colleagues.

А) reasonably
Б) rather
В) necessarily

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Б):

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

The US economy grew _____ faster in the first quarter than was expected.

А) fairly
Б) slightly
В) approximately

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Б):

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

In pollution control, it is _____ impossible to establish a firm link between a specific event, such as a leak of chemicals, and harm to the local population.

А) apparently
Б) quite
В) sometimes

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Б):

Skoltech

Прочитайте задание и заполните пропуски.

Complete each sentence with the correct verbs in bold:

A) indicate
Б) may
В) agree
Г) concern
Д) seem
Е) believe

1. As far as I'm [1], the UK needs to ask itself why it locks so many of its citizens up.

2. Most people would [2] that technological innovation is the key to long-term manufacturing success.

3. On balance, it [3] that there is a desire in the general public to see the benefits system reformed.

4. Well, you [4] have a point, but what would a group live on if all its music could be downloaded for free?

5. What I [5] is the National Health Service would actually benefit from more competition.

6. The evidence [6] that molecular water exists across the surface of the moon.

Запишите соответствующую последовательность заглавных букв без пробелов и запятых в формате (АБВГДЕ):

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Correct a sentence below by adding one word. If it is a preposition, please enter the word it follows:

Diseases such as cholera are now likely in refugee camps because a lack of sanitation.

Запишите исправленное предложение на английском языке.

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Correct a sentence below by adding one word. If it is a preposition, please enter the word it

Skoltech

follows:

A number of mistakes were made account of the fact that no trained medical staff were present.

Запишите исправленное предложение на английском языке.

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Correct a sentence below by adding one word. If it is a preposition, please enter the word it follows:

An employee remains in a particularly stressful post for a prolonged period, 'burnout' can occur.

Запишите исправленное предложение на английском языке.

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Correct a sentence below by adding one word. If it is a preposition, please enter the word it follows:

'Technostress' is the term used by some medical practitioners to describe symptoms such as headaches and anxiety which occur in adolescents as a result playing and frequently losing computer games.

Запишите исправленное предложение на английском языке.

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Correct a sentence below by adding one word. If it is a preposition, please enter the word it follows:

Skoltech

During the Great Depression farmers moved to California they had been told there were jobs there.

Запишите исправленное предложение на английском языке.

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Correct a sentence below by adding one word. If it is a preposition, please enter the word it follows:

Due a lack of exercises and poor diet, childhood obesity is now common in the developed world.

Запишите исправленное предложение на английском языке.

11.4.2. Методические рекомендации по решению тестов/квизов

За решение квиза студент может максимально получить 5 баллов. Вес каждого задания составляет 0,33. Округление происходит в большую сторону.

Если студент не загрузил задание вовремя, то студент получает 0 баллов на квиз.

Автономная некоммерческая образовательная организация высшего образования «Сколковский институт науки и технологий»

Утверждено

Директор образовательной программы

Дорожкин П.С.

Идентификатор документа, задачи / ID: 479406 v.1, 450401

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ПРОСТОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ / The document is signed with a simple electronic signature

Директор образовательной программы / The Director of the program
Дорожкин Павел Сергеевич / Dorozhkin Pavel Sergeevich

Дата подписания / Date of signing 22.09.2026

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

“Подготовка к защите диссертации на английском языке”

Направление подготовки 12.04.03 Фотоника и Оптоинформатика

Квалификация “магистр”

Москва 2026

Skoltech

Название курса

Подготовка к защите диссертации на английском языке

1. Аннотация

Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО: относится к Модулю 5. "Индивидуальное обучение студента",часть, формируемая участниками образовательных отношений. Четверть 8, второй год обучения.

Язык дисциплины (модуля): английский.

Ведущий преподаватель: Тихомирова Елизавета Владимировна

Это весенний модуль курса, который согласован со сроками подачи магистерских диссертаций в Сколтехе. Минимум теории. Максимум практики. Ориентация на результат. Тщательная и индивидуальная обратная связь.

Написание магистерской диссертации — серьёзная задача, поэтому мы рекомендуем начать работу заранее, чтобы создать качественный продукт и иметь больше времени на доработку. Курс разработан специально для студентов второго года магистратуры и направлен на помощь в написании и презентации диссертации на английском языке. Участники курса будут получать обратную связь по структуре, риторике, лексике и грамматике каждой главы своей работы.

Основная цель курса — подготовить студентов к написанию, редактированию и защите магистерской диссертации в формате устной презентации. Курс помогает преодолеть типичные трудности, возникающие при написании академического текста, и содержит множество полезных лингвистических рекомендаций по его различным частям.

Курс постепенно формирует необходимые навыки письма и презентации.
К концу курса успешный студент будет иметь готовые к подаче следующие элементы работы:
— Введение (исследовательский разрыв и исследовательский вопрос(ы), цель и задачи исследования, потенциальная польза, новизна и значимость);
— Обзор литературы*;
— Материалы и методы / дизайн эксперимента;
— Результаты и обсуждение;
— Аннотация;
— Презентация и речь для предзащиты.

Skoltech

2. Материально-техническое обеспечение

Семинарская и практическая части занятий проходят в учебной аудитории.

Аудитория на 20 человек для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации:

- специализированная мебель: 10 парт парной рассадки студентов, 1 стол преподавателя, магнитно-маркерные доски

- технические средства обучения: сетевая камера видео-конференц связи, громкоговорители, дублирующий экран, моноблок

Для самостоятельной работы студенты могут использовать рабочее пространство библиотеки.

Перечень используемого ПО:

- MS Office
- Antiplagiat

3. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия

Уровень английского языка - не ниже B1.

4. Трудоёмкость

3 з.е. (1 з.е. это 27 астрономических часов)

5. Содержание курса

Л – лекции в часах
П – практики в часах
С – семинары в часах

Тема	Содержание	Л	П	С

Skoltech

Пересмотр (Ревизия): исследовательская лакуна и исследовательские вопросы, цель и задачи исследования, потенциальная польза, новизна и значимость. Написание введения.	Исследовательская лакуна (пробел в исследованиях) и исследовательские вопросы, цель и задачи исследования, потенциальная польза, усиление новизны и значимости вашей работы; Смягчение (*hedging*) и усиление категоричности (*boosting*); *Обзор литературы.	3	0	3
Материалы и методы	Материалы и методы в различных дисциплинах: структура, содержание; грамматика, лексика. Различия между разделом «Методология» и разделом «Материалы и методы» в статье и диссертации. Факты и цифры. Сторителлинг (повествование) в разделе «Материалы и методы». Основные идеи и подсказки: как и где сокращать текст. Описание динамических процессов (изменений), графиков, схем и изображений. *Описание биологических и биоинформатических экспериментов. Базовые термины из области статистики.	3	0	3
Результаты	Результаты: структура, содержание, грамматика, лексика. Факты и цифры (количественные данные). Связь с целями и задачами исследования. Язык для описания графиков, таблиц и иллюстраций. Написание подписей к рисункам: как быть ясным и лаконичным. Лексика для описания изменений и развивающихся/эволюционирующих систем.	3	0	7
Обсуждение и заключение	Обсуждение: структура, содержание, грамматика, лексика. Связь с разделом «Результаты», целями и задачами исследования, пробелом в исследованиях / точками отсчета (бенчмарками) / обзором литературы. Факт и мнение. Как сбалансировать раздел «Обсуждение» с разделом «Введение». Структура и варианты модификации.	3	0	7

Аннотация	аннотация: структура, содержание, грамматика, лексика. Структурированные и неструктурированные аннотации. Графическая аннотация. Видео-аннотация. Шаблоны аннотаций. Адаптация под целевой журнал. Профессиональное использование ИИ для адаптации под журнал.	3	0	3
Сведение всех элементов воедино. Редактирование.	Сведение всех элементов воедино. Сторителлинг (повествование) в научной статье. Путь от постановки цели — к поиску решения — к преодолению вызова. Практики редактирования. Инструменты для редактирования. Обеспечение слышимости авторского голоса. Этичное использование ИИ при написании и редактировании текста.	3	0	7
Презентация	Риторика устного научного выступления: структура презентации, верстка и визуальный баланс, грамматика и лексика. Советы по проведению презентации: с чего начать, как тренироваться, как выступать. Советы по сессии вопросов и ответов (Q&A).	6	0	6
Всего контактных часов:		**60 часов**		
Самостоятельная работа:		**15 часов**		
Промежуточная аттестация:		**6 часов**		
Общее кол-во часов:		**81 час**		

6. Требования к результатам освоения дисциплины

Изучение дисциплины **“Подготовка к защите диссертации на английском языке”** при подготовке магистров по направлению подготовки **12.04.03 Фотоника и Оптоинформатика** направлено на приобретение следующих компетенций:

Код и наименование универсальной компетенции	**Код и наименование индикатора достижения универсальной компетенции**
УК-4. Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия	УК-4.1. Знает: - правила и закономерности личной и деловой устной и письменной коммуникации - современные коммуникативные технологии на русском и иностранном языках - существующие профессиональные сообщества для профессионального взаимодействия УК-4.2. Умеет:

	- применять на практике коммуникативные технологии, методы и способы делового общения для академического и профессионального взаимодействия УК-4.3. Владеет: - методикой межличностного делового общения на русском и иностранном языках, с применением профессиональных языковых форм, средств и современных коммуникативных технологий

7. Вид итоговой оценки

Экзамен

8. Структура оценки

Вид деятельности	**Относительный вклад в итоговую оценку за курс, %**
Домашние задания	60
Финальная презентация	20
Участие во время занятий	20

9. Система оценивания

A, отлично	Оцениваемая работа выполнена с отменным качеством и свидетельствует об отличных знаниях, глубоком понимании предмета, глубоких всесторонних познаниях и умелом применении концепций и/или учебных материалов. Все результаты обучения соответствуют высокому уровню
B, хорошо	Работа выполнена в соответствии с высокими стандартами и свидетельствует о наличии всесторонних познаний и хорошем понимании предмета, умении использовать соответствующие концепции, а также об умении решать проблемы, возникающие в ходе изучения предмета работы. Большая часть результатов обучения соответствует высокому уровню

C, удовлетворительно	Оцениваемая работа в целом выполнена на удовлетворительном уровне и свидетельствует об адекватных знаниях и достаточном понимании предмета, однако со значительными недостатками. Большая часть результатов обучения соответствует удовлетворительному уровню
D, посредственно	Оцениваемая работа выполнена на слабом уровне и свидетельствует о крайне ограниченном понимании предмета, недостаточных знаниях и имеет существенные недостатки. Удовлетворительному уровню соответствует лишь малая часть результатов обучения.
E, крайне посредственно	Минимально допустимый уровень успеваемости. Оцениваемая работа выполнена на очень слабом уровне, имеет серьезные недостатки и свидетельствует о весьма низком уровне знаний, понимания и/или умений и знакомства с предметом. Удовлетворительному уровню соответствует лишь очень малая часть результатов обучения (или таких результатов нет вообще)
F, неудовлетворительно	Оцениваемая работа неприемлема и свидетельствует о практическом отсутствии знаний и понимания предмета работы. Удовлетворительному уровню не соответствуют никакие результаты обучения

10. Самостоятельная работа

Самостоятельная работа по дисциплине включает:

1. Подготовка домашних заданий;
2. Подготовка к финальной презентации;
3. Изучение литературы.

Трудоемкость самостоятельной работы - 15 часов.

Skoltech

Для самостоятельной работы студентам рекомендуется использовать следующие источники:

1. Elizabeth M Fisher,Daniel R M Holtom Enjoy Writing Your Science Thesis or Dissertation! ISBN-13 (or ISBN-10): 9781783264216

Дополнительно методические указания по отдельным видам работ приведены в системе управления обучением “Canvas LMS”. Для доступа требуется персональный логин/пароль.

11. Фонд оценочных средств. Оценочные и методические материалы по дисциплине

Все задания для самостоятельной работы находятся в системе управления обучением “Canvas LMS”. Для доступа требуется персональный логин/пароль.

Ниже приведены примеры каждого задания и методические рекомендации по его выполнению.

11.1. Домашние задания

Во время курса студентам будет дана возможность выполнить ряд домашних заданий.

11.1.1. Оценочные материалы (примерный перечень домашних заданий)

Домашнее задание 1
Dear All, Please find and upload here **THREE Articles** from your field of study. They should NOT be *review* articles. They should NOT be from *The Nature.* *They should NOT be from arXiv.* They should be around 20 pages **max**. They should be from a **reputable journal** in your area of knowledge, the authors should have a **high Hirsch Index**, and the publication date should be within **the last**

Skoltech

3-5 years.

Ideally, the articles would be recommended/ approved by your science advisor.

These can be articles you studied during the last term/ are supposed to study this term (preferably).

We are going to use these articles for the rest of the term, so please find something you would like to set an example of good writing for you.

PLEASE NO ZIP/ archived files: they do not unzip in Canvas.

You can bring a printed copy of the articles with you for classwork.

Домашнее задание 2

1. Please upload here the LR variants that you submitted earlier.

Upload the BIBLIOGRAPHY on which the LR is based. Use IEEE referencing style == list of REFERENCES.

FILE NAME: YOURNAME_LR_References_Dec

2*. Keep working on your Literature Reviews.

Here is the interactive LR_Road_Map_Presentation

Links to an external site.

with many useful tips on the structure and contents of the LR.

Additional materials regarding LR writing are in FILES and PAGES here in Canvas.

PLEASE start using a Reference manager (Mendeley, OneNote, Zotero, etc.) if you have not yet done so.

For more info on Reference managers, see PADLET/ Wakelet.

Remember that your LR should be logical, and the logic should be driven by your RESEARCH QUESTIONS and the GAP.

Check that your thought is moving forward, not just moving in rounds.

Skoltech

11.1.2. Методические рекомендации по выполнению домашней работы

Максимальный балл, который студенты могут получить по результатам выполнения домашних работ - 60 баллов.

Вес каждого задания - 10 баллов.

Для получения максимального балла (10) студент должен:

1) ответить правильно, полно, структурировано и четко на все вопросы из домашнего задания;
2) загрузить домашнее задание на Canvas страницу курса в установленные преподавателем сроки.

Если студент не загрузил домашнее задание вовремя, то снимается 3 балла за каждые 15 часов пропуска.

Баллы также снимаются, если задание не выполнено полностью. Преподаватель снимает баллы соразмерно объему выполненной работы.

Если студент на загрузил работу на Canvas страницу курса вовсе, то выставляется 0 баллов.

11.2. Финальная презентация

Каждый студент должен выступить перед аудиторией с финальной презентацией. После выступления каждый студент отвечает на вопросы преподавателя и одногруппников.

11.2.1. Оценочные материалы (финальная презентация)

Воспользуйтесь разделом "Информация о материалах и методах написания" на Canvas странице курса, папка "Файлы и страницы".

Проверьте загруженные вами статьи и те, которые вы сейчас читаете по другим курсам, и обратите внимание на то, как этот раздел представлен в вашей дисциплине.

Подготовьте презентацию со слайдами. Потренируйтесь в презентации. Продолжительность не должна превышать 5 минут!

СОДЕРЖАНИЕ: любые исследования, которые вы проводите сейчас / ваши исследования для магистратуры или бакалавриата / ваши исследования для других курсов.

Сосредоточьтесь на разделе "Методы". Он отвечает на вопрос "КАК вы это сделали"?

структура:

Skoltech

1. Титульный слайд: название вашего исследования, ваше имя, фамилия вашего научного руководителя.

2. Вопрос/ гипотеза вашего исследования: ЧТО вы хотите выяснить?

3. Ваши материалы == объект вашего исследования == ЧТО вы изучаете?

и

Ваши методы == обработка вашего объекта == что вы делаете, какие шаги предпринимаете, каким протоколам следуете, какой конвейер экспериментов используете.

4. ПОЧЕМУ ваши текущие методы оптимальны/лучше/превосходят любые другие методы, используемые для решения аналогичной задачи (используйте аргументы из уже выполненного вами задания) ==Обоснуйте выбор вашего метода.

5. Заключение: Каких результатов вы надеетесь достичь, используя эти методы? (вспомните свой исследовательский вопрос и гипотезу). Если вы говорите о своем исследовании на степень бакалавра, то укажите, чего вам удалось достичь.

6. Список литературы в IEEE

11.2.2. Методические рекомендации по выполнению финальной презентации

Максимальный балл, который студент может получить за выполнение финального проекта - 40 баллов.

Критерии оценивания презентации следующие:

- представленное видео не меньше 4мин 50 сек, но не больше 5 мин 10 сек. (4 балла);
- студент ответил на все вопросы преподавателя и аудитории. При ответах были использованы техники объяснения, аргументирования, убеждения, сравнения, хеджирования (12 баллов);
- презентация студента содержательна, хорошо структурирована, а также демонстрирует ответы на все вопросы (14 баллов);
- также, оцениваться будут произношение, интонация, контроль за телом, мимикой, жестами (10 баллов).

11.3. Участие во время занятий

Ожидается, что студенты во время занятий будут активно выполнять задания, предлагаемые преподавателем, а также отвечать и задавать вопросы.

Skoltech

Посещение всех занятий обязательно. Пропуски допускаются только при наличии уважительной причины, подтвержденной документально (мед. справки итд).

11.3.1. Оценочные материалы (примерный перечень заданий для решения в классе)

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

What part of the abstract is it?

The performance of the POK-based approach was tested using eight selected areas with differing landscapes from five different continents. An overall classification accuracy of over 80% was achieved. This indicates that the developed POK-based approach is effective and feasible for operational GLC mapping at 30 m resolution.

А) Conclusion
Б) Aim
В) Introduction
Г) Experiments/Methods
Д) Results

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Б):

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

What part of the abstract is it?

Thermal conductivity is one of the fundamental physical parameters of rocks used in all fields of Earth science related to heat transfer in formations. Theoretical modeling of thermal conductivity plays a significant role when it is impossible to carry out measurements on rock samples or when it is necessary to account for variations in bulk thermal conductivity caused by natural or technological factors.

А) Conclusion
Б) Aim
В) Introduction
Г) Experiments/Methods
Д) Results

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Б):

Skoltech

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

What part of the abstract is it?

This paper suggests a new concept of distributed haptic display for realistic interaction with virtual object of complex shape by a collaborative robot with shape display end-effector. MirrorShape renders the 3D object in virtual reality (VR) system by contacting the user hands with the robot end-effector at the calculated point in real-time. Our proposed system makes it possible to synchronously merge the position of contact point in VR and end-effector in real world.

А) Conclusion
Б) Aim
В) Introduction
Г) Experiments/Methods
Д) Results

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Б):

Прочитайте задание и выберите все правильные ответы.

Select all parts belonging to the abstract.

А) Aim
Б) Bibliography
В) Experiments/Methods
Г) Conclusion
Д) Literature review
Е) Introduction

Перечислите все правильные варианты ответов в формате заглавных букв через запятую и пробел (например, А, Б).

Прочитайте задание и установите соответствие.

Match all parts of abstract with the description:

Skoltech

Parts of abstract	Description
А) In this experiment, chromatography was used to analyse amino acids in solution. Standards were used to identify unknown amino acids in a mixture	1) Description aim/ objective
Б) Ascending layer chromatography with an isopropanol-based solvent was used to separate the amino acids, which were then detected with ninhydrin.	2) Method
В) The unknown mixture analysed was found to contain aspartate and histidine. It was observed that hydrophobic amino acids were most mobile	3) Results
Г) This technique was shown to be an effective way of analysing unknown mixtures of amino acids	4) Conclusion
Д) A mechanism for ninhydrin binding to amino acids is proposed, based on observations from this experiment.	5) Further conclusion

Напишите правильное соответствие в формате: заглавная буква и цифра <u>без пробела</u>, запятая, пробел (например, А1, Б2, В3):

Прочитайте задание и заполните пропуск.

OCAR is a narrative structure framework widely used in academic writing, scientific articles, grant proposals, and presentations to transform complex data into a compelling story. The acronym stands for Opening, Challenge,_____, and Resolution.

Напишите правильный ответ на английском языке:

Skoltech

Прочитайте задание и заполните пропуск.

OCAR is a narrative structure framework widely used in academic writing, scientific articles, grant proposals, and presentations to transform complex data into a compelling story. The acronym stands for Opening, Challenge, Action, and _____.

Напишите правильный ответ на английском языке:

Прочитайте задание и заполните пропуск.

_____ refers to a specific numeric citation style created by this institute. It is predominantly used in electrical engineering, computer science, telecommunications, and other STEM fields because it prioritizes conciseness and ease of cross-referencing in dense technical documents.

Напишите правильный ответ на английском языке:

Прочитайте задание и заполните пропуск.

_____ in academic writing is the strategic use of cautious, tentative language to express uncertainty or hesitation. It involves making claims without sounding overly assertive or absolute. This technique allows authors to distinguish between established facts and interpretative claims while acknowledging the limitations and provisional nature of their research.

Напишите правильный ответ на английском языке:

Прочитайте задание и заполните пропуск.

_____ in academic writing is the use of linguistic devices to express certainty, confidence, and emphasis. It involves strengthening the impact of a statement to make claims sound more persuasive, authoritative, and convincing.

Напишите правильный ответ на английском языке:

Skoltech

Прочитайте задание и заполните пропуск.

In academic writing, _____ refers to the original contribution a piece of research makes to its field. It is what distinguishes new work from existing literature and demonstrates that the author has advanced knowledge rather than simply repeating or summarizing what others have already done.

Напишите правильный ответ на английском языке:

Прочитайте задание и заполните пропуск.

A _____ is a topic, question, or area within the existing body of knowledge that has not been adequately addressed by previous studies. It represents the space between what is currently known (the established literature) and what still needs to be understood.

Напишите правильный ответ на английском языке:

Прочитайте задание и заполните пропуск.

Appear, seem, look, suggest, indicate, estimate - are _____ verbs that can be used in academic writing.

Напишите правильный ответ на английском языке:

Прочитайте задание и заполните пропуск.

Apparently, arguably, reasonably, typically - are _____ adverbs that can be used in academic writing.

Напишите правильный ответ на английском языке:

Skoltech

Прочитайте задание и заполните пропуск.

On balance, as a rule, in principle - are _____ expressions that can be used in academic writing.

Напишите правильный ответ на английском языке:

11.3.2. Методические рекомендации по выполнению заданий в классе

За участие во время занятий студент может получить до 20 баллов. Эти баллы студент может заработать за выполнение заданий из п.11.3.1.

Вес каждого задания - 1,3 балла. Баллы округляются в большую сторону.

Для получения максимального балла (20) студент должен:

1) ответить правильно, полно, структурировано и четко на все вопросы из задания;
2) загрузить задание на Canvas страницу курса до конца занятия.

Если студент не загрузил задание до конца занятия, то студент получает 0 баллов.

Баллы снимаются, если задание не выполнено полностью. Преподаватель снимает баллы соразмерно объему выполненной работы.

Автономная некоммерческая образовательная организация высшего образования «Сколковский институт науки и технологий»

Утверждено

Директор образовательной программы

Дорожкин П.С.

Идентификатор документа, задачи / ID: 479406 v.1, 450401

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ПРОСТОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ /
The document is signed with a simple electronic signature

Директор образовательной программы / The Director of the program
Дорожкин Павел Сергеевич / Dorozhkin Pavel Sergeevich

Дата подписания / Date of signing 22.09.2026

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

“Период факультативных занятий”

Направление подготовки 12.04.03 Фотоника и Оптоинформатика

Квалификация “магистр”

Москва 2026

Skoltech

Название курса

Период факультативных занятий

1. Аннотация

Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО: относится к Модулю Факультативы. Зимний семестр, первый год обучения.

Язык дисциплины (модуля): английский.

Ведущий преподаватель: Тихомирова Елизавета Владимировна, Кулиш Дмитрий Михайлович, Троценко Роман Владимирович, Сабах Фаршад.

ISP служит миссии Сколтеха по воспитанию следующего поколения лидеров науки, технологий и инноваций, предлагая студентам целый мир возможностей за пределами их основной образовательной области, делая их обучение действительно междисциплинарным и укрепляя чувство общности Сколтеха.

ISP фокусируется на четырех основных областях: Расширение горизонтов, Развитие мягких навыков, Предпринимательство и инновации, Развитие карьеры.

Более подробная информация об областях ISP:

1) Расширение горизонтов – исследование новых разнообразных областей, выходящих за рамки основной образовательной области студента. Мини курс - Навыки презентации и академического общения в очках виртуальной реальности.

2) Развитие мягких навыков – развитие навыков для профессионального и личностного роста. Мини курс - Владение сценической речью.

3) Предпринимательство и инновации – поощрение новаторского мышления и развития независимых проектов и стартапов. Мини курс - Эффективное лидерство.

4) Развитие карьеры – понимание потребности отрасли и развитие конкурентоспособности в современных условиях. Мини курс - Карьерный рост.

Студент может выбрать три мини курса из четырех. Каждый год перечень курсов меняется.

Перечень мини-курсов на академический год 2025/2026:

- Как написать статью. Краткий курс - Тихомирова Елизавета Владимировна

Skoltech

- EQ и NEG хардкорные игры. Первый поток - Кулиш Дмитрий Михайлович
- Психология и нейробиология продуктивности: нацеленность на результат - Троценко Роман Владимирович
- Осознанная необходимость; управление стрессом и навык уверенности - Сабах Фаршад

Объем каждого курса варьируется.

Материально-техническое обеспечение

Лекционная и семинарская части занятий проходят в:

1) Аудитория на 20 человек для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации:

- специализированная мебель: парты, 2 персональных компьютера;

- технические средства обучения: моторизированный проекционный экран, проектор на потолочном кронштейне, микрофоны беспроводной радиосистемы, камера, сетевая камера, потолочные громкоговорители.

121205, Российская Федерация, г. Москва, территория инновационного центра «Сколково», Большой бульвар, д.30 стр.1, помещение на 2 этаже

E-R3-2008 (174 БТИ), 52,6 кв. м

2) Аудитория на 20 человек для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации:

- специализированная мебель: парты, стол преподавателя, 2 персональных компьютера;

- технические средства обучения: моторизированный проекционный экран, проектор на потолочном кронштейне, микрофоны беспроводной радиосистемы, камера, сетевая камера, потолочные громкоговорители, интерактивные ЖК-панели.

Skoltech

121205, Российская Федерация, г. Москва, территория инновационного центра «Сколково», Большой бульвар, д.30 стр.1, помещение на 2 этаже E-R3-2009 (171 БТИ), 78, 1 кв. м

3) Аудитория на 120 человек для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации:

- специализированная мебель: парты, 2 стола преподавателя, трибуна, 1 моноблок;

- технические средства обучения: моторизированный проекционный экран, проектор на потолочном кронштейне, микрофоны беспроводной радиосистемы, камера, сетевая камера, потолочные громкоговорители, дублирующие экраны, сенсорные мониторы, ЖК-панель.

21205, Российская Федерация, г. Москва, территория инновационного центра «Сколково», Большой бульвар, д.30 стр.1, помещение на 2 этаже E-B2-3007 (97 БТИ), 240,2 кв. м

Для самостоятельной работы студенты могут использовать рабочее пространство библиотеки.

Перечень используемого ПО:

- MS Office
- Antiplagiat

3. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия

-

4. Трудоёмкость

от 90 до 120 часов*

Нагрузка периода факультативных занятий исчисляется в астрономических часах

5. Содержание курса

Л – лекции в часах
П – практики в часах

Skoltech

С – семинары в часах

Тема	Содержание	Л	П	С
Развитие мягких навыков Мини курс - **Как написать статью. Краткий курс**	Цель данного курса — сформировать осознанный подход к академическому письму посредством анализа аутентичных текстов, а также интенсивной практики написания и редактирования. Подход «от процесса к результату» (*process-for-product*) проводит студентов через весь цикл создания текста: от обучения написанию черновика до использования рекомендаций рецензента для его доработки, уточнения и шлифовки. В рамках курса особое внимание уделяется специфике основных разделов исследовательской работы с точки зрения структуры, лексики, грамматики и стиля.	9	0	9
Всего контактных часов:		**15**		
Самостоятельная работа:		**6**		
Промежуточная аттестация:		**3**		
Общее кол-во часов:		**24**		
Предпринимательство и инновации Мини курс **- EQ и NEG хардкорные игры. Первый поток**	Этот курс представляет собой тщательно сбалансированный комплекс активных упражнений, направленных на развитие эмоционального интеллекта (EQ) и навыков ведения переговоров. Ключевое отличие этой программы от многих других курсов по «мягким навыкам» — минимум лекций и максимум практики. Курс построен вокруг самых динамичных и даже драматичных упражнений. Большинство студентов отмечают острое, интенсивное обучение (*acute learning*), которое кардинально отличает эти занятия от традиционных лекционных форматов. Программа воссоздаёт и расширяет опыт всемирно известных курсов: Стэнфордской школы бизнеса («Межличностная динамика») и переговорного интенсива Wharton. Вас	3	12	12

	ждут острые ощущения, а обучение станет неизбежным! Самые жесткие и бескомпромиссные механики были специально отобраны вручную, чтобы обеспечить студентам максимально драматичный, а значит — эффективный учебный опыт. **ВНИМАНИЕ! ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ! Большинству студентов гарантировано состояние острого дискомфорта в определенные моменты курса. Записывайтесь осознанно и будьте готовы к активной работе и дискуссиям.** Обратите внимание: ● **Минимум домашних заданий, но жесткое требование посещаемости.** Ваше участие в классных активностях — это основа вашего обучения и ключевой инструмент обучения ваших одногруппников. Даже 1 час отсутствия на занятии расценивается как предательство по отношению к себе и команде и повлечет за собой неудовлетворительную оценку. ● **График:** Ожидайте нахождения в классе с 10:00 до 19:00 все четыре дня с разумными перерывами. ● **Записывайтесь ответственно!** **Почему этот курс полезен для студентов?** Студенты освоят широкий спектр навыков эмоционального интеллекта (EQ) и ведения переговоров (NEG). Обучение проходит в формате интерактивных игр, собранных профессором Кулишем из			

	признанных во всем мире тренингов. Мы пройдем путь от развития осознанности и мотивации, затронув управление стрессом, перейдем к отработке навыков построения отношений и влияния, и завершим сложными стратегиями переговоров: от модели «выиграл-выиграл» до многоуровневой координации. Мы будем выполнять классические групповые игры и упражнения, включая, но не ограничиваясь следующими: 1. **Социальная осознанность:** *Alligator River*, *Keynesian Beauty Contest*. 2. **Личная осознанность:** пассивное наблюдение, приоритизация целей и ценностей. 3. **Обратная связь:** *Influence Row*, Окно Джохари. 4. **Позиционные переговоры.** 5. **Координация:** игра «Ультиматум», игра «Диктатор», «Нефтяная игра». 6. **Групповые сценарии «Выиграл-Выиграл»** (как исследовательские, так и ролевые, включая игру «Апельсиновый сок»). 7. **Личные исследовательские переговоры «Выиграл-Выиграл».** 8. **Асимметричные групповые переговоры** и другие.			
Всего контактных часов:		**27**		
Самостоятельная работа:		**10**		
Промежуточная аттестация:		**3**		
Общее кол-во часов:		**40**		
Развитие карьеры	Этот курс посвящен пониманию того, как на самом деле работают наш разум и мозг	5	0	10

Skoltech

Мини курс - Психология и нейробиология продуктивности: нацеленность на результат	в стремлении к достижению целей — будь то учеба, работа или личная жизнь. Мы часто полагаем, что продуктивность зависит от дисциплины или тайм-менеджмента, но в действительности она определяется психологией и нейробиологией: тем, как мы ставим цели, реагируем на неопределенность, как эмоции влияют на наши действия и как мозг мотивирует (или блокирует) нас. Мы исследуем, что помогает людям сохранять концентрацию и двигаться вперед, а что чаще всего становится препятствием. Студенты научатся: ● формулировать осмысленные цели; ● работать со своей мотивацией; ● распознавать деструктивные мыслительные паттерны, которые ведут к прокрастинации или стрессу. Мы также рассмотрим простые, научно обоснованные инструменты для планирования, саморегуляции и поддержания прогресса в долгосрочной перспективе.			
Всего контактных часов:		**12**		
Самостоятельная работа:		**5**		
Промежуточная аттестация:		**3**		
Общее кол-во часов:		**20**		
Расширение горизонтов Мини курс - Осознанная необходимость; управление	Курс направлен на то, чтобы вооружить студентов научно обоснованными (*evidence-based*) инструментами для распознавания и управления стрессом, а также для укрепления самоэффективности и уверенности в себе. Программа объединяет психо-образование, практики	5	0	10

стрессом и навык уверенности	осознанности (майндфулнесс), когнитивно-поведенческие стратегии и подходы позитивной психологии. Это помогает студентам справляться со стрессорами, преодолевать неуверенность в себе и формировать установку на рост (*growth mindset*).			
Всего контактных часов:		**12**		
Самостоятельная работа:		**5**		
Промежуточная аттестация:		**3**		
Общее кол-во часов:		**20**		

6. Требования к результатам освоения дисциплины

Изучение дисциплины "**Период факультативных занятий"** при подготовке магистров по направлению подготовки **12.04.03 Фотоника и Оптоинформатика** направлено на приобретение следующих компетенций:

Код и наименование универсальной компетенции
УК-4. Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия
УК-6. Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки

7. Вид итоговой оценки

зачет

8. Структура оценки

Вид деятельности	**Относительный вклад в итоговую оценку за курс, %**
Зачет	100

9. Система оценивания

Для получения оценки зачтено по учебному элементу "Период факультативных занятий" студент должен получить "зачтено" по каждому из выбранных мини

курсов. Студент в сумме должен набрать не менее 90 часов по пройденным курсам ISP и не более 120.

Зачтено	студент получил оценку “зачтено” по каждому из трех выбранных курсов
Незачтено	студент не получил оценку “зачтено” хотя бы по одному из выбранных курсов

Каждый мини курс (тема) также оценивается как зачтено/незачтено. Структура оценки каждого курса следующая:

Вид деятельности	**Относительный вклад в итоговую оценку за курс, %**
Домашняя работа	100%

10. Самостоятельная работа

Самостоятельная работа по дисциплине включает:

1. Изучение литературы;
2. Выполнение домашней работы в рамках определенного курса.

Трудоемкость самостоятельной работы - зависит от выбранного миникурса.

Для самостоятельной работы студентам рекомендуется использовать следующие источники:

1. Innovating: A Doer's Manifesto for Starting from a Hunch, Prototyping Problems, Scaling Up, and Learning to Be Productively Wrong (MIT Press) by Luis Perez-Breva. This book is available from the Ebsco eBook Collection in Skoltech’s online Library, accessible at the following URL:http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=nlebk&AN=1470564&site=ehost-liveThe Ebsco eBook Collection is available to all Skoltech students within the Skoltech network, or remotely via proxy. You can visit the Skoltech library here:https://www.skoltech.ru/en/education/library/. **ISBN-13 (or ISBN-10): 9780262035354**
2. Disciplined Entrepreneurship, Bill Aulet, Wiley 2013. **ISBN-13 (or ISBN-10): 9781118692288**
3. Oshima A., Hogue A. Writing Academic English Level 4. Longma. ISBN-13 (or ISBN-10): 978013152359

4. John M. Swales & Christine B. Feak. Academic Writing for Graduate Students, 3rd Edition, 2012 Essential Tasks and Skills, 3rd Edition DOI: 10.3998/mpub.2173936. ISBN-13 (or ISBN-10): 9780472034758

5. Koerber D., Allen G., Clear, Precise, Direct: Strategies for Writing. Oxford University Press, 2015. ISBN-13 (or ISBN-10): 9780199006403

6. Bailey S. Academic Writing. A Handbook for International Students. 3rd Edition, 2011. ISBN-13 (or ISBN-10): 9780415595810

7. Michael McCarthy, Felicity O'Dell, Academic Vocabulary in Use, Cambridge University Press, 2008 . ISBN-13 (or ISBN-10): 9781107591660

Дополнительно методические указания по отдельным видам работ приведены в системе управления обучением “Canvas LMS”. Для доступа требуется персональный логин/пароль.

11. Фонд оценочных средств. Оценочные и методические материалы по дисциплине

Все задания для самостоятельной работы находятся в системе управления обучением “Canvas LMS”. Для доступа требуется персональный логин/пароль.

Ниже приведены примеры заданий и методических рекомендаций по их выполнению.

11.1. Домашнее задание

В рамках каждого мини курса студентам будет дана возможность выполнить домашние задания. Примерный перечень вопросов к домашнему заданию приведен ниже.

11.1.1.Оценочные материалы

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Согласно курсу “EQ & NEG Hardcore Games ” какой коммуникационный барьер возникает, если игроки пытаются блефовать в одноразовой игре «Ультиматум»?

Напишите правильный ответ:

Skoltech

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Согласно курсу “EQ & NEG Hardcore Games ”в повторяющихся играх какую информацию передают участники через историю своих прошлых ходов?

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Согласно курсу “EQ & NEG Hardcore Games ” какой канал связи наиболее эффективен для достижения Парето-оптимума в сложных координационных схемах?

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

С каким процессом ассоциируется принцип Брайана Трейси «съесть лягушку» (Eat That Frog)?

А) Выполнение самой сложной и неприятной задачи в начале дня
Б) Отказ от завтрака ради продуктивности
В) Проверку почты сразу после пробуждения
Г) Делегирование всех утренних дел

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Б):

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

В чем заключается суть закона Паркинсона относительно управления собственным временем?

А) Работа заполняет время, отпущенное на нее
Б) Любая встреча длится не менее часа
В) Сложность задачи растет пропорционально зарплате
Г) Время всегда движется быстрее в конце квартала

Skoltech

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Б):

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

Если задача занимает менее двух минут, какое действие рекомендует одноименное правило Дэвида Аллена (Getting Things Done)?
А) Записать ее в план на неделю
Б) Выполнить немедленно
В) Передать руководителю
Г) Отложить до конца дня

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Б):

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

При использовании матрицы ABCDE, какая категория присваивается самым критичным и важным задачам, которые имеют серьезные последствия в случае невыполнения?

А) Категория C
Б) Категория E
В) Категория B
Г) Категория A

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Б):

Прочитайте задание и выберите правильный ответ.

Согласно правилу 1-3-5, какой объем работы считается оптимальным для выполнения за один день?

А) Одна большая, три средних и пять мелких задач
Б) Один проект, три встречи и пять звонков
В) Девять любых задач подряд
Г) Пять больших и одна мелкая задача

Напишите правильный ответ в формате заглавной буквы (например, Б):

Skoltech

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Какой принцип гласит, что 20% усилий дают 80% результата?

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

На сколько минут рекомендуется заводить таймер в технике Pomodoro?

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Какой закон утверждает, что работа заполняет всё отведенное на нее время?

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Как называется стратегия борьбы со стрессом путем решения самой проблемы?

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Skoltech

Как называется стабильное ощущение собственной ценности, независимое от внешних достижений?

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

В игре «Диктатор», если игрок отдает ровно 50% без внешнего наблюдения, как называют этот тип мотивации?

Напишите правильный ответ:

Прочитайте задание и ответьте на вопрос.

Какой параметр снижают экспериментаторы в «Диктаторе», чтобы проверить влияние социального давления на щедрость?

Напишите правильный ответ:

11.1.2. Методические рекомендации по выполнению домашних заданий

Максимальное количество баллов, которое студент может получить за выполнение домашних заданий в рамках одного мини-курса - 100 баллов. Вес каждого домашнего задания 10 баллов.

Для получения максимального балла студент должен полно и структурировано ответить на все поставленные вопросы, а также загрузить домашнее задание в LMS Canvas.

Если задание не загружено в срок, то студент получает на 5 баллов меньше.

Skoltech

Если задание на загружено, то студент получает 0 баллов.