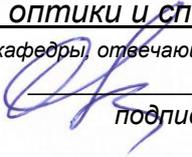


МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой
кафедры оптики и спектроскопии
наименование кафедры, отвечающей за реализацию дисциплины

Овчинников О.В.
подпись, расшифровка подписи
26.09.2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Б1.О.17 Математическое моделирование и информационные технологии в фотонике

Код и наименование дисциплины в соответствии с учебным планом

1. Код и наименование направления подготовки/специальности:

12.03.03. Фотоника и оптоинформатика

2. Профиль подготовки/специализация: *Фотоника и оптоинформатика*

3. Квалификация выпускника: *Высшее образование (бакалавр)*

4. Форма обучения: *очная*

5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:

кафедра оптики и спектроскопии

6. Составители программы:

Королев Никита Викторович, кандидат физико-математических наук, доцент

7. Рекомендована: *НМС физического ф-та ВГУ протокол № 7 от 19.09.2024 г.*

8. Учебный год: *2025/2026*

Семестр(ы): *3*

9. Цели и задачи учебной дисциплины

Целями освоения учебной дисциплины являются: формирование общепрофессиональных компетенции студентов физического факультета, обучающихся по кафедре оптики и спектроскопии в области основных аспектов моделирования оптических систем, которые широко применяются в оптоэлектронике и других областях наукоемких технологий.

Задачи учебной дисциплины:

- сформировать у студентов теоретические знания в области математического моделирования, необходимые для построения оптических систем, включая знание особенностей работы программного обеспечения для расчета элементов и систем фотоники;
- выработать навыки работы со специализированным программным обеспечением для расчета систем фотоники различного назначения;
- сформировать умение создавать модели разнообразных элементов и систем фотоники.

10. Место учебной дисциплины в структуре ООП: обязательная часть блока Б1.

11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями) и индикаторами их достижения:

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ОПК-1	Способен применять естественнонаучные и общеинженерные знания, методы математического анализа и моделирования в инженерной деятельности, связанной с фотонными технологиями обработки информации, проектированием, конструированием и технологиями производства элементов, приборов и систем фотоники и оптоинформатики	ОПК-1.2	Применяет знания математики в инженерной практике при моделировании	Знать: методы расчета характеристик оптических систем и передовые направления исследований в области информационных технологий в фотонике. Уметь: выполнять моделирование распространения света в простейших оптических системах. Владеть навыками работы в перспективных областях информационных технологий и инженерной оптики.
		ОПК-1.3	Применяет общеинженерные знания в инженерной деятельности	

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час: 6 / 216.

Форма промежуточной аттестации: экзамен

13. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы		Трудоемкость	
		Всего	По семестрам
			1 семестр
Аудиторные занятия		100	100
в том числе:	лекции	50	50
	практические	50	50
	лабораторные	0	0
Самостоятельная работа		80	80
в том числе: курсовая работа (проект)		0	0
Форма промежуточной аттестации)		Экзамен - 36	Экзамен - 36
Итого:		216	216

13.1. Содержание дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК *
1. Лекционные занятия			
1	Геометрическая оптика как основы инженерных расчетов	Законы геометрической оптики. Подходы к расчету оптических характеристик в инженерной оптике.	
2	Центрированные оптические системы. Правила знаков	Идеальные центрированные оптические системы. Правило знаков. Параксиальное приближение	
3	Фокальные и главные плоскости ОС. Кардинальные параметры	Определение фокусов. Фокальные плоскости. Главные плоскости. Фокальные отрезки и фокусные расстояния. Кардинальные точки оптической системы.	
4	Параксиальное приближение. Инвариант Аббе. Элементы матричной оптики	Инвариант Аббе как пример использования параксиального приближения. Преобразование параметров луча в рамках параксиального приближения. Матричная форма записи.	
5	Связь элементов матрицы преломления и кардинальных параметров оптической системы	Вывод соотношений для расчета кардинальных параметров на основе элементов матрицы преломления.	
6	Формула сопряженных отрезков. Линейное увеличение и оптическая сила	Вводятся в рассмотрение характеристики оптической системы, такие как оптическая сила, линейное и продольное увеличение.	
7	Определение положения изображения в зависимости от положения предмета	Определение размера и положения изображения по положению предмета и параметрам оптической системы.	
8	Прямой метод расчета хода луча в оптической системе	Вычисление фокальных отрезков и фокусных расстояний на основе прямого метода расчета хода луча	
9	Хроматическая аберрация	Понятие аберраций. Хроматическая аберрация и ее разновидности. Хроматическая сумма. Расчет продольной аберрации.	
10	Машинное обучение. Этапы развития подходов к алгоритмизации проблемы	Определение машинного обучения. Проекты Black Worlds, автомобиль «Стэнли», игровые симуляторы, исследования в области обработки изображения головным мозгом, глубокое машинное обучение на основе нейронных сетей.	
11	Концепции обучения с учителем и без учителя	Классы решаемых задач. Обучение на основе выборки данных с инструкциями и без инструкций. Особенности подходов.	
12	Метод наименьших квадратов	Задача аппроксимации. Оптимизация функции полиномами первой и второй степени. Векторно-матричное представление алгоритма.	
13	Метод градиентного спуска для двух параметрической оптимизации	Градиентный метод с постоянным скоростным параметром. Выпуклые решения. Проблема сходимости.	
14	Метод градиентного спуска для много параметрической оптимизации	Преобразование целевой функции. Особенности реализации многопараметрической линейной регрессии.	
15	Масштабирование данных в регрессионных методах. Нормальное уравнение	Центрирование и нормирование данных. Сходимость итерационных методов. Нормальное уравнение и псевдообратная матрица.	

16	Логистическая регрессия. Сигмоида	Задача с дискретным вводом/дискретным выводом. Сигмоида. Основное уравнение логистической регрессии.	
17	Задача классификации и кривая принятия решения	Задача с дискретным вводом и дискретным выводом. Кривая принятия решения. Сигмоида.	
18	Основное уравнение логистической регрессии	Основное уравнение логистической регрессии. Весовые функции. Доопределение целевой функции.	
19	Нейронные сети. Введение	Нейронные сети. Принципы работы. Библиотеки в систем GNU OctaveMatLab. Нейронная сеть Кохонена.	
20	Нейронные сети и задачи обработки изображения	Нейронные сети для попиксельной обработки изображения (прототипов).	
21	Обучение нейронных сетей для обработки изображений	Обучение нейронных сетей для идентификации предметов на изображении.	
2. Практические занятия			
1	Матрица преломления толстой линзы	Вычисление матрицы преломления для толстых линз различной конфигурации.	
2	Кардинальные параметры толстых линз	Вычисление кардинальных параметров для толстых положительных и отрицательных линз на основе матрицы преломления.	
3	Построение изображений	Построение изображений в случаях различного положения предмета относительно оптической системы для тонкой и толстой линзы.	
4	Расчет кардинальных параметров для склеенных линз	Кардинальные параметры для ахроматических пар	
5	Реализация алгоритма расчета кардинальных параметров для многокомпонентных оптических систем в системе Octave	Создание серии m-файлов по расчету кардинальных параметров многокомпонентных объектов различной конфигурации.	
6	Продольная хроматическая aberrация для двухлинзового объектива	Расчет продольной хроматической aberrации на основе прямого метода для двухлинзового объектива.	
7	Построение кривой принятия решений на основе метода наименьших квадратов	Реализация алгоритма метода наименьших квадратов с использованием полиномов для вычисления кривой принятия решений в случае двухпараметрической оптимизации	
8	Реализация метода градиентного спуска в GNU Octave/MatLab	Реализация алгоритма градиентного спуска с постоянным параметром скорости сходимости для линейной двухпараметрической регрессии	
9	Градиентный метод и нормальное уравнение	Вычисления оптимальных параметров для оптимизационной задачи в рамках двух методик с последующим их сравнением.	
10	Двухпараметрическая классификация	Задание сигмоиды. Реализация итерационной схемы по классификации исходного массива данных в рамках логистической регрессии.	
11	Многопараметрическая классификация с помощью библиотеки GNU Octave	Реализация итерационной схемы по классификации исходного массива данных в рамках логистической регрессии при условии большого числа параметров	
12	Создание простейшей нейронной сети для решения регрессионных задач	Работа с нейронной сетью Кохонена.	
13	Создание нейронной сети для решения задачи классификации	Попиксельная обработка простейших изображений с помощью нейронных сетей.	

14	Обучение нейронных сетей для обработки изображений	Изучение алгоритмов идентификации отдельных предметов на произвольном изображении.	
----	--	--	--

13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (количество часов)					
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа	Контроль	Всего
1	Геометрическая оптика как основы инженерных расчетов	2					2
2	Центрированные оптические системы. Правила знаков	2					2
3	Фокальные и главные плоскости ОС. Кардинальные параметры	2			2		4
4	Параксиальное приближение. Инвариант Аббе. Элементы матричной оптики	2			2		4
5	Связь элементов матрицы преломления и кардинальных параметров оптической системы	2			2		4
6	Формула сопряженных отрезков. Линейное увеличение и оптическая сила	2					2
7	Определение положения изображения в зависимости от положения предмета	2			2		4
8	Прямой метод расчета хода луча в оптической системе	2			2		4
9	Хроматическая aberrация	2			2		4
10	Машинное обучение. Этапы развития подходов к алгоритмизации проблемы	4			2		6
11	Концепции обучения с учителем и без учителя	2			2		4
12	Метод наименьших квадратов	2			2		4
13	Метод градиентного спуска для двух параметрической оптимизации	2			2		4
14	Метод градиентного спуска для много параметрической оптимизации	2			2		4
15	Масштабирование данных в регрессионных методах. Нормальное уравнение	2			2		4
16	Логистическая регрессия. Сигмоида	2			2		4

17	Задача классификации и кривая принятия решения	2			2		4
18	Основное уравнение логистической регрессии	2			2		4
19	Нейронные сети. Введение	4			2		6
20	Нейронные сети и задачи обработки изображения	4			2		6
21	Обучение нейронных сетей для обработки изображений	4			2		6
22	Матрица преломления толстой линзы			4	2	2	8
23	Кардинальные параметры толстых линз			4	2	2	8
24	Построение изображений			4	2	2	8
25	Расчет кардинальных параметров для склеенных линз			4	6	2	12
26	Реализация алгоритма расчета кардинальных параметров для многокомпонентных оптических систем в системе Octave			8	4	4	16
27	Продольная хроматическая aberrация для двухлинзового объектива			4	4	4	12
28	Построение кривой принятия решений на основе метода наименьших квадратов			2	2	2	6
29	Реализация метода градиентного спуска в GNU Octave/MatLab			2	4	2	8
30	Градиентный метод и нормальное уравнение			4	4	4	12
31	Двухпараметрическая классификация			2	4	2	8
32	Многопараметрическая классификация с помощью библиотеки GNU Octave			2	4	2	8
33	Создание простейшей нейронной сети для решения регрессионных задач			4	4	4	12
34	Создание нейронной сети для решения задачи классификации			2	4	2	8
35	Обучение нейронных сетей для обработки изображений			4	4	2	10
	Итого:	50		50	80	36	226

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Основными этапами освоения дисциплины являются:

- 1) Лекции. В ходе лекционных занятий студенту необходимо вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации, положительный опыт в ораторском искусстве. Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых делать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций
- 2) Практические занятия. При подготовке к практическим занятиям студентам рекомендуется: внимательно ознакомиться с тематикой занятия, прочесть конспект лекции по теме, изучить рекомендованную литературу; если встретятся незнакомые термины, обязательно обратиться к словарю и зафиксировать их в тетради; при затруднениях сформулировать вопросы к преподавателю
- 3) Самостоятельная работа студента. Изучение учебной, научной и методической литературы, материалов периодических изданий с привлечением электронных средств научной информации.
- 4) Подготовка к аттестации. В ходе подготовки к текущим аттестациям и промежуточной аттестации студенту рекомендуется активно использовать электронный образовательный портал Moodle – электронная среда дисциплины, с предоставлением презентаций лекций, заданий для выполнения практических работ, дополнительного теоретического материала и нормативно-правовых документов по темам и перечней вопросов для подготовки к текущим аттестациям и промежуточной аттестации. Также студенту рекомендуется использовать весь набор методов и средств современных информационных технологий для изучения отечественной и зарубежной литературы по дисциплине, оценки и анализа ее текущего состояния и перспектив развития. Ему предоставляется возможность работать в компьютерных классах факультета (313а аудитория), иметь доступ к Интернет-ресурсам и электронной почте, использовать имеющиеся на кафедре оптики и спектроскопии физического факультета информационные технологии, использовать ресурсы Зональной научной библиотеки ВГУ, в том числе электронно-библиотечные системы.

15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1.	Овчинников, О. В. Геометрическая оптика для оптометриста : учебное пособие / О. В. Овчинников, М. С. Смирнов, Н. В. Королев. – Воронеж, Изд-кий дом ВГУ, 2023. – 133 с.
2.	Пальмов, С. В. Системы и методы искусственного интеллекта : учебное пособие / С. В. Пальмов. – Самара : ПГУТИ, 2020. – 191 с. – Режим доступа: по подписке. – URL: https://e.lanbook.com/book/255557 (дата обращения: 25.05.2024).
3.	Справка по работе в среде GNU Octave. – Электронный ресурс. – URL: https://docs.octave.org/interpreter/index.html (дата обращения: 24.04.2024 г.)

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
4.	Запрягаева, Л. А. Прикладная оптика. Часть 1 : учебное пособие для вузов / Л. А. Запрягаева. М. : МИИГАиК, 2017. – 112 с. – Электронный ресурс. – URL: http://lib.miigaik.ru/book/71 (дата обращения: 24.04.2024 г.)
5.	Бурков, А. Инженерия машинного обучения / А. Бурков ; перевод с английского А. А. Слинкина. — Москва : ДМК Пресс, 2022. — 306 с. — ISBN 978-5-93700-125-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/314834 (дата обращения: 27.04.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

в) информационные электронно-образовательные ресурсы (официальные ресурсы интернет):

№ п/п	Ресурс
6.	Электронно-библиотечная система BOOK.ru https://www.book.ru/
7.	ЭБС «ПЛАТФОРМА ЮРАЙТ» – https://urait.ru/

8.	ЭБС Лань – https://e.lanbook.com/
9.	ЭБС «Электронная библиотека технического ВУЗа» («ЭБС «Консультант студента») – http://www.studentlibrary.ru/
10.	ЭБС «Университетская библиотека Online» – https://biblioclub.ru/
11.	Национальный цифровой ресурс "РУКОНТ" – http://rucont.ru

16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

№ п/п	Источник
1	Овчинников, О. В. Геометрическая оптика для оптометриста : учебное пособие / О. В. Овчинников, М. С. Смирнов, Н. В. Королев. – Воронеж, Изд-кий дом ВГУ, 2023. – 133 с.
2	Пальмов, С. В. Системы и методы искусственного интеллекта : учебное пособие / С. В. Пальмов. – Самара : ПГУТИ, 2020. – 191 с. – Режим доступа: по подписке. – URL: https://e.lanbook.com/book/255557 (дата обращения: 25.05.2024).
3	Справка по работе в среде GNU Octave. – Электронный ресурс. – URL: https://docs.octave.org/interpreter/index.html (дата обращения: 24.04.2024 г.)

17. Информационные технологии, используемые для реализации учебной дисциплины, включая программное обеспечение и информационно-справочные системы (при необходимости)

При реализации дисциплины с использованием дистанционных образовательных технологий используются инструменты электронной информационно-образовательной среды ВГУ «Электронный университет ВГУ» (<https://edu.vsu.ru>) и/или «МООК ВГУ» (<https://mooc.vsu.ru>), сервисы видеоконференций (BigBlueButton, Zoom, Discord и др.), электронная почта, мессенджеры и соцсети.

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Ноутбук, с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ВГУ, проектор и магнитно-маркерная 100*200. Программное обеспечение: ОС Windows (WinPro 8 RUS Upgrd OLP NL Acdmc), Microsoft Office (OfficeSTD 2013 RUS OLP NL Acdmc); GNU Octave или MatLab. Занятия проводятся в компьютерном классе физического факультета (313а).

19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций

Порядок оценки освоения обучающимися учебного материала определяется содержанием следующих разделов дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
1.	Геометрическая оптика как основы инженерных расчетов	ОПК-1	ОПК-1.2, ОПК-1.3	Практические задания
2.	Центрированные оптические системы. Правила знаков	ОПК-1	ОПК-1.2, ОПК-1.3	Практические задания Задания в форме теста
3.	Фокальные и главные плоскости ОС. Кардинальные параметры	ОПК-1	ОПК-1.2, ОПК-1.3	Практические задания
4.	Параксиальное приближение. Инвариант Аббе. Элементы матричной оптики	ОПК-1	ОПК-1.2, ОПК-1.3	Перечень вопросов Практические задания
5.	Связь элементов матрицы преломления и кардинальных параметров оптической системы	ОПК-1	ОПК-1.2, ОПК-1.3	Перечень вопросов Практические задания
6.	Формула сопряженных отрезков. Линейное увеличение и оптическая сила	ОПК-1	ОПК-1.2, ОПК-1.3	Перечень вопросов

7.	Определение положения изображения в зависимости от положения предмета	ОПК-1	ОПК-1.2, ОПК-1.3	Практические задания
8.	Прямой метод расчета хода луча в оптической системе	ОПК-1	ОПК-1.2, ОПК-1.3	Перечень вопросов Практические задания
9.	Хроматическая aberrация	ОПК-1	ОПК-1.2, ОПК-1.3	Практические задания Письменный опрос
10.	Машинное обучение. Этапы развития подходов к алгоритмизации проблемы	ОПК-1	ОПК-1.2, ОПК-1.3	Перечень вопросов
11.	Концепции обучения с учителем и без учителя	ОПК-1	ОПК-1.2, ОПК-1.3	Перечень вопросов
12.	Метод наименьших квадратов	ОПК-1	ОПК-1.2, ОПК-1.3	Практические задания
13.	Метод градиентного спуска для двух параметрической оптимизации	ОПК-1	ОПК-1.2, ОПК-1.3	Практические задания
14.	Метод градиентного спуска для много параметрической оптимизации	ОПК-1	ОПК-1.2, ОПК-1.3	Практические задания
15.	Масштабирование данных в регрессионных методах. Нормальное уравнение	ОПК-1	ОПК-1.2, ОПК-1.3	Практические задания
16.	Логистическая регрессия. Сигмоида	ОПК-1	ОПК-1.2, ОПК-1.3	Перечень вопросов
17.	Задача классификации и кривая принятия решения	ОПК-1	ОПК-1.2, ОПК-1.3	Практические задания
18.	Основное уравнение логистической регрессии	ОПК-1	ОПК-1.2, ОПК-1.3	Перечень вопросов
19.	Нейронные сети. Введение	ОПК-1	ОПК-1.2, ОПК-1.3	Перечень вопросов
20.	Нейронные сети и задачи обработки изображения	ОПК-1	ОПК-1.2, ОПК-1.3	Практические задания
21.	Обучение нейронных сетей для обработки изображений	ОПК-1	ОПК-1.2, ОПК-1.3	Практические задания Тестирование
Промежуточная аттестация форма контроля – зачет с оценкой				Перечень вопросов Практические задания

20 Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

20.1 Текущий контроль успеваемости

Задания в форме теста:

- Когда было дано и принято определение искусственного интеллекта?
а) 1949 б) 1952 в) 1956 г) 1965
- Какая из перечисленных задач является задачей с непрерывным выводом?
а) Многопараметрическая задача классификации
б) Однопараметрическая задача классификации с подкреплением
в) Задача регрессии
г) Задача логистической регрессии
- Масштабирование переменных в методе градиентного спуска проводится для:
а) Адаптации алгоритма к конкретной задаче
б) Улучшения сходимости метода
в) Снижения количества арифметических операций
г) Изменения шага/скорости сходимости алгоритма

4. Как регуляризация изменяет результат в рамках оптимизации методами линейной регрессии? (Выбрать правильные варианты)
- а) Перераспределяет веса у целевых признаков
 - б) Меняет число входных параметров
 - в) Улучшает сходимость метода
 - г) Сглаживает эффект переобучения
5. Что относится к успешному решению задачи обучения с учителем:
- а) Достижение локального минимума целевой функции
 - б) Достижение глобального минимума целевой функции
 - в) Достижение глобального максимума целевой функции
 - г) Достижение локального максимума целевой функции
6. Какое определение машинного обучения было дано Томом Митчеллом в 1998 году?
- а) Машинное обучение – это процесс обучения, в результате которого компьютеры способны показывать поведение, которое в них не заложено.
 - б) Компьютерная программа обучается на основе опыта E по отношению к некоторому классу задача T меры качества P , если качество решения из T , измеренное на основе P , улучшается с приобретением опыта E .
 - в) Компьютерная программа обучается на основе меры качества P по отношению к некоторому классу задача T , связанной с опытом E , если качество решения из T , измеренное на основе P , улучшается с приобретением опыта E .
7. Нормальным уравнением является выражение вида
- а) $\theta = X^T y (XX^T)^{-1}$
 - б) $\theta = (XX^T)^{-1} y X^T$
 - в) $\theta = (XX^T)^{-1} X y$
 - г) $\theta = (XX^T)^{-1} X^T y$
8. Что относят к преимуществам метода градиентного спуска?
- а) Необходимо выбирать параметр, влияющий на скорость сходимости метода.
 - б) Использование итерационной процедуры.
 - в) Применимость к задачам произвольной размерности.
9. Что относят к недостаткам метода поиска минимума целевой функции через решение нормального уравнения в сравнении с методом градиентного спуска? (Выбрать правильные варианты)
- а) Необходимо вычислять обратную матрицу.
 - б) Отсутствует необходимость выбора параметра, влияющего на скорость сходимости метода.
 - в) Отсутствует итерационная процедура.
 - г) Применимость к задачам ограниченной размерности.
10. Запишите целевую функцию, используемую в логистической регрессии в явной или векторной форме (укажите размерности матриц).
- а) $J(\theta) = -\frac{1}{m} \left[\sum_{i=1}^m y^{(i)} + (1 - y^{(i)}) \ln(1 - h_{\theta}(x^{(i)})) \right] \ln h_{\theta}(x^{(i)})$
 - б) $J(\theta) = -\frac{1}{m} \left[\sum_{i=1}^m y^{(i)} \left(\ln h_{\theta}(x^{(i)}) + \ln(1 - h_{\theta}(x^{(i)})) \right) \right]$
 - в) $J(\theta) = -\frac{1}{m} \left[\sum_{i=1}^m y^{(i)} \ln h_{\theta}(x^{(i)}) + (1 - y^{(i)}) \ln(1 - h_{\theta}(x^{(i)})) \right]$
 - г) $J(\theta) = -\frac{1}{m} \left[\sum_{i=1}^m \ln h_{\theta}(x^{(i)}) + (1 - y^{(i)}) \ln(1 - h_{\theta}(x^{(i)})) \right]$
11. Что не относится к приемам масштабирования переменных?
- а) Вычитание среднего арифметического от входных данных.

- б) Вычитание среднего арифметического от входных данных с последующим делением на максимальное значение признака.
 в) Вычитание среднего арифметического от входных данных с последующим делением на исправленное среднее квадратическое отклонение.
 г) Вычитание среднего арифметического от входных данных с последующим делением на минимальное значение признака.

12. Как выполняется регуляризация в нормальном уравнении?

$$а) \theta = \left(X^T X + \lambda \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \ddots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \right)^{-1} X^T y$$

$$б) \theta = \left(X X^T + \lambda \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \ddots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \right)^{-1} X^T y$$

$$в) \theta = \left(X^T X + \lambda \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \ddots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \right)^{-1} X^T y$$

$$г) \theta = \left(X^T X + \lambda \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \ddots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \right)^{-1} y X^T$$

13. Как выглядит целевая функция, используемая в регрессионном анализе?

$$а) J(\vec{\theta}) = \frac{1}{2m} \sum_{i=1}^m (h_{\theta}(x^{(i)}) - y^{(i)})$$

$$б) J(\vec{\theta}) = \frac{1}{2m} \sum_{i=1}^m (h_{\theta}(x^{(i)}) - y^{(i)})^2$$

$$в) J(\vec{\theta}) = \frac{1}{2m} \sum_{i=1}^m (h_{\theta}(y^{(i)}) - y^{(i)})^2$$

14. Как выглядит алгоритм градиентного метода в случае двухпараметрической линейной регрессии? (Выбрать правильные ответы)

$$а) \theta_j = \theta_j - \alpha \frac{\partial}{\partial \theta_j} J(\theta_0, \theta_1), j = 0, 1.$$

$$б) \theta_j = \alpha \theta_j - \frac{\partial}{\partial \theta_j} J(\theta_0, \theta_1), j = 0, 1.$$

$$в) \frac{\partial}{\partial \theta_j} J(\theta_0, \theta_1) = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m (h_{\theta}(x^{(i)}) - y^{(i)}) x_j^{(i)}$$

$$г) \frac{\partial}{\partial \theta_j} J(\theta_0, \theta_1) = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m (h_{\theta}(x^{(i)}) - y^{(i)}) x_j^{(i)}$$

15. Каким образом представляются данные $x^{(i)} (i = \overline{1, 3})$ объемом n в методах регрессионного анализа, используемых в машинном обучении?

$$а) \begin{bmatrix} x_1^{(1)} & x_1^{(2)} & x_1^{(3)} & 1 \\ x_2^{(1)} & x_2^{(2)} & x_2^{(3)} & 1 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_n^{(1)} & x_n^{(2)} & x_n^{(3)} & 1 \end{bmatrix} \quad б) \begin{bmatrix} x_1^{(1)} & \dots & x_1^{(3)} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_n^{(1)} & \dots & x_n^{(3)} \end{bmatrix} \quad в) \begin{bmatrix} 1 & x_1^{(1)} & x_1^{(2)} & x_1^{(3)} \\ 1 & x_2^{(1)} & x_2^{(2)} & x_2^{(3)} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1 & x_n^{(1)} & x_n^{(2)} & x_n^{(3)} \end{bmatrix}$$

16. На примере игры в шашки укажите, что является приобретаемым опытом, классом задач и мерой качества?

а) *Приобретаемый опыт* – опыт алгоритма игры в шашки против самого себя; *класс задач* – игра в шашки; *мера качества* – вероятность выигрыша в следующей игре против нового оппонента.

б) *Приобретаемый опыт* – игра в шашки; *класс задач* – опыт алгоритма игры в шашки против противника; *мера качества* – вероятность выигрыша в следующей игре против нового оппонента.

в) *Приобретаемый опыт* – опыт алгоритма игры в шашки с противником; *класс задач* – комбинаторика; *мера качества* – количество выигрышей в серии игр.

17. Какая функция является функцией гипотезы, которая используется в логистической регрессии?

а) $h_{\theta}(x) = \frac{1}{1+e^{\theta^T x}}$ б) $h_{\theta}(x) = \frac{1}{1+e^{-\theta^T x}}$ в) $h_{\theta}(x) = \frac{1}{1+e^{-\theta x}}$ г) $h_{\theta}(x) = \frac{1}{1+\ln(\theta^T x)}$

Примеры практических заданий:

Задания с коротким ответом:

1. Вычислить значение функции гипотез для логистической регрессии при условии, что $\theta = \begin{pmatrix} 0.1 \\ -5.0 \end{pmatrix}$ и $\vec{x} = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix}$. Значение привести с точностью 10^{-3} .
2. Вычислить значение функции гипотез для логистической регрессии при условии, что $\theta = \begin{pmatrix} 10 \\ -2.1 \end{pmatrix}$ и $\vec{x} = \begin{pmatrix} 0.5 \\ 1 \end{pmatrix}$. Значение привести с точностью 10^{-3} .
3. Какое значение примет функция гипотезы в двухпараметрической линейной регрессии при $x = 0.1$, если ее веса $\Theta = \{-0.05, 4.2\}$?
4. Какое значение примет функция гипотезы в двухпараметрической линейной регрессии при $x = 1.18$, если ее веса $\Theta = \{-0.32, 2.7\}$?

Расчетные задачи:

1. Найти положение главных и фокальных плоскостей для линзы $n = 1.5$ (в воздухе) толщиной 3.5 см, у которой передняя поверхность линзы выпуклая с радиусом кривизны 13 см, а задняя – плоская. Привести элементы матрицы преломления и схематический чертеж.
2. Найти положение главных и фокальных плоскостей для двояковыпуклой линзы $n = 1.5$ (в воздухе) толщиной 3.5 см, у которой радиусы кривизны сферических поверхностей равны 13 см. Привести элементы матрицы преломления и схематический чертеж.
3. Имеются две линзы: одна плоско-выпуклая толщиной 3 см ($R = 6$ см), вторая вогнуто-выпуклая толщиной 1 см ($R_1 = 6$ см / $R_2 = 12$ см) с показателями преломления 1.62 и 1.48, соответственно. Линзы сложили вплотную, окружающая среда – воздух. Рассчитать положение кардинальных точек и оптическую силу для указанной оптической системы в парааксиальном приближении.
4. Имеются две линзы: одна вогнуто-выпуклая толщиной 3 см ($R_1 = 5$ см / $R_2 = 12$ см), вторая двояковогнутая толщиной 1.5 см ($R = 12$ см) с показателями преломления 1.58 и 1.76, соответственно. Линзы сложили вплотную, окружающая среда – воздух. Рассчитать положение кардинальных точек и оптическую силу для указанной оптической системы в парааксиальном приближении.
5. Имеются две линзы: двояковогнутая толщиной 4 см ($R_1 = 8$ см / $R_2 = 9$ см), вторая двояковыпуклая толщиной 2 см ($R_1 = 9$ см / $R_2 = 9$ см) с показателями преломления 1.55 и 1.64, соответственно. Линзы сложили вплотную, окружающая среда – воздух. Рассчитать положение кардинальных точек и оптическую силу для указанной оптической системы в парааксиальном приближении.
6. Имеются две линзы: двояковыпуклая толщиной 2.8 см ($R_1 = 11$ см / $R_2 = 11$ см), вторая вогнуто-плоская толщиной 5 см ($R = 11$ см) с показателями преломления 1.54 и 1.64, соответственно. Линзы сложили вплотную, окружающая среда – воздух. Рассчитать положение кардинальных точек и оптическую силу для указанной оптической системы в парааксиальном приближении.
7. Имеются две линзы: двояковыпуклая толщиной 2.5 см ($R_1 = 7.3$ см / $R_2 = 9$ см), вторая вогнуто-выпуклая толщиной 5 см ($R_1 = 9$ см / $R_2 = 14$ см) с показателями преломления 1.54 и 1.64, соответственно. Линзы сложили вплотную, окружающая среда – воздух. Рассчитать положение кардинальных точек и оптическую силу для указанной оптической системы в парааксиальном приближении.

8. Имеются две линзы: одна плоско-выпуклая толщиной 4.5 см ($R = 7$ см), вторая вогнуто-выпуклая толщиной 1.5 см ($R_1 = 7$ см / $R_2 = 10$ см) с показателями преломления 1.65 и 1.49, соответственно. Линзы сложили вплотную, окружающая среда – воздух. Рассчитать положение кардинальных точек и оптическую силу для указанной оптической системы в параксиальном приближении.

9. Имеются две линзы: одна вогнуто-выпуклая толщиной 4.2 см ($R_1 = 6$ см / $R_2 = 11$ см), вторая двояковогнутая толщиной 2.5 см ($R = 11$ см) с показателями преломления 1.56 и 1.77, соответственно. Линзы сложили вплотную, окружающая среда – воздух. Рассчитать положение кардинальных точек и оптическую силу для указанной оптической системы в параксиальном приближении.

10. Имеются две линзы: двояковогнутая толщиной 3 см ($R_1 = 7$ см / $R_2 = 12$ см), вторая двояковыпуклая толщиной 5 см ($R_1 = 12$ см / $R_2 = 12$ см) с показателями преломления 1.53 и 1.68, соответственно. Линзы сложили вплотную, окружающая среда – воздух. Рассчитать положение кардинальных точек и оптическую силу для указанной оптической системы в параксиальном приближении.

11. Имеются две линзы: двояковыпуклая толщиной 3.5 см ($R_1 = 9$ см / $R_2 = 9$ см), вторая вогнуто-плоская толщиной 4 см ($R = 9$ см) с показателями преломления 1.48 и 1.60, соответственно. Линзы сложили вплотную, окружающая среда – воздух. Рассчитать положение кардинальных точек и оптическую силу для указанной оптической системы в параксиальном приближении.

12. Имеются две линзы: двояковыпуклая толщиной 5.5 см ($R_1 = 8.4$ см / $R_2 = 9.6$ см), вторая вогнуто-выпуклая толщиной 3 см ($R_1 = 9.6$ см / $R_2 = 12$ см) с показателями преломления 1.52 и 1.73, соответственно. Линзы сложили вплотную, окружающая среда – воздух. Рассчитать положение кардинальных точек и оптическую силу для указанной оптической системы в параксиальном приближении.

20.2 Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

Перечень вопросов к КИМ:

1. Законы геометрической оптики.
2. Полное внутреннее отражение. Вычисление предельного угла.
3. Оптические системы. Основные понятия.
4. Центрированные оптические системы. Фокальные плоскости.
5. Параксиальное приближение и идеальные оптические системы. Оптическая сила.
6. Построение изображения для собирающей тонкой линзы. Изменение изображения при смещении предмета относительно переднего фокуса.
7. Построение изображения для рассеивающей тонкой линзы.
8. Переход от тонкой линзы к толстой линзе. Главные плоскости. Понятие кардинальных точек.
9. Правило отрезков и правило углов в геометрической оптике.
10. Виды линз в зависимости от формы преломляющих поверхностей.
11. Инвариант Аббе.
12. Матричное описание изменения параметров луча при прохождении через оптическую систему.
13. Матрицы преломления сферической поверхности, плоской поверхности и оптического промежутка.
14. Правила построения матрицы преломления для оптической системы на примере толстой собирающей линзы.
15. Связь основных параметров оптической системы с элементами матрицы преломления.
16. Фокусных расстояний оптической системы на воздухе и в среде с различными коэффициентами преломления. Правила выбора знака для радиусов кривизны преломляющих поверхностей.
17. Формулы для продольного, углового и линейного увеличений в параксиальном приближении.
18. Машинное обучение. Определение, этапы и направления развития.
19. Метод наименьших квадратов: постановка задачи, целевая функция, алгоритм.
20. Локальный и глобальный минимумы целевой функции. Выпуклые функции.
21. Градиентный метод поиска минимума целевой функции. Многопараметрическая линейная регрессия.

22. Нормальное уравнение.
23. Масштабирование переменных в градиентном методе.
24. Задача классификации на примере логистической регрессии. Сигмоида.
25. Целевая функция для логистической регрессии. Векторное представление.
26. Линия решений в задачах классификации.
27. Регуляризация линейной регрессии. Проблема переобучения.
28. Регуляризация логистической регрессии.
29. Работа нейрона.
30. Математические модели нейронов. Функции активации нейронов.
31. Персептрон.
32. Нейронные сети с самоорганизацией.
33. Алгоритм кластеризации на основе нейронной сети Кохана.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ*

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Направление 12.03.03 Фотоника и оптоинформатика

Дисциплина Б1.О.17 Математическое моделирование и информационные технологии в фотонике

Профиль подготовки Фотоника и оптоинформатика

Форма обучения очная

Учебный год 2025/2026

Ответственный исполнитель

Доцент кафедры
оптики и спектроскопии

Н.В. Королев

___.___ 20__

СОГЛАСОВАНО

Куратор ООП
по направлению

___.___ 20__

Начальник отдела
обслуживания ЗНБ

___.___ 20__

Программа рекомендована НМС физического факультета протокол № 6 от 13.06.2024 г.