

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ЛУГАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ ВЛАДИМИРА ДАЛЯ»

Институт технологий и инженерной механики
Кафедра физики

УТВЕРЖДАЮ

Директор института технологий и
инженерной механики



Могильная Е.П.
2023 г.

« 18 » 04

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
«ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ МЕТОДЫ В ФИЗИКЕ»

По направлению подготовки 03.04.02 Физика
Магистерская программа «Теоретическая и математическая физика»

Луганск 2023

Лист согласования РПУД

Рабочая программа учебной дисциплины «Вычислительные методы в физике» для магистров по направлению подготовки 03.04.02 Физика, магистерская программа «Теоретическая и математическая физика» – 16 с.

Рабочая программа учебной дисциплины «Вычислительные методы в физике» составлена с учетом Федерального Государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 03.04.02 Физика, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от «07» августа 2020 года №891.

СОСТАВИТЕЛЬ:

кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры физики Воробьев С.Г.

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры физики
«18» 04 2023г., протокол № 9

Заведующий кафедрой физики  Корсунов К.А.

Переутверждена: « » 20 г., протокол №

Директор института технологий и инженерной механики  Могильная Е.П.

Рекомендована на заседании учебно-методической комиссии института технологий и инженерной механики

«18» 04 2023г., протокол № 3.

Председатель учебно-методической комиссии
института технологий и инженерной механики  Ясуник С.Н.

© Воробьев С.Г., 2023 год

© ФГБОУ ВО «ЛГУ им. В. ДАЛЯ», 2023 год

Структура и содержание дисциплины

1. Цели и задачи дисциплины, ее место в учебном процессе

Цель изучения дисциплины – изучение математических методов, схем и средств математического моделирования в физике, основанных на методе конечных разностей и других методах, с учетом математического и физического подходов.

Задачами изучения дисциплины «Вычислительные методы в физике»:

изучить теорию математического моделирования применительно к задачам из различных областей физики;

освоить методику создания математических моделей физических процессов;

научиться выбирать наиболее эффективный численный метод их анализа.

2. Место дисциплины в структуре ООП ВО

Дисциплина «Вычислительные методы в физике» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений. Для успешного освоения дисциплины необходимо владеть основными физическими теориями и законами в рамках общего курса физики и теоретической физики.

Содержание дисциплины является логическим продолжением таких дисциплин: «Современные проблемы физики», опирается на знание курсов общей и теоретической физики, программирования и математического моделирования.

Изучение дисциплины «Вычислительные методы в физике» позволяет обучаемым подготовиться к будущей профессиональной деятельности, овладеть практическими и теоретическими знаниями, необходимыми как при прохождении учебной практики, так и при дальнейшей самостоятельной работе по профилю.

3. Требования к результатам освоения содержания дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Перечень планируемых результатов
ПК-1. Способен самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области физики и решать их с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего отечественного и	ПК-1.1. Знает основные научные направления и концепции в области физики. ПК-1.2. Знает методы и способы постановки и решения задач физических исследований, принципы действия, функциональные и метрологические возможности современной аппаратуры для физических исследований. ПК-1.3. Умеет самостоятельно	Знать: основные научные направления в выбранной области физики; методы и способы постановки экспериментальных физических исследований; возможности современной физической аппаратуры. Уметь: самостоятельно ставить и решать физические задачи научных исследований в конкретной области физики: использовать в физическом эксперименте современную аппаратуру и компьютерные технологии. Владеть: навыками проведения

зарубежного опыта	ставить и решать конкретные физические задачи научных исследований в области физики с использованием современной аппаратуры и компьютерных технологий. ПК-1.4. Владеет навыками проведения научных исследований в области физики с помощью современных методов и средств, методами обработки и обобщения информации, представления результатов, полученных в процессе решения задач исследования.	научных исследований в конкретной области физики с помощью современных методов и средств; методами обработки и обобщения информации, полученной в результате эксперимента; представления результатов, полученных в процессе решения задач исследования.
ПК-2. Способность принимать участие в разработке новых методов и методических подходов в научно-инновационных исследованиях и инженерно-технологической деятельности	ПК-2.1. Знает новые методы и методические подходы в научно-инновационных исследованиях и инженерно-технологической деятельности в области физики. ПК-2.2. Умет самостоятельно разрабатывать новые методы и методические подходы в научно-инновационных исследованиях и инженерно-технологической деятельности. ПК-2.3. Умеет планировать и организовывать физические исследования, научные семинары и конференции. ПК-2.4. Владеет современными методами научно-инновационной и научно-исследовательской деятельности.	Знать: способы построения и анализа свойств разностных схем; основные понятия теории разностных схем; методы разработки вычислительных алгоритмов решения современных задач математической физики. Уметь: создавать математические модели основных физических процессов; разрабатывать алгоритмы численного решения современных задач вычислительной физики; анализировать результаты и оценивать погрешность численного решения. Владеть: навыками практического решения основных типовых задач вычислительной физики; навыками применения математических пакетов при численном решении задач вычислительной физики.

4. Структура и содержание дисциплины

4.1. Объем учебной дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	Объем часов (зач. ед.)	
	Очная форма	Заочная форма
Общая учебная нагрузка (всего)	180 (5 зач. ед)	Не предусмотрена
Обязательная аудиторная учебная нагрузка (всего)	84	-

в том числе:		
Лекции	42	-
Семинарские занятия	-	-
Практические занятия	42	-
Лабораторные работы	-	-
Курсовая работа (курсовой проект)		-
Другие формы и методы организации образовательного процесса (<i>расчетно-графические работы, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинг, компьютерные симуляции, интерактивные лекции, семинары, анализ деловых ситуаций и т.п.</i>)	-	-
Самостоятельная работа студента / форма контактной работы	69/27	-
Форма аттестации	экзамен	-

4.2. Содержание разделов дисциплины

В разделе приводится полный перечень дидактических единиц, подлежащих усвоению при изучении данной дисциплины, структурированный по разделам дисциплины.

Семестр 3

Тема 1. Вычислительные машины в физической теории.

Природа вычислительной физики. Вычислительные машины в физической теории. Роль вычислительного эксперимента.

Тема 2. Элементы метода конечных разностей.

Конечные элементы в физике. Дискретное представление непрерывной переменной. Разностные производные по пространству.

Тема 3. Задача с начальными условиями.

Общая постановка задачи с начальными условиями. Требования к разностному решению задачи с начальными условиями. Согласованность разностной аппроксимации.

Тема 4. Требования к задаче с начальными условиями.

Точность разностной аппроксимации. Устойчивость разностной схемы. Эффективность разностной схемы.

Тема 5. Интегрирование ОДУ. Метод Эйлера.

Интегрирование обыкновенных дифференциальных уравнений. Метод Эйлера первого порядка. Анализ устойчивости метода Эйлера.

Тема 6. Интегрирование ОДУ. Метод с перешагиванием. Явный двухшаговый метод.

Метод с перешагиванием. Исследование устойчивости метода. Явный двухшаговый метод.

Тема 7. Неявный метод. Сравнительный анализ методов.

Неявный метод второго порядка точности. Сравнительный анализ методов. ОДУ высших порядков.

Тема 8. Уравнение диффузии. Дисперсионное соотношение.

Особенности подхода к численному решению УЧП. Физические процессы и дисперсионное соотношение. Уравнение диффузии. Явная схема интегрирования первого порядка точности.

Тема 9. Волновое уравнение и уравнение переноса.

Волновое уравнение. Уравнение переноса. Явная схема интегрирования первого порядка точности.

4.3. Лекции

№ п/п	Название темы	Объем часов	
		Очная форма	Заочная форма
1	Вычислительные машины в физической теории	4	-
2	Элементы метода конечных разностей	4	-
3	Задача с начальными условиями	4	-
4	Требования к задаче с начальными условиями.	4	-
5	Интегрирование ОДУ. Метод Эйлера.	4	-
6	Интегрирование ОДУ. Метод с перешагиванием. Явный двухшаговый метод.	4	-
7	Неявный метод. Сравнительный анализ методов	6	-
8	Уравнение диффузии. Дисперсионное соотношение	6	-
9	Волновое уравнение и уравнение переноса	6	-
Итого:		42	-

4.4. Практические занятия

№ п/п	Название темы	Объем часов	
		Очная форма	Заочная форма
1	Основные элементы работы с системой Матлаб	7	-
2	Численный анализ простейших моделей, приводящих к ОДУ	7	-
3	Моделирование движения частицы во внешнем поле. Иерархическая цепочка моделей.	7	-
4	Случайные числа. Вычисление интегралов методом Монте-Карло.	7	-
5	Численный анализ моделей, приводящих к УЧП	7	-
6	Интерполяция данных.	7	-
Итого:		42	-

4.5. Лабораторные занятия. Не предусмотрены

4.6. Самостоятельная работа студентов

№ п/п	Название темы	Вид СРС	Объем часов	
			Очная форма	Заочная форма
1	Введение	Выполнение домашнего задания	8	-
2	Элементы метода конечных разностей	Выполнение домашнего задания	8	-
3	Уравнения в частных производных для сплошных сред	Выполнение домашнего задания	8	-
4	Численные методы матричной алгебры	Выполнение домашнего задания	8	-
5	Частицы: дальное действие в	Выполнение домашнего задания	8	-

	системе N тел			
6	Расчет поля частиц	Выполнение домашнего задания	8	-
7	Частицы в самосогласованном поле: атомы и твердые тела	Выполнение домашнего задания	7	-
8	Фазовые среды	Выполнение домашнего задания	7	-
9	Классическая гидродинамика	Выполнение домашнего задания	7	-
Итого:			69	-

4.7. Курсовые работы/проекты. Не предусмотрены

5. Образовательные технологии

Преподавание дисциплины ведется с применением следующих видов образовательных технологий: объяснительно-иллюстративного обучения (технология поддерживающего обучения, технология проведения учебной дискуссии), информационных технологий (презентационные материалы), развивающих и инновационных образовательных технологий.

Практические занятия проводятся с использованием развивающих, проблемных, проектных, информационных (использование электронных образовательных ресурсов (электронный конспект) образовательных технологий.

6. Учебно-методическое и программно-информационное обеспечение дисциплины:

а) основная литература:

1. Лихачев А.В., Методы математического моделирования процессов и систем: учебное пособие / Лихачев А.В. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2015. – 96 с. – ISBN 978-5-7782-2655-5 – Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. – URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785778226555.html> (дата обращения: 01.02.2020). – Режим доступа: по подписке.

2. Бахвалов Н.С., Численные методы. Решения задач и упражнения: учебное пособие для вузов / Н.С. Бахвалов, А.А. Корнев, Е.В. Чижонков – М.: Лаборатория знаний, 2016. – 355 с. (Классический университетский учебник) – ISBN 978-5-93208-205-8 – Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. – URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785932082058.html> (дата обращения: 01.02.2020). – Режим доступа: по подписке.

3. Юрчук С.Ю., Методы математического моделирования: учеб. пособие / С.Ю. Юрчук – М.: МИСиС, 2018. – 96 с. – ISBN 978-5-906953-43-8 – Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. – URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785906953438.html> (дата обращения: 01.02.2020). – Режим доступа: по подписке.

б) дополнительная литература:

1. Пытьев Ю.П., Методы математического моделирования измерительно-вычислительных систем / Пытьев Ю.П. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2012. – 428 с. – ISBN 978-5-9221-1276-5 – Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. – URL:

<http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922112765.html> (дата обращения: 01.02.2020). – Режим доступа: по подписке.

2. Барашков В.А., Методы математической физики / Барашков В.А. – Красноярск: СФУ, 2012. – 152 с. – ISBN 978-5-7638-2497-1 – Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. – URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785763824971.html> (дата обращения: 01.02.2020). – Режим доступа: по подписке.

3. Гурьянова И.Э., Методы математической физики: волновое уравнение для бесконечной и полубесконечной струны. Уравнение теплопроводности для бесконечного и полубесконечного стержня: учеб. пособие / И.Э. Гурьянова, В.Г. Облаков. – М.: МИСиС, 2012. – 30 с. – ISBN 978-5-87623-604-3 – Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. – URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785876236043.html> (дата обращения: 01.02.2020). – Режим доступа: по подписке.

4. Гурьянова И.Э., Методы математической физики: волновое уравнение на отрезке: учеб. пособие / И.Э. Гурьянова, В.Г. Облаков. – М.: МИСиС, 2011. – 28 с. – ISBN 978-5-87623-396-7 – Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. – URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785876233967.html> (дата обращения: 01.02.2020). – Режим доступа: по подписке.

5. Гурьянова И.Э., Методы математической физики: уравнение теплопроводности на отрезке: учеб. пособие / И.Э. Гурьянова, В.Г. Облаков. – М.: МИСиС, 2011. – 34 с. – ISBN 978-5-87623-397-4 – Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. – URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785876233974.html> (дата обращения: 01.02.2020). – Режим доступа: по подписке.

в) методические указания:

1. Методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Вычислительная физика» Особенности машинных вычислений. для студентов, обучающихся по направлению подготовки 03.03.02 «Физика», специальность «Теоретическая физика». / Сост.: Г.С. Калюжный. – Луганск: Изд-во ЛНУ им. В. Даля, 2018. – 24 с.

г) Интернет-ресурсы:

• Министерство образования и науки Российской Федерации – <http://минобрнауки.рф/>

• Федеральная служба по надзору в сфере образования и науки – <http://obrnadzor.gov.ru/>

• Министерство образования и науки Луганской Народной Республики – <https://minobr.su>

• Народный совет Луганской Народной Республики – <https://nslnr.su>

• Портал Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования – <http://fgosvo.ru>

• Федеральный портал «Российское образование» – <http://www.edu.ru/>

• Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» – <http://window.edu.ru/>

•Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов – <http://fcior.edu.ru/>

Электронные библиотечные системы и ресурсы

•Электронно-библиотечная система «Консультант студента» – <http://www.studentlibrary.ru/cgi-bin/mb4x>

•Электронно-библиотечная система «StudMed.ru» – <https://www.studmed.ru>

•Электронный каталог Научно-технической библиотеки ЮРГПУ (НПИ) – <https://libweb.srspu.ru/MegaProWeb/Web>

•Образовательная платформа Юрайт – <https://urait.ru/register>

•Научная электронная библиотека eLibrary – <https://www.elibrary.ru/defaultx.asp>

Информационный ресурс библиотеки образовательной организации

•Научная библиотека имени А. Н. Коняева – <http://biblio.dahluniver.ru/>

7. Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины

На лекционных занятиях используются комплекты электронных презентаций / слайдов, раздаточный материал, наглядные пособия в аудиториях, оснащенных презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук).

Практические и лабораторные занятия проводятся в специальных лабораториях, соответствующих действующим санитарным и противопожарным правилам и нормам.

Программное обеспечение:

Функциональное назначение	Бесплатное программное обеспечение	Ссылки
Офисный пакет	Libre Office 6.3.1	https://www.libreoffice.org/ https://ru.wikipedia.org/wiki/LibreOffice
Операционная система	UBUNTU 19.04	https://ubuntu.com/ https://ru.wikipedia.org/wiki/Ubuntu
Браузер	Firefox Mozilla	http://www.mozilla.org/ru/firefox/fx
Браузер	Opera	http://www.opera.com
Почтовый клиент	Mozilla Thunderbird	http://www.mozilla.org/ru/thunderbird
Файл-менеджер	Far Manager	http://www.farmanager.com/download.php

Архиватор	7Zip	http://www.7-zip.org/
Графический редактор	GIMP (GNU Image Manipulation Program)	http://www.gimp.org/ http://gimp.ru/viewpage.php?page_id=8 http://ru.wikipedia.org/wiki/GIMP
Редактор PDF	PDFCreator	http://www.pdfforge.org/pdfcreator
Аудиоплеер	VLC	http://www.videolan.org/vlc/

8. Оценочные средства по дисциплине «Вычислительные методы в физике»

Паспорт оценочных средств по учебной дисциплине «Вычислительные методы в физике»

Перечень компетенций (элементов компетенций), формируемых в результате освоения учебной дисциплины (модуля) или практики

№ п/п	Код контролируемой компетенции	Формулировка контролируемой компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Контролируемые темы учебной дисциплины, практики	Этапы формирования (семестр изучения)
1.	ПК-1	Способен самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области физики и решать их с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего отечественного и зарубежного опыта	ПК-1.1., ПК-1.2., ПК-1.3., ПК-1.4.	Тема 1. Вычислительные машины в физической теории.	3
				Тема 2. Элементы метода конечных разностей.	3
				Тема 3. Задача с начальными условиями	3
				Тема 4. Требования к задаче с начальными условиями.	3
				Тема 5. Интегрирование ОДУ. Метод Эйлера.	3
				Тема 6. Метод с перешагиванием. Явный двухшаговый метод..	3
				Тема 7. Неявные метод. Сравнительный анализ методов	3
				Тема 8. Уравнение диффузии. Дисперсионное соотношение.	3
				Тема 9. Волновое уравнение и уравнение переноса.	3

2.	ПК-2	Способность принимать участие в разработке новых методов и методических подходов в научно-инновационных исследованиях и инженерно-технологической деятельности	ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3, ПК-2.4.	Темы 1-9	3
----	------	--	---------------------------------	----------	---

Показатели и критерии оценивания компетенций, описание шкал оценивания

№ п/п	Код контролируемой компетенции, индикаторы	Показатель оценивания (знания, умения, навыки)	Контролируемые темы учебной дисциплины	Наименование оценочного средства
1.	ПК-1 ПК-1.1., ПК-1.2., ПК-1.3., ПК-1.4.	Знать: основные научные направления в выбранной области физики; методы и способы постановки экспериментальных физических исследований; возможности современной физической аппаратуры. Уметь: самостоятельно ставить и решать физические задачи научных исследований в конкретной области физики: использовать в физическом эксперименте современную аппаратуру и компьютерные технологии. Владеть: навыками проведения научных исследований в конкретной области физики с помощью современных методов и средств; методами обработки и обобщения информации, полученной в результате эксперимента; представления результатов, полученных в процессе решения задач исследования	Темы 1-9	Вопросы экзаменационных работ, контрольные работы.
2.	ПК-2 ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3,	Знать: способы построения и анализа свойств разностных схем; основные понятия теории разностных схем; методы разработки вычислительных алгоритмов	Темы 1-9	Вопросы экзаменационных работ, контрольные работы.

	ПК-2.4.	решения современных задач математической физики. Уметь: создавать математические модели основных физических процессов; разрабатывать алгоритмы численного решения современных задач вычислительной физики; анализировать результаты и оценивать погрешность численного решения. Владеть: навыками практического решения основных типовых задач вычислительной физики; навыками применения математических пакетов при численном решении задач вычислительной физики.		
--	---------	--	--	--

Фонды оценочных средств по дисциплине «Вычислительный эксперимент в физике»

Оценочные средства для промежуточной аттестации (экзамен)

Теоретические вопросы:

1. Какие методы используются для решения задач, связанных с макроскопическими свойствами как классических, так и квантовых ансамблей очень большого числа частиц?
2. Каким образом быстродействующие электронные машины помогают в развитии физической теории?
3. В чем состоит качественное отличие между выполнением арифметических вычислений на машине и выполнением вручную, и как это влияет на развитие физической теории?
4. Какие процессы участвуют в развитии физической теории?
5. Какие категории вычислительных экспериментов существуют и в каких ситуациях они применяются?
6. Какой метод является наиболее фундаментальным и широко распространенным для исследования свойств малых элементов непрерывной физической системы?
7. Какова роль конечных элементов в физике?
8. Каким образом осуществляется дискретное представление непрерывной переменной?

9. Запишите выражения для конечно-разностного представления производной с шагом вперед и шагом назад.
10. В каком случае эти представления являются хорошей аппроксимацией первой производной?
11. Запишите математическую постановку задачи с начальными условиями?
12. Запишите связь между значениями векторов состояния в двух соседних точках для задачи с начальными условиями?
13. Перечислите требования к конечно-разностному решению задачи с начальными условиями?
14. Запишите требование согласованности разностной аппроксимации?
15. Перечислите основные свойства разностных схем?
16. Какие два источника ошибок влияют на точность численного решения дифференциальной системы?
17. В каком случае разностная схема называется устойчивой?
18. Сформулируйте условие устойчивости разностной схемы?
19. Как определить эффективность конкретной разностной схемы для задачи с начальными условиями?
20. Какие факторы влияют на компромисс между точностью и эффективностью метода при решении задач с большим числом переменных?
21. Запишите разностную схему метода Эйлера первого порядка?
22. В каком случае эта схема будет устойчивой?
23. Почему метод Эйлера не применим к решению уравнений чисто осцилляторного типа?
24. Какие особенности метода Эйлера на устойчивость необходимо рассматривать, если параметр $\partial f / \partial u$ является мнимым и множитель перехода g представляет собой комплексную величину?
25. Почему метод Эйлера часто применяется для решения нелинейных уравнений в физике?
26. Запишите разностную схему метода с перешагиванием?
27. В каком случае эта схема будет устойчивой?
28. Является ли метод с перешагиванием самостартующим?
29. Запишите разностную схему явного двухшагового метода?
30. В каком случае метод будет устойчивым?
31. Запишите неявный метод второго порядка точности?
32. Что можно сказать об устойчивости этого метода?
33. Какова идея численного решения ОДУ более высоких порядков?
34. Запишите метод Адамса-Башфорта?
35. Что можно сказать об устойчивости этого метода?
36. Получите уравнение диффузии?
37. Что такое дисперсионное соотношение и каков его физический смысл?

38. Какие значения может принимать частота в дисперсионном соотношении?
39. Изобразите пространственно-временную сетку, на которой можно интегрировать уравнение диффузии явным методом первого порядка точности?
40. Какой метод можно использовать для решения уравнения диффузии во времени?
41. Запишите дисперсионное соотношение для волнового уравнения?
42. Как можно записать волновое уравнение второго порядка в виде системы двух уравнений первого порядка, если использовать скорость смещения и угловое отклонение?
43. Запишите дисперсионное соотношение для уравнения переноса?
44. Явная схема интегрирования первого порядка точности?
45. Какое требование включает в себя условие Куранта-Фридрихса-Леви, связанное со скоростью?

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству промежуточный контроль (экзамен)

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
отлично (5)	Студент глубоко и в полном объёме владеет программным материалом. Грамотно, исчерпывающе и логично его излагает в устной или письменной форме. При этом знает рекомендованную литературу, проявляет творческий подход в ответах на вопросы и правильно обосновывает принятые решения, хорошо владеет умениями и навыками при выполнении практических задач.
хорошо (4)	Студент знает программный материал, грамотно и по сути излагает его в устной или письменной форме, допуская незначительные неточности в утверждениях, трактовках, определениях и категориях или незначительное количество ошибок. При этом владеет необходимыми умениями и навыками при выполнении практических задач.
удовлетворительно (3)	Студент знает только основной программный материал, допускает неточности, недостаточно чёткие формулировки, непоследовательность в ответах, излагаемых в устной или письменной форме. При этом недостаточно владеет умениями и навыками при выполнении практических задач. Допускает до 30% ошибок в излагаемых ответах.
неудовлетворительно (2)	Студент не знает значительной части программного материала. При этом допускает принципиальные ошибки в доказательствах, в трактовке понятий и категорий, проявляет низкую культуру знаний, не владеет основными умениями и навыками при выполнении практических задач. Студент отказывается от ответов на дополнительные вопросы

Лист изменений и дополнений

№ п/п	Виды дополнений и изменений	Дата и номер протокола заседания кафедры (кафедр), на котором были рассмотрены и одобрены изменения и дополнения	Подпись (с расшифровкой) заведующего кафедрой (заведующих кафедрами)