

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского»**

Высшая школа общей и прикладной физики

УТВЕРЖДЕНО

решением президиума Ученого совета ННГУ

протокол № 1 от 16.01.2024 г.

Рабочая программа дисциплины

Нелинейные волны в гидродинамике

Уровень высшего образования

Магистратура

Направление подготовки / специальность

03.04.02 - Физика

Направленность образовательной программы

Общая и прикладная физика

Форма обучения

очная

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.ДВ.04.03.03 Нелинейные волны в гидродинамике относится к части, формируемой участниками образовательных отношений образовательной программы.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства	
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
ПК-2: Способен самостоятельно анализировать, не предвзято оценивать и ориентироваться в передовых теоретических концепциях и достижениях современной физики	ПК-2.1: Демонстрация способности самостоятельно анализировать, не предвзято оценивать и ориентироваться в передовых теоретических концепциях и достижениях современной физики	ПК-2.1: Знать теорию нелинейных волн с учетом передовых теоретических концепций и достижений в изучаемой области знаний. Уметь применять полученные в ходе освоения дисциплины знания при решении задач описания нелинейных волновых процессов. Владеть навыками построения эталонных моделей теории нелинейных волн и методов их анализа.	Исследовательское задание	Зачёт: Контрольные вопросы

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	2
Часов по учебному плану	72
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	16
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	16
- КСР	1
самостоятельная работа	39
Промежуточная аттестация	0 Зачёт

3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе			
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/лабораторные работы), часы	Всего	
	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0
1. Дисперсионное уравнение и энергия волн в слабодиссипативных средах	12	2	2	4	8
2. Нелинейное взаимодействие волн	12	2	2	4	8
3. Нелинейные волны в консервативных средах со слабой дисперсией	16	4	4	8	8
4. Модулированные нелинейные волны в консервативных средах	16	4	4	8	8
5. Самоорганизация, структуры и турбулентность диссипативных неравновесных средах	15	4	4	8	7
Аттестация	0				
КСР	1				1
Итого	72	16	16	33	39

Содержание разделов и тем дисциплины

1. Дисперсионное уравнение и энергия волн в слабодиссипативных средах
2. Нелинейное взаимодействие волн
3. Нелинейные волны в консервативных средах со слабой дисперсией
4. Модулированные нелинейные волны в консервативных средах
5. Самоорганизация, структуры и турбулентность диссипативных неравновесных средах

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

а) основная литература:

1. Рабинович М.И., Трубецков Д.И. Введение в теорию колебаний и волн. учеб. пособие для физ. специальностей вузов. - М. : Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1984. - 432 с.
2. Рабинович М.И., Езерский А.Б. Динамическая теория формообразования. М.: Янус-К, 1998. 191С.
3. Вильгельмссон Х., Вейланд Я. Когерентное нелинейное взаимодействие волн в плазме. М.: Энергоиздат, 1981

4. Сухоруков А.П. Нелинейные волновые взаимодействия в оптике и радиофизике. М.: Наука, 1988. 232 с.
5. Виноградова М.Б., Руденко О.В., Сухоруков А.П. Теория волн. М. : Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1979. - 383 с.
6. Додд Р., Эйлбек Дж., Гиббон Дж, Моррис Х. Солитоны и нелинейные волновые уравнения. М.: Мир, 1988.
7. Дж. Уизем Дж. Линейные и нелинейные волны. М.: Мир, 1977.
8. Карпман В.И. Нелинейные волны в диспергирующих средах. М.: Наука, 1973. 176 с.
9. Михайловский А.Б. Теория плазменных неустойчивостей : [в 2 т.]. Т. 1 : Неустойчивости однородной плазмы. - 2-е изд., перераб., доп. - М. : Атомиздат, 1975. - 272 с.
10. Найфэ А.Х. Методы возмущений. М.: Мир, 1976.

б) дополнительная литература:

1. Кадомцев Б.Б. Коллективные явления в плазме. М.: Наука, 1976.
2. Скотт Э. Волны в активных и нелинейных средах в приложении к электронике. М.: Сов. радио, 1977. 368 с.
3. Цытович В.Н. Нелинейные эффекты в плазме. М. Наука, 1967. 288 с.
4. Бломберген Н. Нелинейная оптика. М.: Мир, 1966. 424 с.
5. Заславский Г.М. Стохастичность динамических систем. М.: Наука, 1984
6. Д.И. Трубецков, Е.С. Мchedлова, Л.В. Красичков. Введение в теорию самоорганизации от-крытых систем. Физматлит, 2005.
7. Ю.С. Кившарь, Г.П. Агравал. Оптические солитон: от световодов к фотонным кристаллам. Пер. с англ. М.: Физматлит, 2005.
8. Лайтхилл Дж. Волны в жидкостях. М.: Мир. 1981. 600с.
9. Ньюэлл А. Солитоны в математике и физике. М.: Мир, 1989. 323 с.
10. Солитоны в действии. Сб. под ред. К. Лонгрена и Э. Скотта. М.: Мир, 1981

5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:

5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Исследовательское задание) для оценки сформированности компетенции ПК-2:

1. Построение дисперсионного уравнения и свойства симметрии его решений. Решение задач с начальными и граничными условиями.
2. Дисперсионное уравнение для волн пространственного заряда в системе взаимопроникающих «холодных» потоков заряженных частиц.
3. Определение плотности энергии волн с помощью уравнения энергетического баланса на примере волн пространственного заряда в многопоточковой системе.
4. Вывод уравнения для огибающей волнового пакета, возбуждаемого сторонним током, асимптотическим методом Боголюбова-Митропольского с применением спектрально-операторного формализма.

5. Волны с отрицательной энергией (ВОЭ) в неравновесных средах. Термодинамические ограничения на знак волновой энергии в равновесной среде. Физический смысл ВОЭ и формализм ВОЭ в линейных средах.
6. Трехволновые резонансные взаимодействия в консервативных средах с квадратичной нелинейностью.
7. Вывод уравнений для комплексных амплитуд при резонансном взаимодействии трех модулированных волн в приближении группового распространения на примере волн пространственного заряда в многопоточковой системе.
8. Условия пространственно-временного резонанса (синхронизма) в среде с квадратичной нелинейностью. Графическое определение резонансных волновых триплетов.
9. Общие свойства коэффициентов трехволнового взаимодействия в консервативных средах. Соотношения Мэнли-Роу и аналогия трехволновых взаимодействий в равновесных средах с процессами распада и слияния квазичастиц в квантовой механике.
10. Уравнение для спектральной плотности амплитуд гармоник в широком волновом пакете и переход к взаимодействию узких волновых пакетов.
11. Резонансное взаимодействие трех пространственно однородных волн во времени.
12. Особенности параметрического усиления встречных волн на примере вынужденного рассеяния Мандельштама-Бриллюэна (ВРМБ) в газе.
13. Особенности резонансных трехволновых взаимодействий в неравновесных средах. Распадная неустойчивость низкочастотных волн и взрывная неустойчивость.
14. Четырехволновые взаимодействия в консервативных средах. Условие четырехволнового резонанса в кубичной среде. Самовоздействие и нерезонансное взаимодействие волн.
15. Эффективная кубичная нелинейность и средние поля второго порядка по амплитуде волн в квадратичной среде на примере решения модельного уравнения с квадратичной и кубичной нелинейностью.
16. Взаимодействие волн в средах с диссипативной нелинейностью. Связь взрывной неустойчивости с жестким возбуждением волн.
17. Конкуренция волн в активных средах с кубичной нелинейностью. Исследование конкуренции двух однородных волн во времени и попутных волн в пространстве методом фазовой плоскости.
18. Резонансное взаимодействие модулированных волн в приближении группового распространения.
19. Вывод уравнения Кортевега-де-Вриза (КдВ). Периодические стационарные волны и солитоны в уравнении КдВ.
20. Уравнение КдВ для волн на мелкой воде. Влияние потерь на форму стационарных волн. Волнистая и турбулентная боры на мелкой воде. Уравнение КдВ как модель развития цунами.
21. Понятие о методе обратной задачи теории рассеяния (ОЗР). Распад начального возмущения на солитоны. Аналогия солитонов с частицами.
22. Уравнение Бенджамена-Оно для среды с «квадратичной» дисперсией и одномерные алгебраические солитоны.
23. Уравнение Кадомцева-Петвиашвили для двумерных волн и двумерные алгебраические солитоны в среде с «положительной дисперсией». Устойчивость КдВ солитонов к трехмерным возмущениям.

24. Нелинейное уравнение Шредингера (НУШ) для модулированных волн. Соотношение между дисперсией и нелинейностью в НУШ.
25. Обобщение НУШ для неоднородных волновых полей (нелинейное параболическое уравнение). Самомодуляция и самофокусировка плоских волн в консервативных средах и их интерпретация как «четырёхквантовых» распадных процессов.
26. Хаос и структуры в рамках комплексного уравнения Гинзбурга-Ландау (КУГЛ). Неустойчивость когерентных структур в виде монохроматических бегущих волн, критерий Бенджамена-Фейра-Ньюэла.
27. Диссипативный предел двумерного КУГЛ и понятие градиентной системы. Решение диссипативного двумерного уравнения Гинзбурга-Ландау в виде «вихрей».
28. Вихри и топологические дефекты. Решение двумерного КУГЛ в виде спиралей.
29. Турбулентность и структуры в двумерном КУГЛ: спирали, фазовая турбулентность, турбулентность дефектов и замороженные состояния («вихревые стекла»).
30. Термическая гравитационная конвекция в жидком слое, подогреваемом снизу, как пример структурообразующей системы. Числа Рэлея и Прандтля. Конвективные валы и нейтральная кривая для них.
31. Исследование отбора (селекции) структур с помощью уравнения Свифта-Хоенберга. Понятие о пенто-гепто дефектах в периодической решетке шестигранников.
32. Исследование системы валов, содержащей дислокации, с помощью уравнения Ньюэла-Вайтхеда-Сегеля. Направление движения дислокаций в решетке искривленных валов.
33. Доменные стенки и их простейшие модели.

Критерии оценивания (оценочное средство - Исследовательское задание)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Справедливо одно из следующих утверждений: (1). Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов. Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач. (2). Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок. Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме. Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов. (3). Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов. (4). Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами. (5). Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок. Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме. Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами.
не зачтено	Справедливо одно из следующих утверждений: (1). Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки. (2). Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа. Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа. Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа.

5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатор достижения компетенций)	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено		зачтено				
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического	Уровень знаний ниже минимальных	Минимально допустимы	Уровень знаний в объеме,	Уровень знаний в объеме,	Уровень знаний в объеме,	Уровень знаний в объеме,

	материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	требований. Имели место грубые ошибки	й уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок	соответству ющем программе подготовки . Допущено несколько негрубых ошибок	соответству ющем программе подготовки . Допущено несколько несуществе нных ошибок	соответств ующем программе подготовк и. Ошибок нет.	превышающе м программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки	Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами .	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельными и несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторым и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторым и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой
	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
	удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»

не зачтено	неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:

5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-2

1. Построение дисперсионного уравнения и свойства симметрии его решений. Решение задач с начальными и граничными условиями.
2. Дисперсионное уравнение для волн пространственного заряда в системе взаимопроникающих «холодных» потоков заряженных частиц.
3. Определение плотности энергии волн с помощью уравнения энергетического баланса на примере волн пространственного заряда в многопоточковой системе.
4. Вывод уравнения для огибающей волнового пакета, возбуждаемого сторонним током, асимптотическим методом Боголюбова-Митропольского с применением спектрально-операторного формализма.
5. Волны с отрицательной энергией (ВОЭ) в неравновесных средах. Термодинамические ограничения на знак волновой энергии в равновесной среде. Физический смысл ВОЭ и формализм ВОЭ в линейных средах.
6. Трехволновые резонансные взаимодействия в консервативных средах с квадратичной нелинейностью.
7. Вывод уравнений для комплексных амплитуд при резонансном взаимодействии трех модулированных волн в приближении группового распространения на примере волн пространственного заряда в многопоточковой системе.
8. Условия пространственно-временного резонанса (синхронизма) в среде с квадратичной нелинейностью. Графическое определение резонансных волновых триплетов.
9. Общие свойства коэффициентов трехволнового взаимодействия в консервативных средах. Соотношения Мэнли-Роу и аналогия трехволновых взаимодействий в равновесных средах с процессами распада и слияния квазичастиц в квантовой механике.
10. Уравнение для спектральной плотности амплитуд гармоник в широком волновом пакете и переход к взаимодействию узких волновых пакетов.
11. Резонансное взаимодействие трех пространственно однородных волн во времени.
12. Особенности параметрического усиления встречных волн на примере вынужденного рассеяния Мандельштама-Бриллюэна (ВРМБ) в газе.
13. Особенности резонансных трехволновых взаимодействий в неравновесных средах. Распадная неустойчивость низкочастотных волн и взрывная неустойчивость.
14. Четырехволновые взаимодействия в консервативных средах. Условие четырехволнового резонанса в кубичной среде. Самовоздействие и нерезонансное взаимодействие волн.

15. Эффективная кубичная нелинейность и средние поля второго порядка по амплитуде волн в квадратичной среде на примере решения модельного уравнения с квадратичной и кубичной нелинейностью.
16. Взаимодействие волн в средах с диссипативной нелинейностью. Связь взрывной неустойчивости с жестким возбуждением волн.
17. Конкуренция волн в активных средах с кубичной нелинейностью. Исследование конкуренции двух однородных волн во времени и попутных волн в пространстве методом фазовой плоскости.
18. Резонансное взаимодействие модулированных волн в приближении группового распространения.
19. Вывод уравнения Кортевега-де-Вриза (КдВ). Периодические стационарные волны и солитоны в уравнении КдВ.
20. Уравнение КдВ для волн на мелкой воде. Влияние потерь на форму стационарных волн. Волнистая и турбулентная боры на мелкой воде. Уравнение КдВ как модель развития цунами.
21. Понятие о методе обратной задачи теории рассеяния (ОЗР). Распад начального возмущения на солитоны. Аналогия солитонов с частицами.
22. Уравнение Бенджамена-Оно для среды с «квадратичной» дисперсией и одномерные алгебраические солитоны.
23. Уравнение Кадомцева-Петвиашвили для двумерных волн и двумерные алгебраические солитоны в среде с «положительной дисперсией». Устойчивость КдВ солитонов к трехмерным возмущениям.
24. Нелинейное уравнение Шредингера (НУШ) для модулированных волн. Соотношение между дисперсией и нелинейностью в НУШ.
25. Обобщение НУШ для неоднородных волновых полей (нелинейное параболическое уравнение). Самомодуляция и самофокусировка плоских волн в консервативных средах и их интерпретация как «четырёхквантовых» распадных процессов.
26. Хаос и структуры в рамках комплексного уравнения Гинзбурга-Ландау (КУГЛ). Неустойчивость когерентных структур в виде монохроматических бегущих волн, критерий Бенджамена-Фейра-Ньюэла.
27. Диссипативный предел двумерного КУГЛ и понятие градиентной системы. Решение диссипативного двумерного уравнения Гинзбурга-Ландау в виде «вихрей».
28. Вихри и топологические дефекты. Решение двумерного КУГЛ в виде спиралей.
29. Турбулентность и структуры в двумерном КУГЛ: спирали, фазовая турбулентность, турбулентность дефектов и замороженные состояния («вихревые стекла»).
30. Термическая гравитационная конвекция в жидком слое, подогреваемом снизу, как пример структурообразующей системы. Числа Рэлея и Прандтля. Конвективные валы и нейтральная кривая для них.
31. Исследование отбора (селекции) структур с помощью уравнения Свифта-Хоенберга. Понятие о пенто-гепто дефектах в периодической решетке шестигранников.
32. Исследование системы валов, содержащей дислокации, с помощью уравнения Ньюэла-Вайтхеда-Сегеля. Направление движения дислокаций в решетке искривленных валов.
33. Доменные стенки и их простейшие модели.

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	<p>Справедливо одно из следующих утверждений: (1). Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов. Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач. (2). Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок. Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме. Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов. (3). Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов. (4). Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами. (5). Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок. Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме. Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами.</p>
не зачтено	<p>Справедливо одно из следующих утверждений: (1). Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки. (2). Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа. Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа. Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа.</p>

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. Рабинович Михаил Израилевич. Введение в теорию колебаний и волн. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Наука , 1992. - 454, [1] с. : ил. - 62.50., 1 экз.
2. Рабинович Михаил Израилевич. Динамическая теория формообразования. - М. : Янус-К, 1998. - 192 с. - ISBN 5-8037-0005-3 : 19.00., 3 экз.
3. Вильхельмссон Ханс. Когерентное нелинейное взаимодействие волн в плазме / пер. с англ. И. П. Якименко ; с предисл. Б. Б. Кадомцева. - М. : Энергоиздат, 1981. - 223 с. : ил. - 2.80., 3 экз.
4. Сухоруков Анатолий Петрович. Нелинейные волновые взаимодействия в оптике и радиофизике. - М. : Наука, 1988. - 232 с. - 3.40., 3 экз.

5. Теория волн : [учеб. пособие для физ. специальностей вузов]. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Наука, 1990. - 432 с. : граф. - ISBN 5-02-014050-3 (в пер.) : 3.10., 4 экз.
6. Солитоны и нелинейные волновые уравнения = Solitons and Nonlinear Wave Equations / пер. с англ. В. П. Гурария, В. И. Мацаева ; под ред. А. Б. Шабата. - М. : Мир, 1988. - 694 с. : ил. - ISBN 5-03-000732-6 : 120.00., 3 экз.
7. Уизем Д. Линейные и нелинейные волны / пер. с англ. В. В. Жаринова ; под ред. А. Б. Шабата. - М. : Мир, 1977. - 622 с. : ил. - 3.38., 3 экз.
8. Карпман Владимир Иосифович. Нелинейные волны в диспергирующих средах. - М. : Наука, 1973. - 175 с. : граф. - 0.75., 4 экз.
9. Михайловский Анатолий Борисович. Теория плазменных неустойчивостей. Т. 1. Неустойчивости однородной плазмы. - М. : Атомиздат, 1970. - 294 с. : с черт. - 1.63., 1 экз.
10. Найфэ Али Хасан. Введение в методы возмущений / пер. с англ. И. Е. Зино, Э. А. Троппа ; под ред. Р. Г. Баранцева. - М. : Мир, 1984. - 535 с. - 2.30., 3 экз.

Дополнительная литература:

1. Кадомцев Борис Борисович. Коллективные явления в плазме. - 2-е изд., испр. и доп. - М. : Наука, 1988. - 304 с. - 3.10., 12 экз.
2. Скотт Элвин. Волны в активных и нелинейных средах в приложении к электронике / пер. с англ. С. Я. Вышкинд и Т. М. Таранович ; под ред. Л. А. Островского и М. И. Рабиновича. - М. : Советское радио, 1977. - 367 с. - 2.44., 17 экз.
3. Цытович Вадим Николаевич. Нелинейные эффекты в плазме / АН СССР. - М. : Наука, 1967. - 287 с. : ил. - 0.95., 5 экз.
4. Бломберг Н. Нелинейная оптика : пер. с англ. / под ред. [и со вступ. ст.] С. А. Ахманова и Р. В. Хохлова. - М. : Мир, 1966. - 424 с. : черт. - 1.68., 14 экз.
5. Заславский Георгий Моисеевич. Стохастичность динамических систем. - М. : Наука, 1984. - 271 с. : ил. - (Современные проблемы физики). - 2.20., 2 экз.
6. Трубецков Дмитрий Иванович. Введение в теорию самоорганизации открытых систем : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по физическим специальностям. - М. : Физматлит, 2002. - 200 с. - (Современная теория колебаний и волн). - В надзаг.: Федеральная целевая программа "Государственная поддержка интеграции высшего образования и фундаментальной науки". - ISBN 5-94052-052-9 : 26.00., 10 экз.
7. Кившарь Юрий С. Оптические солитоны. От световодов к фотонным кристаллам = Optical Solitons / пер. с англ. под ред. Н. Н. Розанова. - М. : Физматлит, 2005. - 648 с. - ISBN 5-9221-0584-1 (рус.). - ISBN 00-12-410590-4 (англ.) : 75.00., 3 экз.
8. Лайтхилл Джеймс. Волны в жидкостях / пер. с англ. под ред. П. П. Корявова, П. И. Чушкина. - М. : Мир, 1981. - 598 с. : ил. - 5.40., 4 экз.
9. Ньюэлл Алан. Солитоны в математике и физике / пер. с англ. И. Р. Габитова и др. ; под ред. А. В. Михайлова. - М. : Мир, 1989. - 323, [1] с. : ил. - 1.70., 2 экз.
10. Солитоны в действии / под ред. К. Лонгрена, Э. Скотта ; пер. с англ. под ред. А. В. Гапонова - Грехова, Л. А. Островского. - М. : Мир, 1981. - 312 с. : ил. - 1.10., 1 экз.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

Не используется

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами, специализированным оборудованием: Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами, специализированным оборудованием: для проведения лекций и практических занятий требуется типовое оборудование лекционной аудитории. Для подготовки самостоятельных контрольных работ и для их графического представления (если это необходимо), а также для расширения коммуникационных возможностей студенты имеют возможность работать в компьютерных классах с соответствующим лицензионным программным обеспечением и выходом в Интернет. Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети Интернет и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 03.04.02 - Физика.

Автор(ы): Сергеев Даниил Александрович, кандидат физико-математических наук.

Заведующий кафедрой: Викторов Михаил Евгеньевич, кандидат физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 07.02.2024, протокол № 4.