

Белорусский государственный университет

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе
Белорусского государственного университета


_____ А.Л. Толстик
(подпись)


_____ 08.06.2017
(дата утверждения)

Регистрационный № УД- 4354 /уч.

ФИЗИКА ВОЛНОВЫХ ПРОЦЕССОВ

Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальностей:

1-31 80 05 – Физика;

1-31 81 01 - Физика конденсированного состояния;

1-31 81 02 – Фотоника;

1-31 81 03 Функциональные наноматериалы;

1-31 81 04 Современные методы и аппаратура физических измерений

Минск 2017 г.

Учебная программа составлена на основе Образовательных стандартов ОСВО 1-31 80 05-2012, ОСВО 1-31 81 01-2012, ОСВО 1-31 81 02-2012, ОСВО 1-31 81 03-2012, ОСВО 1-31 81 04-2012, утвержденных и введенных в действие постановлением Министерства образования Республики Беларусь от 24.08.2012 № 108; учебных планов №G31-238/уч., №G31-239/уч., №G31-240/уч., №G31-241/уч., №G31-242/уч., утвержденных 26.05.2017.

СОСТАВИТЕЛИ:

А.В. Леонов – доцент кафедры теоретической физики и астрофизики Белорусского государственного университета, кандидат физико-математических наук, доцент;

В.В. Жилко – доцент кафедры теоретической физики и астрофизики Белорусского государственного университета, кандидат физико-математических наук, доцент.

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

Ю.А. Курочкин – заведующий лабораторией теоретической физики Государственного научного учреждения «Институт физики имени Б.И. Степанова Национальной академии наук Беларуси», доктор физико-математических наук, доцент.

В.В. Углов – заведующий кафедрой физики твердого тела физического факультета Белорусского государственного университета, доктор физико-математических наук, профессор.

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ

Кафедрой теоретической физики и астрофизики Белорусского государственного университета (протокол № 8 от 02.05.2017 г.);

Советом физического факультета Белорусского государственного университета (протокол № 11 от 08.06.2017 г.);

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Целью учебной дисциплины является рассмотрение общих закономерностей и методов исследования колебательных и волновых процессов, широко распространенных в различных областях современной науки (физике, химии, биологии, общественных отношениях). При освоении курса студенты должны получить более глубокое представление о единстве физической картины мира и установить внутренние связи между весьма разнородными, на первый взгляд, явлениями.

Задачи учебной дисциплины состоят в демонстрации эффективности общих принципов и методов теории колебаний, являющихся неотъемлемой частью общезначимого образования; описании основных математических моделей, иллюстрирующих поведение волн, и сопоставлении этих моделей с реальными физическими явлениями; изучении продвинутого метода математической и теоретической физики при исследовании нелинейных волновых задач.

Математической и методической базой курса являются все разделы цикла дисциплин высшей математики и теоретической физики, изученные студентами на предыдущих курсах, и, прежде всего, такие разделы, как «Дифференциальные и интегральные уравнения» и «Методы математической физики».

В результате изучения учебной дисциплины «Физика волновых процессов» студент должен:

- **знать:** основные положения теории колебаний и волн, универсальные методы исследования колебательных и волновых процессов;
- **уметь:** применять их к анализу колебательных и волновых явлений различной природы;
- **владеть** навыками аналитического и численного исследования уравнений движения в фазовом пространстве и построения фазового портрета колебательной системы, методикой получения стационарных волновых решений и использования метода обратной задачи рассеяния для аналитического решения нелинейных волновых задач

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Академические компетенции:

- Уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач.
- Владеть системным и сравнительным анализом.
- Владеть исследовательскими навыками.
- Уметь работать самостоятельно.
- Быть способным порождать новые идеи (обладать креативностью).
- Владеть междисциплинарным подходом при решении проблем.
- Иметь навыки, связанные с использованием технических устройств, управлением информацией и работой с компьютером.
- Обладать навыками устной и письменной коммуникации.

- Уметь учиться, повышать свою квалификацию в течение всей жизни.

Социально-личностные компетенции:

- Обладать качествами гражданственности.
- Быть способным к социальному взаимодействию.
- Обладать способностью к межличностным коммуникациям.
- Владеть навыками здорового образа жизни.
- Быть способным к критике и самокритике (критическое мышление).
- Уметь работать в команде.

Профессиональные компетенции:

- Применять знания теоретических и экспериментальных основ физики и математики, современных технологий и материалов, наноматериалов и нанотехнологий, методы исследования физических объектов, методы измерения физических величин, методы автоматизации эксперимента, методов планирования, организации и ведения научно-производственной, научно-педагогической, производственно-технической, опытно-конструкторской работы.
- Использовать новейшие открытия в естествознании, методы научного анализа, информационные образовательные технологии, физические основы современных технологических процессов, научное оборудование и аппаратуру.
- Проводить планирование и реализацию физического эксперимента, оценивать функциональные возможности сложного физического оборудования.
- Пользоваться глобальными информационными ресурсами, компьютерными методами сбора, хранения и обработки информации, системами автоматизированного программирования, научно-технической и патентной литературой.
- Применять полученные знания фундаментальных положений физики, экспериментальных, теоретических и компьютерных методов исследования, планирования, организации и ведения научно-исследовательской, научно-производственной и научно-педагогической работы.
- Использовать новейшие открытия в естествознании, методы научного анализа, информационно-образовательные технологии, физические основы современных технологических процессов.
- Оценивать конкурентоспособность и экономическую эффективность разрабатываемого программного обеспечения.
- Разрабатывать новые технологии и осуществлять оценку проектных и технологических решений с учетом принципов рационального природопользования и конъюнктуры рынка.
- Осуществлять на основе методов математического моделирования оценку эксплуатационных параметров оборудования и технологических процессов, эффективности разрабатываемых технологий.
- Реализовывать методы защиты производственного персонала и населения в условиях возникновения аварий, катастроф, стихийных бедствий.

- вий и обеспечения безопасности при осуществлении научной, производственной и педагогической деятельности.
- Владеть знаниями о структурной организации материи, о современных физических методах познания природы.
 - Использовать концептуальные положения педагогики и методики преподавания физики и информатики, методики воспитательной работы, технические средства обучения.
 - Применять психолого-педагогические знания, эффективные формы и методы обучения, новые технологии обучения.
 - Осуществлять поиск, систематизацию и анализ информации по перспективным направлениям развития отрасли, инновационным технологиям, проектам и решениям.
 - Определять цели инноваций и способы их достижения.
 - Применять знания физических основ современных технологий, средств автоматизации, методов планирования и организации производства, методы анализа и организации внедрения инноваций в научно-производственной, научно-педагогической и научно-технической деятельности, правового обеспечения хозяйственной деятельности и налоговой системы, современного предпринимательства, государственного регулирования экономики и экономической политики.
 - Пользоваться государственными языками Республики Беларусь и иными иностранными языками как средством делового общения.

Общее количество часов, отводимое на изучение учебной дисциплины — 150, из них количество аудиторных часов — 40.

Форма получения высшего образования — очная, дневная.

Аудиторные занятия проводятся в виде лекций и УСР. На лекции отводится 30 часов, на УСР – 10 часов.

Формы текущей аттестации по учебной дисциплине — экзамен.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

1. Простейшие колебательные системы.

Введение, примеры простейших колебательных систем. Основные характеристики колебательного движения. Гармонический осциллятор. Свободные и вынужденные колебания. Колебания при наличии трения. Амплитудно-частотная характеристика. Резонанс. Связанные осцилляторы. Сложение колебаний.

2. Основные понятия теории колебаний.

Фазовое пространство, фазовая точка, фазовая траектория. Динамические системы (ДС) и их классификация. ДС 1-ого и 2-ого порядка. Автономные ДС. Особые точки ДС. Устойчивость состояния равновесия ДС. Гамильтоновские системы. Фазовый портрет.

3. Линейные системы общего типа.

Общая характеристика линейных ДС. Классификация особых точек линейных ДС 2-ого порядка. Диаграмма зависимости типа особой точки от параметров линейной системы.

4. Нелинейные системы.

Топологическая эквивалентность линейных и нелинейных систем. Исследование фазовой плоскости вблизи состояния равновесия. Индексы Пуанкаре, сосуществование особых точек на фазовой плоскости. Диссипативные системы. Предельные циклы, автоколебания. Системы без замкнутых траекторий.

5. Основы теории катастроф.

Бифуркации. Элементы негрубой природы. Сложные состояния равновесия. Бифуркации в нелинейных ДС 1-ого порядка. Бифуркационная диаграмма. Примеры простейших бифуркаций.

6. Количественное рассмотрение колебательных систем.

Линейная система с отталкивающей силой. Движение тяжелой точки по окружности, вращающейся вокруг вертикальной оси. Ламповый генератор в случае ступенчатой вольт-амперной характеристики. Осциллятор Ван-дер-Поля.

7. Основные понятия физики волновых процессов.

Понятие волны. Линейные и нелинейные волны. Гиперболические волны. Принцип суперпозиций. Волновое уравнение и его факторизация. Диспергирующие волны. Групповая и фазовая скорость волны. Физическая природа дисперсии. Уравнения звуковых и электромагнитных волн.

8. Нелинейные волны.

Квазилинейные волновые уравнения. Метод характеристик и примеры его применения. Волны Римана. Укручение и опрокидывание волн. Уравнение Бюргерса, замена Хопфа-Коула. Стационарные волны. Ударная волна. Понятие о солитоне.

9. Специальные методы теории волн

Переход "дискретность-непрерывность" и проблема Ферми-Паста-Улама. Метод обратной задачи рассеяния в теории солитонов. Операторная пара Лакса. Интегрирование уравнения Кортевега-де Фриза. Безотражательные потенциалы. Солитонные решения. Интегрируемость нелинейных волновых задач и законы сохранения.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА ДИСЦИПЛИНЫ

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСР	Литература	Формы контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1	Простейшие колебательные системы	2					2	[2], [3]	Тесты
2	Основные понятия теории колебаний	2						[1], [2], [3]	
3	Линейные системы общего типа	2					2	[1]	Тесты
4	Нелинейные системы	4						[1], [3]	
5	Основы теории катастроф	2						[1], [3]	
6	Количественное рассмотрение колебательных систем	4					2	[1]	Коллоквиум
7	Основные понятия физики волновых процессов	4					2	[3], [4]	Рефераты
8	Нелинейные волны	6						[3], [5]	
9	Специальные методы теории волн	4					2	[3], [5]	Коллоквиум
	Всего	30					10		Экзамен

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Перечень основной литературы

1. Андронов, А.А. Теория колебаний / А.А. Андронов, А.А. Витт, С.Э. Хайкин. – М.: Наука, 1981. – 568 с.
2. Мандельштам, Л.И. Лекции по теории колебаний / Л.И. Мандельштам. – М.: Наука, 1972. – 384 с.
3. Карлов, Н.В. Колебания, волны, структуры / Н.В. Карлов, Н.А. Кириченко. – М.: Физмат, 2003. – 496 с.
4. Уизем, Дж. Линейные и нелинейные волны / Дж. Уизем. – М.: Мир, 1977. – 622 с.
5. Заславский, Г.М. Введение в нелинейную физику / Г.М. Заславский, Р.Э. Сагдеев. – М.: Наука, 1988. – 368 с.

Перечень дополнительной литературы

1. Мигулин, В.В. Основы теории колебаний / В.В. Мигулин, В.И. Медведев, Е.Р. Мустель, В.Н. Парыгин. – М.: Наука, 1988. – 392 с.
2. Виноградова, М.Б. Теория волн / М.Б. Виноградова, О.В. Руденко, А.П. Сухоруков. – М.: Наука, 1979. – 384 с.
3. Рабинович, М.И. Введение в теорию колебаний и волн / Рабинович М.И., Трубецков Я.И. – М.: Наука, 1984. – 432 с.
4. Пейн, Г. Физика колебаний и волн / Г. Пейн. – М.: Мир, 1979. – 389 с.
5. Ньюэлл, А. Солитоны в математике и физике / А. Ньюэлл. – М.: Мир, 1989. – 326 с.

Перечень используемых средств диагностики результатов учебной деятельности

1. Коллоквиумы.
2. Тестовые задания.
3. Реферативные работы

Мероприятия для контроля управляемой самостоятельной работой

Для контроля УСР используются коллоквиумы, которые проводятся в письменной форме, и тестовые задания, размещенные на образовательном онлайн-ресурсе БГУ.

Письменная работа №1 проводится в форме решения задачи, письменная работа №2 – в форме ответа на теоретические вопросы.

Варианты проведения коллоквиумов

Коллоквиум № 1. Количественное исследование нелинейной колебательной системы.

Примерный перечень вопросов: дана нелинейная динамическая система второго порядка (механическая или электрическая). Необходимо построить для нее уравнение движения, найти положение особых точек и определить их тип, нарисовать фазовый портрет динамической системы.

Коллоквиум № 2. Линейные и нелинейные волны.

Примерный перечень вопросов:

- 1) Определение волны, общий вид уравнения, описывающего волновой процесс произвольной природы.
- 2) Каноническое волновое уравнение и его факторизация.
- 3) Линейные и нелинейные волны. Принцип суперпозиции волн.
- 4) Гиперболические и диспергирующие волны.
- 5) Определение и физический смысл фазовой и групповой скорости.
- 6) Определение и основные типы дисперсии волн.
- 7) Модель Друде-Лоренца.
- 8) Простейшее обобщение факторизованного волнового уравнения.
- 9) Волна Римана (простая волна)
- 10) Укручение и опрокидывание волны.
- 11) Уравнение Бюргерса, замена Хопфа-Коула
- 12) Уравнение Кортевега-де Фриза.
- 13) Уравнение Клейна-Гордона и \sin -Гордона.
- 14) Стационарные волны.
- 15) Обратная задача рассеяния в теории волновых процессов.
- 16) Уравнение Гельфанда-Левитана-Марченко.
- 17) Безотражательные потенциалы. N-солитонное решение.
- 18) Интегрируемость дифференциального уравнения.
- 19) Проблема Ферми-Паста-Улама.
- 20) Метод Уизема.

Темы реферативных работ

1. Фазовые портреты динамических систем.
2. Предельные циклы и автоколебания.
3. Бифуркации в физике.
4. Уравнение Ван-дер-Поля.
5. Нелинейный резонанс в динамических системах.
6. Теория КАМ.
7. Классификация волн по Уизему.
8. Линейные волны в сложных средах.
9. Укручение и опрокидывание нелинейных волн.
10. Примеры стационарных решений нелинейных уравнений.

11. Волны в слабо неоднородных и медленно нестационарных средах.
12. Резонансное взаимодействие волн и параметрический резонанс.
13. Дискретные и непрерывные нелинейные уравнения.
14. Метод обратной задачи рассеяния.
15. Примеры самоорганизации в естествознании.

Методические рекомендации по организации и выполнению самостоятельной работы студентов

Основой методики организации самостоятельной работы студентов по курсу является предоставление студентам необходимой для работы информации, а также обеспечение регулярных консультаций преподавателя и периодичной отчетности по различным видам учебной и самостоятельной деятельности.

В открытом доступе для студентов размещается следующая информация:

- программа курса с указанием основной и дополнительной литературы;
- учебно-методические материалы;
- график консультаций преподавателя;
- вопросы для проведения экзамена;
- сроки проведения контрольных мероприятий по различным видам учебной деятельности;
- для дополнительного развития творческих способностей одаренных студентов организуются:
 - студенческие научно-практические конференции, конкурсы;
 - студенческие олимпиады.

Рекомендации по контролю качества усвоения знаний и проведению аттестации

Для текущего контроля качества усвоения знаний по дисциплине рекомендуется использовать тестовые задания по разделам дисциплины, коллоквиумы и рефераты. Контрольные мероприятия проводятся в соответствии с учебно-методической картой дисциплины. В случае неявки на контрольное мероприятие по уважительной причине студент вправе по согласованию с преподавателем выполнить его в дополнительное время. Для студентов, получивших неудовлетворительные оценки за контрольные мероприятия, либо не явившихся по неуважительной причине, по согласованию с преподавателем и с разрешения заведующего кафедрой мероприятие может быть проведено повторно.

Коллоквиумы проводятся в письменной форме, на выполнение каждого коллоквиума отводится 45 мин. Коллоквиум №1 проводится в форме решения (исследования) задачи, состоящей из нескольких блоков. По согласованию с преподавателем разрешается использовать справочные, научные и учебные печатные издания. Каждый блок в соответствии с его сложно-

стью оценивается от 1 до 3 баллов (максимальная сумма баллов за все блоки в коллоквиуме равна 10). Количество баллов за каждый блок выставляется в зависимости от правильности и полноты его решения. Нерешенный или решенный полностью неправильно блок оценивается в 0 баллов. Оценка за коллоквиум рассчитывается как сумма баллов, полученных за каждый блок задачи. Коллоквиум №2 проводится в форме ответа на два теоретических вопроса. При этом использование справочных, научных и учебных печатных изданий не разрешается. Каждый ответ оценивается в 5 баллов (максимальная сумма баллов за оба вопроса равна 10). Количество баллов за ответ на теоретический вопрос выставляется в зависимости от правильности и полноты его изложения. Отсутствие ответа, а также полностью неправильный ответ на теоретический вопрос оценивается в 0 баллов. Оценка за коллоквиум рассчитывается как сумма баллов, полученных за ответ на каждый теоретический вопрос.

Защита реферативных работ проводится в форме индивидуальных выступлений-презентаций с последующей дискуссией. Оценка рефератов проводится по десятибалльной шкале.

Оценка текущей успеваемости рассчитывается как среднее оценок за коллоквиумы, тестовые задания и реферат. При оценке текущей успеваемости 4 балла и более студенты допускаются к экзамену. При оценке ниже 4 баллов решением кафедры студенты не допускаются к экзамену, и им назначается срок выполнения контрольных мероприятий.

Итоговая аттестация по учебной дисциплине проводится в форме экзамена. Экзаменационная оценка и оценка текущей успеваемости служат для определения рейтинговой оценки по дисциплине, которая рассчитывается как средневзвешенная оценка текущей успеваемости и экзаменационной оценки. Весовой коэффициент для оценки текущей успеваемости — 0,3; для экзаменационной оценки — 0,7.

**ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ
ПО ИЗУЧАЕМОЙ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ
С ДРУГИМИ ДИСЦИПЛИНАМИ СПЕЦИАЛЬНОСТИ**

Название дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы по изучаемой учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
Теоретическая механика	Кафедра теоретической физики и астрофизики	Оставить содержание учебной дисциплины без изменения	Рекомендовать к утверждению учебную программу в представленном варианте (протокол №10 от 23.05.2016)
Электродинамика	Кафедра теоретической физики и астрофизики	Оставить содержание учебной дисциплины без изменения	Рекомендовать к утверждению учебную программу в представленном варианте (протокол №10 от 23.05.2016)
Дифференциальные и интегральные уравнения	Кафедра высшей математики и математической физики	Оставить содержание учебной дисциплины без изменения	Рекомендовать к утверждению учебную программу в представленном варианте (протокол №10 от 23.05.2016)
Методы математической физики	Кафедра высшей математики и математической физики	Оставить содержание учебной дисциплины без изменения	Рекомендовать к утверждению учебную программу в представленном варианте (протокол №10 от 23.05.2016)

**ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ
ПО ИЗУЧАЕМОЙ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ**
на 2018/2019 учебный год

№№ пп	Дополнения и изменения	Основание

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры
теоретической физики астрофизики
(протокол № ____ от _____ 2018 г.)

Заведующий кафедрой
теоретической физики и астрофизики
д.ф.-м.н.

_____ А.Н. Фурс

УТВЕРЖДАЮ
Декан физического факультета
д.ф.-м.н., профессор

_____ В.М. Анищик