



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»



УТВЕРЖДАЮ  
Директор ИИиС  
И.Ю. Мезин

17.02.2020 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

***ВОЛНОВЫЕ ПРОЦЕССЫ В КОНДЕНСИРОВАННЫХ СРЕДАХ***

Направление подготовки (специальность)  
03.04.02 ФИЗИКА

Направленность (профиль/специализация) программы  
Компьютерное моделирование физических процессов и структур, методы преподавания  
физики

Уровень высшего образования - магистратура  
Программа подготовки - академическая магистратура

Форма обучения  
очная

Институт/ факультет	Институт естествознания и стандартизации
Кафедра	Физики
Курс	2
Семестр	3

Магнитогорск  
2020 год

---

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО по направлению подготовки 03.04.02 ФИЗИКА (уровень магистратуры) (приказ Минобрнауки России от 28.08.2015 г. № 913)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Физики  
06.02.2020, протокол № 5

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ М.Б. Аркулис

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИЕиС  
17.02.2020 г. протокол № 6

Председатель \_\_\_\_\_ И.Ю. Мезин

Рабочая программа составлена:

доцент кафедры Физики, канд. физ.-мат. наук \_\_\_\_\_ А.П. Давыдов

Рецензент:

зав. кафедрой ВТиП, д-р техн. наук \_\_\_\_\_ О.С. Логунова

## Лист актуализации рабочей программы

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2021 - 2022 учебном году на заседании кафедры Физики

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ М.Б. Аркулис

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2022 - 2023 учебном году на заседании кафедры Физики

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ М.Б. Аркулис

### 1 Цели освоения дисциплины (модуля)

Целями освоения дисциплины «Волновые процессы в конденсированных средах» являются:

1) подготовка студентов по дисциплине в соответствии с требованиями Федерального Государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению 03.04.02 – «Физика»

2) приобретение студентами знаний и формирование профессиональных компетенций.

### 2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина Волновые процессы в конденсированных средах входит в вариативную часть учебного плана образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения дисциплин/ практик:

Физическая акустика

Современные методы исследования конденсированных сред

Физика магнитных явлений

Спецсеминар по научным направлениям

Дополнительные главы общей физики

Теория твердого тела

Знания (умения, владения), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы для изучения дисциплин/практик:

Научно-исследовательская работа

Подготовка к защите и защита выпускной квалификационной работы

Производственная - преддипломная практика

Электрические и магнитные свойства твердых тел

Теоретические основы спектроскопии

Основы спинтроники

### 3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) и планируемые результаты обучения

В результате освоения дисциплины (модуля) «Волновые процессы в конденсированных средах» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения
ОПК-6 способностью использовать знания современных проблем и новейших достижений физики в научно-исследовательской работе	
Знать	- основные принципы построения физико-математической модели, описывающей распространение упругих волн; - основные принципы построения физико-математической модели, описывающей спиновые волны и их взаимодействие с упругими волнами; - основные принципы построения физико-математической модели, описывающей распространение электромагнитных волн и их взаимодействие со спиновыми и упругими волнами

Уметь	<ul style="list-style-type: none"> <li>- применять основные методы решения задач, связанных с процессами распространения упругих волн;</li> <li>- применять основные принципы построения физико- математической модели, описывающей спиновые волны и их взаимодействие с упругими волнами;</li> <li>- применять основные методы решения задач, связанных с процессами распространения и взаимодействия электромагнитных, спиновых и упругих волн</li> </ul>
Владеть	<ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками описания распространения упругих, электромагнитных и спиновых волн в научно-исследовательской работе;</li> <li>- навыками расчета характеристик взаимодействия волн с конденсиро-ванными средами;</li> <li>- способностью использовать базовые теоретические знания о волновых процессах в конденсированных средах для решения профессиональных задач</li> </ul>
ПК-2 способностью свободно владеть разделами физики, необходимыми для решения научно-инновационных задач, и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности	
Знать	<ul style="list-style-type: none"> <li>- основные принципы и методы научного исследования с помощью со-временного приборного оборудования;</li> <li>- области и способы применения физических законов при изучении магнитных явлений с помощью современной приборной базы;</li> <li>- методы описания магнитных свойств твердых тел, отражающие ос- новные тенденции развития современной физики как науки</li> </ul>
Уметь	<ul style="list-style-type: none"> <li>- применять основные положения теории магнитных свойств тел для анализа проблем современной физики;</li> <li>- пользоваться методами исследования структуры твердого тела для анализа проблем современной физики с помощью современной приборной базы</li> </ul>
Владеть	<ul style="list-style-type: none"> <li>- способностью использовать полученные знания для изучения профильных дисциплин;</li> <li>- системным представлением о динамике развития избранной области; научной и профессиональной деятельности;</li> <li>- современной научной картиной мира</li> </ul>
ПК-6 способностью методически грамотно строить планы лекционных и практических занятий по разделам учебных дисциплин и публично излагать теоретические и практические разделы учебных дисциплин в соответствии с утвержденными учебно- методическими пособиями при реализации программ бакалавриата в области физики	
Знать	<ul style="list-style-type: none"> <li>- основные педагогические методы и приёмы, применяемые в средних, средне-специальных и высших учебных заведениях</li> </ul>
Уметь	<ul style="list-style-type: none"> <li>- применять основные педагогические методы и приёмы, в средних, средне-специальных и высших учебных заведениях с учетом их специфики</li> </ul>
Владеть	<ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками проведения лекционных и практических занятий с учетом специфики контингента учащихся, учебного заведения и преподаваемой дисциплины</li> </ul>

#### 4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц 108 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 49,3 акад. часов;
- аудиторная – 48 акад. часов;
- внеаудиторная – 1,3 акад. часов
- самостоятельная работа – 58,7 акад. часов;

Форма аттестации - зачет

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа студента	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код компетенции
		Лек.	лаб. зан.	практ. зан.				
1. Упругие волны в конденсированных средах с учетом затухания								
1.1 Основные принципы построения физико-математической модели, описывающей распространение упругих волн	3	4		4	10	Проработка учебников, учебных пособий, конспектирование, подготовка к практическому занятию	Проверка конспектов, опрос, обсуждение	ОПК-6, ПК-2, ПК-6
1.2 Основные методы решения задач, связанных с процессами распространения упругих волн		4		4	10	Подготовка к практическому занятию, конспектирование учебников, учебных пособий, монографий, первоисточников	Проверка конспектов, опрос, обсуждение	ОПК-6, ПК-2, ПК-6
Итого по разделу		8		8	20			
2. Спиновые волны в конденсированных средах. Взаимодействие спиновых и упругих волн								
2.1 Основные принципы построения физико-математической модели, описывающей спиновые волны и их взаимодействие с упругими волнами	3	4		4	10	Подготовка к практическому занятию, конспектирование учебников, учебных пособий, монографий, первоисточников	Проверка конспектов, опрос, обсуждение	ОПК-6, ПК-2, ПК-6

2.2 Основные методы решения задач, связанных с процессами распространения и взаимодействия спиновых и упругих волн		4		4	10	Подготовка к практическому занятию, конспектирование учебников, учебных пособий, монографий, первоисточников	Проверка конспектов, опрос, обсуждение	ОПК-6, ПК-2, ПК-6
Итого по разделу		8		8	20			
3. Электромагнитные волны в конденсированных средах. Взаимодействие электромагнитных, спиновых и упругих волн								
3.1 Основные принципы построения физико-математической модели, описывающей распространение электромагнитных волн и их взаимодействие со спиновыми и упругими волнами	3	4		4	10	Подготовка к практическому занятию, конспектирование учебников, учебных пособий, монографий, первоисточников	Проверка конспектов, опрос, обсуждение	ОПК-6, ПК-2, ПК-6
3.2 Основные методы решения задач, связанных с процессами распространения и взаимодействия электромагнитных, спиновых и упругих волн		4		4	8,7	Подготовка к практическому занятию, конспектирование учебников, учебных пособий, монографий, первоисточников	Проверка конспектов, опрос, обсуждение, контрольная работа	ОПК-6, ПК-2, ПК-6
Итого по разделу		8		8	18,7			
Итого за семестр		24		24	58,7		зачёт	
Итого по дисциплине		24		24	58,7		зачет	ОПК-6,ПК-2,ПК-6

## **5 Образовательные технологии**

Результат освоения дисциплины «Волновые процессы в конденсированных средах» – формирование у студентов компетенций представляющих собой динамичную совокупность знаний, умений, владений, способностей и личностных качеств, которую студент может продемонстрировать после завершения обучения по магистерской образовательной программе. Для формирования этих компетенций и реализации предусмотренных видов учебной работы, в учебном процессе в качестве образовательных технологий используются традиционная и технология информационно-проектного обучения, позволяющая студенту в процессе обучения самому выбирать формируемые компетенции и личностные качества, тем самым проектируя для себя образовательный процесс.

Учебные занятия проводятся в виде лекций и лабораторных занятий

Лекции проводятся в виде:

- обзорных – для систематизации и закрепления знаний по дисциплине
- информационных – для ознакомления со стандартами и справочной информацией
- проблемных – для развития исследовательских навыков и изучения способов решения задач.

Лекции проводятся в поточных аудиториях с применением компьютерных презентаций.

Концептуальную основу лекционно-семинарской технологии составляют принципы педагогики: научности, последовательности и систематичности, доступности, прочности, сознательности и активности, наглядности, связи теории с практикой, учета индивидуальных особенностей студентов.

На практических занятиях применяются как активные, так и интерактивные методы обучения, которые в отличие от активных методов, ориентированы на более широкое взаимодействие студентов не только с преподавателем, но и друг с другом и на доминирование активности студентов в процессе обучения.

Кроме того, на лабораторных занятиях используется технология педагогики сотрудничества преподавателя со студентами, в основе которой следующие целевые ориентации: переход от педагогики требований к педагогике отношений, гуманно-личностный подход к студенту, единство обучения и воспитания.

## **6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

Представлено в приложении 1.

## **7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации**

Представлены в приложении 2.

## **8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)**

### **а) Основная литература:**

1. Кузнецов, С.И. Физика: Механика. Механические колебания и волны. Молекулярная физика. Термодинамика : учеб. пособие / С.И. Кузнецов. — 4-е изд., испр. и доп. — Москва : Вузовский учебник: ИНФРА-М, 2014. — 248 с. - ISBN 978-5-9558-0317-3 (Вузовский учебник) ; ISBN 978-5-16-006894-7 (ИНФРА-М). - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/412940> (дата обращения: 24.09.2020). – Режим доступа: по подписке.

2. Пинский, А.А. Физика : учебник / А.А. Пинский, Г.Ю. Граковский ; под общ. ред. Ю.И. Дика, Н.С. Пуршевой. — 3-е изд., испр. — Москва : ФОРУМ ; ИНФРА-М, 2013. — 560 с. — (Профессиональное образование). - ISBN 978-5-91134-616-4 (ФОРУМ) ; ISBN 978-5-16-006607-3 (ИНФРА-М). - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/375867> (дата обращения: 24.09.2020). – Режим доступа: по подписке.

**б) Дополнительная литература:**

1. Маскевич, А. А. Оптика: Учебное пособие / А.А. Маскевич. - Москва : НИЦ Инфра-М; Минск : Нов. знание, 2012. - 656 с.: ил.; . - (Высшее образование). ISBN 978-5-16-005678-4. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/306513> (дата обращения: 24.09.2020). – Режим доступа: по подписке.

2. Кузнецов, С. И. Курс физики с примерами решения задач. «Физика конденсированного состояния» [Электронный ресурс] : учебное пособие / С. И. Кузнецов, Н. А. Тимченко. - Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. - 47 с. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/417650> (дата обращения: 24.09.2020). – Режим доступа: по подписке.

3. Кузнецов, С. И. Молекулярная физика. Термодинамика : учеб. пособие / С. И. Кузнецов ; Томский политехнический университет. - 2-е изд., перераб. и доп. - Томск : Изд-во ТПУ, 2007. - 126 с. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/417636> (дата обращения: 24.09.2020). – Режим доступа: по подписке.

**в) Методические указания:**

в приложении 1

**г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:****Программное обеспечение**

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
MS Windows 7 Professional(для классов)	Д-1227-18 от 08.10.2018	11.10.2021
MS Windows 7 Professional (для классов)	Д-757-17 от 27.06.2017	27.07.2018
MS Office 2007 Professional	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно
7Zip	свободно распространяемое ПО	бессрочно
Браузер Mozilla Firefox	свободно распространяемое ПО	бессрочно
Браузер Yandex	свободно распространяемое ПО	бессрочно
Adobe Reader	свободно распространяемое ПО	бессрочно
Maple 14 Classroom License	К-113-11 от 11.04.2011	бессрочно

**Профессиональные базы данных и информационные справочные системы**

Название курса	Ссылка
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)	URL: <a href="https://elibrary.ru/project_risc.asp">https://elibrary.ru/project_risc.asp</a>
Поисковая система Академия Google (Google Scholar)	URL: <a href="https://scholar.google.ru/">https://scholar.google.ru/</a>
Электронная база периодических изданий East View Information Services, ООО «ИВИС»	<a href="https://dlib.eastview.com/">https://dlib.eastview.com/</a>
Информационная система - Единое окно доступа к информационным ресурсам	URL: <a href="http://window.edu.ru/">http://window.edu.ru/</a>

**9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа. Оснащение: доска, мультимедийный проектор, экран.

Учебные аудитории для проведения практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Оснащение: доска, мультимедийный проектор, экран.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся. Оснащение: персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и доступом в электронную образовательную среду университета.

Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования. Оснащение: шкафы для хранения учебно-методической документации, учебного оборудования и учебно-наглядных пособий.

## Приложение 1

### 6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

При выполнении домашнего задания рекомендуется следовать следующему общему алгоритму:

1. Проработать конспект лекции на предмет выявления непонятных моментов те-мы.
2. В случае наличия непонятных моментов сформулировать вопросы.
3. Найти и изучить дополнительный материал по теме, используя рекомендованную литературу и электронные ресурсы учебных пособий в сети Интернет.
4. Ответить на возникшие в ходе изучения темы вопросы.
5. Выписать трактовки основных понятий, законов, принципов и т.п. по теме лекции.
6. Из перечня вопросов к зачету выбрать те, которые отражают содержание лекции.
7. Найти ответы на эти вопросы в тексте лекций и дополнительном материале.
8. Оформить материал в письменном виде

#### *Примерные аудиторные контрольные работы (АКР):*

*АКР №1 «Упругие волны в конденсированных средах с учетом затухания».*

1. Записать волновое уравнение для акустической волны в вязкой теплоизолированной среде.
2. Вывести формулу для коэффициента затухания звука, обусловленного вязкостью и теплопроводностью среды.
3. Найти связь между коэффициентом поглощения плоской волны и толщиной половинного поглощения.

*АКР №2 «Спиновые волны в конденсированных средах. Взаимодействие спиновых и упругих волн».*

1. Вывести закон дисперсии  $\omega = \omega(k)$  для спиновых волн в одномерном ферромагнетике, используя модель, в которой учитывается взаимодействие лишь ближайших соседей. Рассмотреть случай длинных волн  $ka \ll 1$ , где  $a$  – постоянная решетки.
2. Для одномерного изотропного ферромагнетика Гейзенберга найти уединенную спиновую волну и определить энергию, необходимую для ее возбуждения.
3. В рамках изотропной модели ферромагнетизма Гейзенберга найти спектр магнонов и сравнить полученный результат с законом дисперсии спиновых волн.

*АКР №3 «Электромагнитные волны в конденсированных средах. Взаимодействие электромагнитных, спиновых и упругих волн».*

1. Оценить глубину скин-слоя для меди ( $\sigma = 5,8 \cdot 10^7 \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{м}^{-1}$ ) для излучения с частотой  $\omega = 10^{11} \text{ с}^{-1}$ .
2. Определить длину волны излучения, при которой становятся прозрачными металлы, например (а) медь, (б) натрий.
3. Определить энергию фотонов, необходимую для образования экситона в CdS ( $\varepsilon = 16$ ;  $m^* = 0,2m$ ;  $E_g = 2,53 \text{ эВ}$ ).

#### *Примерные индивидуальные домашние задания (ИДЗ):*

*ИДЗ №1 «Упругие волны в конденсированных средах с учетом затухания».*

1. Вывести формулу для скорости звука в идеальном газе.
2. Рассчитать «звуковой барьер» самолета (когда скорость его равна скорости звука) на высоте 9 км, где температура  $-70^\circ \text{ C}$ , и сравнить его со звуковым барьером при  $0^\circ \text{ C}$  на уровне моря. Зависит ли барьер от атмосферного давления.

3. Исходя из линеаризованных уравнений гидродинамики идеальной среды, вывести формулы для объемной плотности энергии и вектора плотности потока энергии звуковой волны.

**ИДЗ №2 «Спиновые волны в конденсированных средах. Взаимодействие спиновых и упругих волн».**

1. Для одномерного анизотропного ферромагнетика Гейзенберга (анизотропия типа легкой оси) найти уединенную спиновую волну и определить энергию, необходимую для ее возбуждения.

2. Найти спектр магнонов в модели Гейзенберга для одноосного ферромагнетика типа: (а) легкая плоскость, (б) легкая ось.

3. Найти спектр магнонов в модели Гейзенберга для изотропного антиферромагнетика.

**ИДЗ №3 «Электромагнитные волны в конденсированных средах. Взаимодействие электромагнитных, спиновых и упругих волн».**

1. Показать, что диэлектрическая проницаемость газа свободных электронов в переменном

электрическом поле равна  $\varepsilon(\omega) = 1 - \frac{\omega_L^2}{\omega^2}$ , где  $\omega_L$  – частота Ленгмюра. Что происходит с

электромагнитными волнами при  $\varepsilon < 0$ ?

2. Найти амплитуду электрического поля удвоенной частоты, образуемого в кристалле с нелинейной поляризуемостью при прохождении через него световой волны, амплитуда которой  $E$ , а частота  $\omega$ . Ограничиться случаем, когда волны линейно поляризованы и распространяются в одном направлении. Нелинейность считать слабой и отражением на границе кристалла пренебречь.

3. Рассматривая процесс рассеяния света прозрачным кристаллическим телом как рассеяние фотонов на фононах, показать, что свет рассеянный под углом  $\theta$ , кроме несмещенной компоненты, содержит две смещенные линии с частотами  $\omega_{1,2} = \omega \left( 1 \pm 2 \frac{v}{c} \sin \frac{\theta}{2} \right)$ , где  $\omega$  – частота падающего света,  $v$  – скорость звука,  $c$  – скорость света в данном веществе. Полагать вектор обратной решетки равным нулю.

## Приложение 2

### 7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
<b>ОПК-6 – способностью использовать знания современных проблем и новейших достижений физики в научно-исследовательской работе</b>		
Знать	<ul style="list-style-type: none"> <li>– основные принципы построения физико-математической модели, описывающей распространение упругих волн;</li> <li>– основные принципы построения физико-математической модели, описывающей спиновые волны и их взаимодействие с упругими волнами;</li> <li>– основные принципы построения физико-математической модели, описывающей распространение электромагнитных волн и их взаимодействие со спиновыми и упругими волнами;</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>Перечень теоретических вопросов к экзамену:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Волновое уравнение для упругих волн (вывод).</li> <li>2. Единицы измерения акустических параметров в различных системах единиц.</li> <li>3. Уравнение неразрывности.</li> <li>4. Уравнения движения Эйлера — Лагранжа невязкой жидкости. Граничные условия. Уравнения сохранения энергии и потока энергии.</li> <li>5. Общие свойства безвихревого движения жидкости. Безвихревое движение, вызванное диполем, присоединенная масса.</li> <li>6. Уравнения Навье — Стокса движения вязкой жидкости, отдельные точные решения.</li> <li>7. Диссипация энергии в несжимаемой вязкой жидкости.</li> </ol>
Уметь	<ul style="list-style-type: none"> <li>– применять основные методы решения задач, связанных с процессами распространения упругих волн;</li> <li>– применять основные принципы построения физико-математической модели, описывающей спиновые волны и их взаимодействие с упругими волнами;</li> <li>– применять основные методы решения задач, связанных с процессами распространения и взаимодействия электромагнитных, спиновых и упругих волн;</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Записать волновое уравнение для акустической волны в вязкой теплоизолированной среде.</li> <li>2. Атом водорода в основном состоянии находится в однородном магнитном поле <math>\mathbf{B}</math>. Вычислить напряженность магнитного поля, обусловленную прецессией электронного облака в центре атома.</li> <li>3. Оценить глубину скин-слоя для меди (<math>\sigma = 5,8 \cdot 10^7 \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{м}^{-1}</math>) для излучения с частотой <math>\omega = 10^{11} \text{ с}^{-1}</math>.</li> </ol>
Владеть	<ul style="list-style-type: none"> <li>– навыками описания распространения упругих, электромагнитных и спиновых волн в научно-</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Вывести формулу для скорости звука в идеальном газе.</li> <li>2. Для одномерного анизотропного ферромагнетика</li> </ol>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
	<p>исследовательской работе;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– навыками расчета характеристик взаимодействия волн с конденсированными средами;</li> <li>– способностью использовать базовые теоретические знания о волновых процессах в конденсированных средах для решения профессиональных задач.</li> </ul>	<p>Гейзенберга (анизотропия типа легкой оси) найти уединенную спиновую волну и определить энергию, необходимую для ее возбуждения.</p> <p>Показать, что диэлектрическая проницаемость газа свободных электронов в переменном электрическом поле равна <math>\varepsilon(\omega) = 1 - \frac{\omega_L^2}{\omega^2}</math>, где <math>\omega_L</math> – частота Ленгмюра. Что происходит с электромагнитными волнами при <math>\varepsilon &lt; 0</math>?</p>
<p><b>ПК-2 – способностью свободно владеть разделами физики, необходимыми для решения научно-инновационных задач, и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности</b></p>		
Знать	<ul style="list-style-type: none"> <li>– основные принципы и методы научного исследования с помощью современного приборного оборудования;</li> <li>– области и способы применения физических законов при изучении магнитных явлений с помощью современной приборной базы;</li> <li>– методы описания магнитных свойств твердых тел, отражающие основные тенденции развития современной физики как науки.</li> </ul>	<p><b>Перечень теоретических вопросов к экзамену:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Дифференциальная и интегральная формы записи уравнений Максвелла.</li> <li>2. Материальные уравнения. Уравнения Максвелла в магнитоэлектростатическом приближении.</li> <li>3. Условия на границе раздела сред для акустических волн.</li> <li>4. Вывод волнового уравнения для электромагнитных волн из системы уравнений Максвелла.</li> <li>5. Условия на границе раздела сред для электромагнитных волн.</li> </ol>
Уметь	<ul style="list-style-type: none"> <li>– применять основные положения теории магнитных свойств тел для анализа проблем современной физики;</li> <li>– пользоваться методами исследования структуры твердого тела для анализа проблем современной физики с помощью современной приборной базы.</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Вывести формулу для коэффициента затухания звука, обусловленного вязкостью и теплопроводностью среды.</li> <li>2. Для одномерного изотропного ферромагнетика Гейзенберга найти уединенную спиновую волну и определить энергию, необходимую для ее возбуждения.</li> <li>3. Определить длину волны излучения, при которой становятся прозрачными металлы, например (а) медь, (б) натрий.</li> </ol>
Владеть	<ul style="list-style-type: none"> <li>– способностью использовать полученные знания для изучения профильных дисциплин;</li> <li>– системным представлением о</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Рассчитать «звуковой барьер» самолета (когда скорость его равна скорости звука) на высоте 9 км, где температура <math>-70^\circ \text{C}</math>, и сравнить его со звуковым барьером при <math>0^\circ \text{C}</math> на уровне моря. Зависит ли барьер</li> </ol>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
	<p>динамике развития избранной области; научной и профессиональной деятельности;</p> <p>– современной научной картиной мира.</p>	<p>от атмосферного давления.</p> <p>2. Найти спектр магнонов в модели Гейзенберга для одноосного ферромагнетика типа: (а) легкая плоскость, (б) легкая ось.</p> <p>3. Найти амплитуду электрического поля удвоенной частоты, образуемого в кристалле с нелинейной поляризуемостью при прохождении через него световой волны, амплитуда которой <math>E</math>, а частота <math>\omega</math>. Ограничиться случаем, когда волны линейно поляризованы и распространяются в одном направлении. Нелинейность считать слабой и отражением на границе кристалла пренебречь.</p>
<p><b>ПК-6 – способностью методически грамотно строить планы лекционных и практических занятий по разделам учебных дисциплин и публично излагать теоретические и практические разделы учебных дисциплин в соответствии с утвержденными учебно-методическими пособиями при реализации программ бакалавриата в области физики</b></p>		
Знать	<p>– основные педагогические методы и приёмы, применяемые в средних, средне-специальных и высших учебных заведениях.</p>	<p><b>Перечень теоретических вопросов к экзамену</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Квантовая природа магнетизма. Спин и спиновый магнитный момент электрона. Магнетон Бора. Орбитальный механический и магнитный моменты электрона. Магнитомеханическое отношение и фактор Ланде.</li> <li>2. Обменное взаимодействие. Энергия обменного взаимодействия и критическая температура. Ферромагнетизм, антиферромагнетизм и ферримагнетизм.</li> <li>3. Спиновые волны. Уравнение Ландау-Лившица.</li> <li>4. Сущность явления магнитострикции. Общие соотношения для изотропной линейной магнитострикции. Магнитоупругие волны.</li> <li>5. Поверхностные волны. Поверхностные гравитационные волны в жидкости конечной глубины.</li> <li>6. Поверхностные гравитационные волны в бесконечно глубокой жидкости.</li> <li>7. Задача об установившихся волнах, условие излучения.</li> <li>8. Перенос вещества волнами.</li> </ol>
Уметь	<p>– применять основные педагогические методы и приёмы, в средних, средне-специальных и высших учебных заведениях с учетом их специфики;</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Найти связь между коэффициентом поглощения плоской волны и толщиной половинного поглощения.</li> <li>2. В рамках изотропной модели ферромагнетизма Гейзенберга найти спектр магнонов и сравнить полученный результат с законом дисперсии спиновых</li> </ol>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>волн.</p> <p>Определить энергию фотонов, необходимую для образования экситона в CdS (<math>\varepsilon = 16</math>; <math>m^* = 0,2m</math>; <math>E_g = 2,53</math> эВ).</p>
Владеть	<p>– навыками проведения лекционных и практических занятий с учетом специфики контингента учащихся, учебного заведения и преподаваемой дисциплины.</p>	<p>1. Исходя из линеаризованных уравнений гидродинамики идеальной среды, вывести формулы для объемной плотности энергии и вектора плотности потока энергии звуковой волны.</p> <p>2. Найти спектр магнонов в модели Гейзенберга для изотропного антиферромагнетика.</p> <p>3. Рассматривая процесс рассеяния света прозрачным кристаллическим телом как рассеяние фотонов на фонах, показать, что свет рассеянный под углом <math>\theta</math>, кроме несмещенной компоненты, содержит две смещенные линии с частотами</p> $\omega_{1,2} = \omega \left( 1 \pm 2 \frac{v}{c} \sin \frac{\theta}{2} \right),$ <p>где <math>\omega</math> – частота падающего света, <math>v</math> – скорость звука, <math>c</math> – скорость света в данном веществе. Полагать вектор обратной решетки равным нулю.</p>

#### б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания:

Промежуточная аттестация по дисциплине «Волновые процессы в конденсированных средах» включает теоретический вопрос, позволяющий оценить уровень усвоения обучающимися знаний. Ответ на задаваемый вопрос формулируется в билетах (по одному вопросу в каждом) и проводится в устной форме. Для получения экзамена нужно показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, интеллектуальные навыки решения простых задач. Необходимым условием является также высокая посещаемость занятий и выполнение всех индивидуальных домашних заданий.

#### Перечень теоретических вопросов к экзамену:

1. Волновое уравнение для упругих волн (вывод).
2. Единицы измерения акустических параметров в различных системах единиц.
3. Уравнение неразрывности.
4. Уравнения движения Эйлера — Лагранжа невязкой жидкости. Граничные условия. Уравнения сохранения энергии и потока энергии.
5. Общие свойства безвихревого движения жидкости. Безвихревое движение, вызванное диполем, присоединенная масса.
6. Уравнения Навье — Стокса движения вязкой жидкости, отдельные точные решения.
7. Диссипация энергии в несжимаемой вязкой жидкости.
8. Дифференциальная и интегральная формы записи уравнений Максвелла.

9. Материальные уравнения. Уравнения Максвелла в магнитоэлектростатическом приближении.
10. Условия на границе раздела сред для акустических волн.
11. Вывод волнового уравнения для электромагнитных волн из системы уравнений Максвелла.
12. Условия на границе раздела сред для электромагнитных волн.
13. Квантовая природа магнетизма. Спин и спиновый магнитный момент электрона. Магнетон Бора. Орбитальный механический и магнитный моменты электрона. Магнитомеханическое отношение и фактор Ланде.
14. Обменное взаимодействие. Энергия обменного взаимодействия и критическая температура. Ферромагнетизм, антиферромагнетизм и ферримагнетизм.
15. Спиновые волны. Уравнение Ландау-Лившица.
16. Сущность явления магнитострикции. Общие соотношения для изотропной линейной магнитострикции. Магнитоупругие волны.
17. Поверхностные волны. Поверхностные гравитационные волны в жидкости конечной глубины.
18. Поверхностные гравитационные волны в бесконечно глубокой жидкости.
19. Задача об установившихся волнах, условие излучения.
20. Перенос вещества волнами.

***Критерии оценки (в соответствии с формируемыми компетенциями и планируемыми результатами обучения):***

– на оценку **«отлично»** – студент должен показать высокий уровень знаний не только на уровне воспроизведения и объяснения информации, но и интеллектуальные навыки решения проблем и задач, нахождения уникальных ответов к проблемам, оценки и вынесения критических суждений;

– на оценку **«хорошо»** – студент должен показать знания не только на уровне воспроизведения и объяснения информации, но и интеллектуальные навыки решения проблем и задач, нахождения уникальных ответов к проблемам;

– на оценку **«удовлетворительно»** – студент должен показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, интеллектуальные навыки решения простых задач;

– на оценку **«неудовлетворительно»** – студент не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.