

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

**Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования "Пермский
государственный национальный исследовательский
университет"**

Кафедра физики фазовых переходов

Авторы-составители: **Ильин Владимир Алексеевич**

Рабочая программа дисциплины

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ МЕТОДЫ В ФИЗИКЕ ТВЕРДОГО ТЕЛА

Код УМК 62196

Утверждено
Протокол №11
от «07» июня 2021 г.

Пермь, 2021

1. Наименование дисциплины

Вычислительные методы в физике твердого тела

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина входит в вариативную часть Блока « Б.1 » образовательной программы по направлениям подготовки (специальностям):

Направление: **03.03.01** Прикладные математика и физика
направленность Программа широкого профиля

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

В результате освоения дисциплины **Вычислительные методы в физике твердого тела** у обучающегося должны быть сформированы следующие компетенции:

03.03.01 Прикладные математика и физика (направленность : Программа широкого профиля)

ПК.3 Способен выбирать и применять подходящие методы исследований и инструменты для решения задач в избранной предметной области

Индикаторы

ПК.3.2 Использует современные языки программирования и программные пакеты

4. Объем и содержание дисциплины

Направления подготовки	03.03.01 Прикладные математика и физика (направленность: Программа широкого профиля)
форма обучения	очная
№№ триместров, выделенных для изучения дисциплины	8
Объем дисциплины (з.е.)	3
Объем дисциплины (ак.час.)	108
Контактная работа с преподавателем (ак.час.), в том числе:	42
Проведение лекционных занятий	14
Проведение лабораторных работ, занятий по иностранному языку	28
Самостоятельная работа (ак.час.)	66
Формы текущего контроля	Входное тестирование (1) Защищаемое контрольное мероприятие (5) Итоговое контрольное мероприятие (1)
Формы промежуточной аттестации	Зачет (8 триместр)

5. Аннотированное описание содержания разделов и тем дисциплины

Вычислительные методы в физике твердого тела. Первый семестр

Введение

Проведение входного контроля. Краткое напоминание основных численных методов. Численное дифференцирование, интегрирование, нахождение корней уравнений, методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений.

1. Колебания в решётках

Линейные колебания одномерной решётки.

Вывод уравнений движения безграничной одномерной решётки, состоящей из двух сортов чередующихся частиц. Решение этих уравнений для случая, когда взаимодействуют только соседние частицы. Свойства колебаний решётки. Составление программы нахождения корней нелинейного уравнения методом секущих. Расчёт дисперсионных соотношений колебаний решётки для разных значений отношений масс частиц. Случай решётки из одинаковых частиц с взаимодействием со всеми соседними частицами. Расчёт и анализ дисперсионных соотношений для разного числа соседей.

Нелинейные колебания одномерной решётки.

Моделирование теплоёмкости твердых тел. Характеристики колебаний решётки. Проблема Улама-Пааста-Ферми. Метод Рунге-Кутты-Мерсона для решения одного, двух и системы n дифференциальных уравнений. Составление программы интегрирования системы дифференциальных уравнений методом Рунге-Кутты-Мерсона. Расчёт динамики решётки. Определение времени, через которое начальная энергия вернётся в основную моду.

Моделирование солитонных решений.

Решение Крускала и Забуски. Солитоны. Метод конечных разностей. Составление программы решения уравнения Кордевега – де Фриза методом конечных разностей. Расчёт динамики солитонных решений при разных значениях параметров.

2. Решёточные суммы

Постоянная Маделунга.

Основные методы нахождения решёточных сумм. Ионные кристаллы. Метод Эвальда. Вывод формулы для вычисления постоянной Маделунга.

Вычисление постоянной Маделунга для решёток CsCl и NaCl.

Постановка задачи. Составление программы вычисления определённых интегралов по формуле Симпсона. Составление программы вычисления постоянной Маделунга для кристаллических решёток NaCl и CsCl.

3. Методы расчета энергетической зонной структуры

Модель Кронига и Пенни.

Поведение электронного газа в периодическом потенциале. Модель Кронига и Пенни. Разрешённые и запрещённые энергетические уровни. Постановка задачи. Составление программы вычисления границ энергетических зон методом секущих и вычисления эффективной массы электрона на этих границах с использованием разложения энергии в ряд Тейлора около границ. Определение зависимости энергии электрона от волнового числа свободного электрона и от волнового числа электрона, находящегося во внешнем периодическом поле. Вычисление эффективной массы электрона на границах с использованием метода конечных разностей. Сравнение результатов, полученных обоими способами.

Метод ячеек.

Расчет эффективной массы электрона в основном энергетическом состоянии в валентной зоне натрия методом ячеек. Ячейка Вигнера-Зейтца. Ячеечное граничное условие. Метод разложения в ряды.

6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Освоение дисциплины требует систематического изучения всех тем в той последовательности, в какой они указаны в рабочей программе.

Основными видами учебной работы являются аудиторские занятия. Их цель - расширить базовые знания обучающихся по осваиваемой дисциплине и систему теоретических ориентиров для последующего более глубокого освоения программного материала в ходе самостоятельной работы. Обучающемуся важно помнить, что контактная работа с преподавателем эффективно помогает ему овладеть программным материалом благодаря расстановке необходимых акцентов и удержанию внимания интонационными модуляциями голоса, а также подключением аудио-визуального механизма восприятия информации.

Самостоятельная работа преследует следующие цели:

- закрепление и совершенствование теоретических знаний, полученных на лекционных занятиях;
- формирование навыков подготовки текстовой составляющей информации учебного и научного назначения для размещения в различных информационных системах;
- совершенствование навыков поиска научных публикаций и образовательных ресурсов, размещенных в сети Интернет;
- самоконтроль освоения программного материала.

Обучающемуся необходимо помнить, что результаты самостоятельной работы контролируются преподавателем во время проведения мероприятий текущего контроля и учитываются при промежуточной аттестации.

Обучающимся с ОВЗ и инвалидов предоставляется возможность выбора форм проведения мероприятий текущего контроля, альтернативных формам, предусмотренным рабочей программой дисциплины. Предусматривается возможность увеличения в пределах 1 академического часа времени, отводимого на выполнение контрольных мероприятий.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

При проведении текущего контроля применяются оценочные средства, обеспечивающие передачу информации, от обучающегося к преподавателю, с учетом психофизиологических особенностей здоровья обучающихся.

7. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

При самостоятельной работе обучающимся следует использовать:

- конспекты лекций;
- литературу из перечня основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля);
- текст лекций на электронных носителях;
- ресурсы информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимые для освоения дисциплины;
- лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение из перечня информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине;
- методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная:

1. Матухин, В. Л. Физика твердого тела : учебное пособие / В. Л. Матухин, В. Л. Ермаков. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 224 с. — ISBN 978-5-8114-0923-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. <https://elis.psu.ru/node/470283>
2. Численные методы : учебно-методический комплекс / составители Л. Х. Жунусова, С. А. Омарова, А. Ж. Абишева. — Алматы : Нур-Принт, Казахский национальный педагогический университет имени Абая, 2012. — 84 с. — ISBN 9965-756-20-1. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/67176.html>
3. Смородин Б. Л. Компьютерные методы в физике конденсированного состояния:учебно-методическое пособие/Б. Л. Смородин.-Пермь,2007, ISBN 5-7944-0962-2.-106.-Библиогр.: с. 102-103
4. Лобов Н. И.,Любимов Д. В.,Любимова Т. П. Решение задач на ЭВМ:учебно-методическое пособие/Н. И. Лобов, Д. В. Любимов, Т. П. Любимова.-Пермь,2012, ISBN 978-5-7944-1890-3.-1.
<http://www.campus.psu.ru/library/node/19447>

Дополнительная:

1. Ландау Л. Д.Теоретическая физика.учебное пособие для студентов физических специальностей университетов : в 10 т. Т. 10.Физическая кинетика/Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц ; ред. Л. П. Питаевский.- Москва:ФИЗМАТЛИТ,2002, ISBN 5-9221-0125-0.-536
2. Прудников, В. В. Квантово-статистическая теория твердых тел : учебное пособие для вузов / В. В. Прудников, П. В. Прудников, М. В. Мамонова. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 448 с. — ISBN 978-5-8114-7956-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. <https://elis.psu.ru/node/470450>
3. Численные методы в информационных системах : учебное пособие / Ю. Ю. Громов, О. Г. Иванова, М. А. Ивановский [и др.]. — Тамбов : Тамбовский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2012. — 135 с. — ISBN 2227-8397. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/64618.html>

9. Перечень ресурсов сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины

<http://www.psu.ru/elektronnye-resursy-dlya-psu> Электронные ресурсы для ПГНИУ

<https://sfiz.ru> Физический информационный портал

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Образовательный процесс по дисциплине **Вычислительные методы в физике твердого тела** предполагает использование следующего программного обеспечения и информационных справочных систем:

- доступ в режиме on-line в Электронную библиотечную систему (ЭБС)
- доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.
- Интернет-сервисы и электронные ресурсы (поисковые системы, электронная почта и т.д.)

Перечень необходимого лицензионного и (или) свободно распространяемого программного обеспечения:

- приложение, позволяющее просматривать PDF-файлы
- офисный пакет приложений «LibreOffice».
- интегрированная среда разработки C, C++, Fortran: Code::Blocks

При освоении материала и выполнения заданий по дисциплине рекомендуется использование материалов, размещенных в Личных кабинетах обучающихся ЕТИС ПГНИУ (student.psu.ru).

При организации дистанционной работы и проведении занятий в режиме онлайн могут использоваться:

система видеоконференцсвязи на основе платформы BigBlueButton (<https://bigbluebutton.org/>).

система LMS Moodle (<http://e-learn.psu.ru/>), которая поддерживает возможность использования текстовых материалов и презентаций, аудио- и видеоконтент, а так же тесты, проверяемые задания, задания для совместной работы.

система тестирования Indigo (<https://indigotech.ru/>).

11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Для лекционных и практических занятий требуется аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

Для лабораторных занятий и проведения текущего контроля требуется компьютерный класс, оснащенный персональными ЭВМ и соответствующим программным обеспечением. Состав оборудования определен в Паспорте компьютерного класса.

Для групповых (индивидуальных) консультаций требуется аудитория, оснащенная меловой (и) или маркерной доской.

Для проведения текущего контроля требуется аудитория, оснащенная меловой (и) или маркерной доской.

Для самостоятельной работы студентов требуется аудитория, оснащенная компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», с обеспеченным доступом в электронную

информационно-образовательную среду университета. Помещения Научной библиотеки ПГНИУ.

Помещения научной библиотеки ПГНИУ для обеспечения самостоятельной работы обучающихся:

1. Научно-библиографический отдел, корп.1, ауд. 142. Оборудован 3 персональными компьютера с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

2. Читальный зал гуманитарной литературы, корп. 2, ауд. 418. Оборудован 7 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

3. Читальный зал естественной литературы, корп.6, ауд. 107а. Оборудован 5 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

4. Отдел иностранной литературы, корп.2 ауд. 207. Оборудован 1 персональным компьютером с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

5. Библиотека юридического факультета, корп.9, ауд. 4. Оборудована 11 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

6. Читальный зал географического факультета, корп.8, ауд. 419. Оборудован 6 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

Все компьютеры, установленные в помещениях научной библиотеки, оснащены следующим программным обеспечением:

Операционная система ALT Linux;

Офисный пакет Libreoffice.

Справочно-правовая система «КонсультантПлюс»

**Фонды оценочных средств для аттестации по дисциплине
Вычислительные методы в физике твердого тела**

**Планируемые результаты обучения по дисциплине для формирования компетенции.
Индикаторы и критерии их оценивания**

ПК.3

Способен выбирать и применять подходящие методы исследований и инструменты для решения задач в избранной предметной области

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p>ПК.3.2 Использует современные языки программирования и программные пакеты</p>	<p>Знать: основные алгоритмы вычислительных методов, используемых в физике твердого тела. Уметь: применять численные методы при решении задач по физике твердого тела. Владеть: аппаратом вычислительной математики, необходимом при решении физических задач.</p>	<p align="center">Неудовлетворител</p> <p>Не знает основ дисциплины. Не умеет применять численные методы. Не владеет аппаратом вычислительной математики.</p> <p align="center">Удовлетворительн</p> <p>Демонстрирует частично сформированное знание основных алгоритмов вычислительных методов, используемых в физике твердого тела. Демонстрирует частично сформированное умение применять численные методы при решении задач по физике твердого тела. Демонстрирует частично сформированное владение аппаратом вычислительной математики, необходимом при решении физических задач.</p> <p align="center">Хорошо</p> <p>Демонстрирует сформированное, но содержащее отдельные пробелы знание основных алгоритмов вычислительных методов, используемых в физике твердого тела. Демонстрирует сформированное, но содержащее отдельные пробелы умение применять численные методы при решении задач по физике твердого тела. Демонстрирует сформированное, но содержащее отдельные пробелы владение аппаратом вычислительной математики, необходимом при решении физических задач.</p> <p align="center">Отлично</p> <p>Знает основные алгоритмы вычислительных методов, используемых в физике твердого тела.</p>

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p style="text-align: center;">Отлично</p> <p>Умеет применять численные методы при решении задач по физике твёрдого тела. Владеет аппаратом вычислительной математики, необходимом при решении физических задач.</p>

Оценочные средства текущего контроля и промежуточной аттестации

Схема доставки : СУОС 2020

Вид мероприятия промежуточной аттестации : Зачет

Способ проведения мероприятия промежуточной аттестации : Оценка по дисциплине в рамках промежуточной аттестации определяется на основе баллов, набранных обучающимся на контрольных мероприятиях, проводимых в течение учебного периода.

Максимальное количество баллов : 100

Конвертация баллов в отметки

«отлично» - от 81 до 100

«хорошо» - от 61 до 80

«удовлетворительно» - от 49 до 60

«неудовлетворительно» / «незачтено» менее 49 балла

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
Входной контроль	Введение Входное тестирование	Знание методов численного дифференцирования, интегрирования и поиска корней уравнений. Умение раскладывать функцию в ряд Тейлора; находить аппроксимации производных, интеграла; находить формулы для нахождения корней уравнений.
ПК.3.2 Использует современные языки программирования и программные пакеты	Линейные колебания одномерной решётки. Защищаемое контрольное мероприятие	Умение программировать нахождение корней нелинейного уравнения методом секущих. Анализ дисперсионных соотношений колебаний решётки для разных значений отношений масс частиц. Расчёт и анализ дисперсионных соотношений для разного числа соседей, с которыми происходит взаимодействие. Умение объяснять содержание программ. Умение отвечать на дополнительные вопросы.

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
<p>ПК.3.2 Использует современные языки программирования и программные пакеты</p>	<p>Нелинейные колебания одномерной решётки. Защищаемое контрольное мероприятие</p>	<p>Умение программировать решение дифференциальных уравнений первого, второго и n-го порядка. Анализ динамики кристаллической решётки по полученной серии зависимостей профиля стоячей волны от координаты в разные моменты времени. Определение времени, через которое начальная энергия вернётся в основную моду. Умение объяснять содержание программ. Умение отвечать на дополнительные вопросы.</p>
<p>ПК.3.2 Использует современные языки программирования и программные пакеты</p>	<p>Моделирование солитонных решений. Защищаемое контрольное мероприятие</p>	<p>Умение программировать уравнение Кордевега – де Фриза методом конечных разностей. Знание о том, что такое солитоны. Расчёт и анализ динамики солитонных решений при разных значениях параметров. Умение объяснять содержание программ. Умение отвечать на дополнительные вопросы.</p>
<p>ПК.3.2 Использует современные языки программирования и программные пакеты</p>	<p>Вычисление постоянной Маделунга для решёток CsCl и NaCl. Защищаемое контрольное мероприятие</p>	<p>Умение программировать решение интегралов, использовать метод Эвальда, вычислять решёточные суммы. Знание особенностей объемноцентрированной и гранецентрированной кубических кристаллических решёток. Анализ полученных значений постоянной Маделунга для NaCl и CsCl. Умение объяснять содержание программ. Умение отвечать на дополнительные вопросы.</p>
<p>ПК.3.2 Использует современные языки программирования и программные пакеты</p>	<p>Модель Кронига и Пенни. Защищаемое контрольное мероприятие</p>	<p>Умение программировать и анализировать энергетическую зонную структуру (зависимость энергии электрона от волнового числа); вычислять значения эффективной массы электрона на границах энергетических зон. Умение объяснять содержание программ. Умение отвечать на дополнительные вопросы.</p>

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
ПК.3.2 Использует современные языки программирования и программные пакеты	Метод ячеек. Итоговое контрольное мероприятие	Знание определений, формул, методов, алгоритмов по вычислительным методам в физике твердого тела. Представление о решёточных суммах, методе Эвальда, модели Кронига и Пенни, методе ячеек. Умение вычислять постоянную Маделунга для кристаллических решёток NaCl и CsCl. Знание о поведении электронного газа в периодическом потенциале. Умение анализировать зонную структуру на основе модели Кронига – Пенни.

Спецификация мероприятий текущего контроля

Введение

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **.5 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **0**

Проходной балл: **0**

Показатели оценивания	Баллы
Контроль содержит 6 заданий. Правильное выполнение каждого задания оценивается в 1 балл.	6

Линейные колебания одномерной решётки.

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **10**

Проходной балл: **5**

Показатели оценивания	Баллы
Верно написана, протестирована программа и получены результаты для задачи №1. Объяснено содержание программы. Верно написана, протестирована программа и получены результаты для задачи №2. Объяснено содержание программы.	10
Верно написана, протестирована программа и получены результаты для задачи №1. Объяснено содержание программы. Верно написана, протестирована программа и получены результаты для задачи №2.	8
Верно написана, протестирована программа и получены результаты для задачи №1. Объяснено содержание программы.	5
Верно написана, протестирована программа и получены результаты для задачи №1.	3

Нелинейные колебания одномерной решётки.

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **20**

Проходной балл: **9**

Показатели оценивания	Баллы
Верно написана, протестирована программа и получены результаты для задачи №1 (для решения 1 дифференциального уравнения). Объяснено содержание программы. Верно написана, протестирована программа и получены результаты для задачи №2 (для решения системы двух дифференциальных уравнений). Объяснено содержание программы. Верно написана, протестирована программа и получены результаты для задачи №3 (для решения системы n дифференциальных уравнений). Объяснено содержание программы. Определено время, когда энергия вернётся в первую моду.	20
Верно написана, протестирована программа и получены результаты для задачи №1 (для решения 1 дифференциального уравнения). Объяснено содержание программы. Верно написана, протестирована программа и получены результаты для задачи №2 (для решения системы двух дифференциальных уравнений). Объяснено содержание программы. Верно написана, протестирована программа и получены результаты для задачи №3 (для решения системы n дифференциальных уравнений). Объяснено содержание программы.	17
Верно написана, протестирована программа и получены результаты для задачи №1 (для решения 1 дифференциального уравнения). Объяснено содержание программы. Верно написана, протестирована программа и получены результаты для задачи №2 (для решения системы двух дифференциальных уравнений). Объяснено содержание программы. Верно написана, протестирована программа и получены результаты для задачи №3 (для решения системы n дифференциальных уравнений).	13
Верно написана, протестирована программа и получены результаты для задачи №1 (для решения 1 дифференциального уравнения). Объяснено содержание программы. Верно написана, протестирована программа и получены результаты для задачи №2 (для решения системы двух дифференциальных уравнений). Объяснено содержание программы.	9
Верно написана, протестирована программа и получены результаты для задачи №1 (для решения 1 дифференциального уравнения). Объяснено содержание программы. Верно написана, протестирована программа и получены результаты для задачи №2 (для решения системы двух дифференциальных уравнений).	7
Верно написана, протестирована программа и получены результаты для задачи №1 (для решения 1 дифференциального уравнения). Объяснено содержание программы.	4
Верно написана, протестирована программа и получены результаты для задачи №1 (для решения 1 дифференциального уравнения).	2

Моделирование солитонных решений.

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **10**

Проходной балл: **5**

Показатели оценивания	Баллы
Верно написана, протестирована программа и получены результаты для задачи. Объяснено содержание программы. Построена серия графиков зависимостей профиля волны от координаты. Получены ответы на дополнительные вопросы.	10
Верно написана, протестирована программа и получены результаты для задачи. Объяснено содержание программы. Построена серия графиков зависимостей профиля волны от координаты.	8
Верно написана, протестирована программа и получены результаты для задачи. Объяснено содержание программы.	5
Верно написана, протестирована программа и получены результаты для задачи	3

Вычисление постоянной Маделунга для решёток CsCl и NaCl.

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **10**

Проходной балл: **5**

Показатели оценивания	Баллы
Верно написана вспомогательная программа для вычисления интегралов. Верно написана, протестирована программа и получены результаты для задачи. Объяснено содержание программы. Получены ответы на дополнительные вопросы.	10
Верно написана вспомогательная программа для вычисления интегралов. Верно написана, протестирована программа и получены результаты для задачи. Объяснено содержание программы.	8
Верно написана вспомогательная программа для вычисления интегралов. Верно написана, протестирована программа и получены результаты для задачи.	5
Верно написана вспомогательная программа для вычисления интегралов.	2

Модель Кронига и Пенни.

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **10**

Проходной балл: **5**

Показатели оценивания	Баллы
Верно написана, протестирована программа и получены результаты для задачи. Построены графики зависимости энергии от волнового вектора. Объяснено содержание программы. Получены ответы на дополнительные вопросы.	10
Верно написана, протестирована программа и получены результаты для задачи. Построены графики зависимости энергии от волнового вектора. Объяснено содержание программы.	8
Верно написана, протестирована программа и получены результаты для задачи. Построены графики зависимости энергии от волнового вектора.	5
Верно написана, протестирована программа и получены результаты для задачи.	2

Метод ячеек.

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **40**

Проходной балл: **20**

Показатели оценивания	Баллы
Контроль содержит 2 задачи. Правильное выполнение каждой задачи оценивается в 10 баллов. Если решение содержит незначительные ошибки – 5 баллов.	20
Контроль содержит 1 теоретический вопрос. Правильное изложение теории оценивается в 10 баллов. Если в изложении содержатся незначительные ошибки – 5 баллов. Содержащиеся в изложении все нужные формулы и выкладки оцениваются в 10 баллов. Если в них содержатся незначительные ошибки – 5 баллов.	20