

**федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

Кафедра высшей математики и физики

Фонд оценочных средств дисциплины

Б1.О.05 Современные проблемы физики

Основная профессиональная образовательная программа
высшего образования по направлению подготовки
(сетевая форма реализации)

03.04.01 Прикладные математика и физика

Направленность (профиль):
«Физические исследования инновационных материалов»

Уровень
Магистратура

Форма обучения
Очная

**Рассмотрено и утверждено на заседании кафедры
08.09.2022, протокол № 2**

Зав. кафедрой  Зайцева И.В.

Авторы-разработчики:
д.т.н., Дьяченко Н.В.,
к.т.н., Зубакин И.А.

1. Паспорт Фонда оценочных средств по дисциплине
«Современные проблемы физики»

Таблица 1. Перечень оценочных средств текущего контроля

№ п/п	Раздел / тема дисциплины	Формируемые компетенции	Наименование средств текущего контроля
1	Физика открытых систем. Основные понятия синергетики.	ОПК-1.1; ОПК-3.2; ОПК-4.1	Выполнение практической работы 1
2	Актуальные вопросы физики конденсированных сред.	ОПК-1.1; ОПК-3.2; ОПК-4.1	Выполнение практической работы 2
	Текущий контроль успеваемости (ТКУ)	ОПК-1.1; ОПК-3.2; ОПК-4.1	Тестирование
3	Полупроводники. Физические основы формирования наноструктур.	ОПК-1.1; ОПК-3.2; ОПК-4.1	Выполнение практической работы 3
4	Свойства возбужденных атомов. Кластеры. Фуллерены.	ОПК-1.1; ОПК-3.2; ОПК-4.1	Выполнение практической работы 4
5	Строение и динамика молекул	ОПК-1.1; ОПК-3.2; ОПК-4.1	Выполнение практической работы 5
Форма промежуточной аттестации: зачет с оценкой			

2. Перечень компетенций, с указанием этапов их формирования в процессе освоения дисциплины

Таблица 2. Перечень компетенций, формируемых в процессе освоения дисциплины

Формируемые компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций	Виды оценочных средств
ОПК-1. Способен применять фундаментальные и прикладные знания в области физико-математических и (или) естественных наук для решения профессиональных задач, в том числе в	Знать: – основы физики строения вещества; физики сильнонеравновесных систем; – основные экспериментальные методы исследования свойств физических систем Уметь: – использовать ранее приобретенные знания для получения новых знаний о свойствах природных и искусственных систем	Тестирование: Тестовые задания
		Тестирование: Тестовые задания

Формируемые компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций	Виды оценочных средств
сфере педагогической деятельности ОПК-1.1. Работает с объектами научного исследования, используя фундаментальные и прикладные знания в физике и математике	Владеть: – способностью к анализу принципиальных изменений, происходящих в структуре элементарных и сложных систем.	Тестирование: Тестовые задания
ОПК-3. Способен в рамках своей профессиональной деятельности анализировать, выявлять, формализовать и находить решения фундаментальных и прикладных научно-технических и инновационных задач	Знать: – физические основы строения и свойств твердого тела, процессы, протекающие в твердых телах и законы их описывающие. Уметь: – выделять составляющие сложных систем.	Тестирование: Тестовые задания
ОПК-3.2. Выявляет возможности инноваций и находит решения инновационных задач в сфере выбранного научно-исследовательского направления	Владеть: методами анализа и фундаментальными знаниями.	Тестирование: Тестовые задания
ОПК-4. Способен выбирать цели своей профессиональной деятельности и пути их достижения,	Знать: –современное состояние вычислительных технологий и их применение в физике.	Тестирование: Тестовые задания

Формируемые компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций	Виды оценочных средств
осуществлять научный, технический, технологический и инновационный поиск, прогнозировать научные, производственные, технологические и социально-экономические последствия ОПК-4.1 Выбирает цели и пути их достижения в научно-технологическом и научном поиске в направлении своей профессиональной деятельности	Уметь: – проводить анализ и интерпретировать результаты моделирования.	Тестирование: Тестовые задания
	Владеть: программными средствами анализа, интерпретации и визуализации результатов	Тестирование: Тестовые задания

3. Балльно-рейтинговая система оценивания

Таблица 3. Распределение баллов по видам учебной работы

Вид учебной работы, за которую ставятся баллы	Баллы
Текущий контроль успеваемости	0-100
Промежуточная аттестация	0-30
ИТОГО	0-100

Таблица 3.1. Распределение баллов по текущему контролю

№	Вид работ	Min	Max
1. Обязательная часть			
1.1	Текущий контроль успеваемости по проверке сформированности остаточных знаний:		
1.1.1	Текущий контроль успеваемости (ТКУ)	0	10
1.2	Выполнение практических работ:		
1.1.1	Практическая работа 1. Физика открытых систем. Основные понятия синергетики.	4	6
1.1.2	Практическая работа 2. Актуальные вопросы физики конденсированных сред.	4	6
1.1.3	Практическая работа 3. Полупроводники. Физические основы формирования наноструктур.	4	6
1.1.4	Практическая работа 4. Свойства возбужденных атомов. Кластеры. Фуллерены.	4	6
1.1.5	Практическая работа 5.	4	6

	Строение и динамика молекул		
	Итого баллов по обязательной части	20	40
2.	Вариативная часть		
2.1	Реферат «Современные проблемы физики»	1	5
2.2	Участие в НИРС	10	25
2.3	Участник клуба МиФ	1	10
2.4	Участие в олимпиаде (физика, математика)	5	10
2.4.1	участие	5	5
2.4.2	призер	10	10
2.5	Публикация в индексируемом журнале (совместно с преподавателем)	10	10
2.6	Акселерационная программа/ проект Росмолодежи	20	40
2.6.1	участие	20	20
2.6.2	грант	40	40
	Промежуточная аттестация по дисциплине	0	30
	Итого баллов по вариативной части	40	60
	Итого баллов по дисциплине		100

Таблица 3.2. Конвертация баллов в итоговую оценку

Оценка	Баллы
Зачтено (отлично)	85-100
Зачтено (хорошо)	64-84
Зачтено (удовлетворительно)	40-63
Не зачтено (неудовлетворительно)	0-39

4. Содержание оценочных средств текущего контроля. Критерии оценивания

Перечень учебно-методического и информационного обеспечения самостоятельной работы обучающихся по дисциплине, в том числе по подготовке к текущему контролю и промежуточной аттестации представлены в рабочих программах и методических рекомендациях для обучающихся по освоению дисциплины.

Перечень тестовых заданий, методика выполнения и критерии оценивания по темам дисциплины:

Практическая работа 1.

Физика открытых систем. Основные понятия синергетики.

1. Цель работы

Главная цель: Изучить основные принципы и понятия синергетики как науки о самоорганизации в открытых системах, исследовать процессы возникновения порядка из хаоса и выявить общие закономерности в различных сложных системах.

Конкретные задачи:

1. Изучить основные понятия и принципы синергетики.
2. Исследовать свойства открытых систем и их отличие от закрытых.
3. Освоить понятия бифуркации, флуктуации, параметров порядка.
4. Изучить примеры самоорганизации в физических, химических и биологических системах.
5. Проанализировать процессы перехода от хаоса к порядку и обратно.

2. Ход работы

Этап 1. Теоретическое изучение основных понятий

- Изучить определение открытой системы и ее свойства.

- Освоить понятия самоорганизации, диссипативных структур.
- Изучить принципы нелинейности, кооперативности, бифуркаций.
- Освоить понятия параметров порядка, флуктуаций, аттракторов.

Этап 2. Анализ примеров самоорганизации в природе

- Исследовать ячейки Бенара в гидродинамике.
- Изучить химические часы Белоусова-Жаботинского.
- Проанализировать процессы морфогенеза в биологии.
- Исследовать примеры в лазерной физике и других областях.

Этап 3. Математическое моделирование простых систем

- Построить фазовые портреты динамических систем.
- Исследовать поведение системы вблизи точек бифуркации.
- Проанализировать зависимость поведения системы от управляющих параметров.
- Изучить переходы между различными аттракторами.

Этап 4. Сравнительный анализ различных систем

- Выявить общие закономерности в разных типах систем.
- Проанализировать роль флуктуаций в процессах самоорганизации.
- Исследовать масштабные инварианты в сложных системах.
- Сравнить детерминистическое и стохастическое поведение.

3. Отчетность

Отчет должен содержать:

1. Титульный лист
2. Цель работы
3. Теоретическая часть:
 - Основные понятия синергетики
 - Свойства открытых систем
 - Принципы самоорганизации
4. Аналитическая часть:
 - Примеры самоорганизации в различных системах
 - Математические модели простых систем
 - Фазовые портреты и анализ устойчивости
5. Результаты и анализ:
 - Сравнительная таблица свойств различных систем
 - Анализ роли нелинейности и кооперативности
 - Исследование влияния флуктуаций
 - Выявление общих закономерностей
6. Выводы:
 - О применимости синергетического подхода к различным системам
 - О роли самоорганизации в природных процессах
 - О перспективах использования принципов синергетики
 - О значении изучения открытых систем для современной науки

Практическая работа 2.

Актуальные вопросы физики конденсированных сред.

1. Цель работы

Главная цель: Изучить современные проблемы и перспективные направления физики конденсированных сред, исследовать новые материалы и явления, определяющие развитие этой области науки.

Конкретные задачи:

1. Изучить основные классы конденсированных сред и их свойства.
2. Исследовать современные методы изучения конденсированных сред.
3. Проанализировать перспективные материалы и структуры.

4. Изучить квантовые эффекты в конденсированных средах.
5. Оценить практическую значимость современных исследований.

2. Ход работы

Этап 1. Анализ современных направлений исследований

- Изучить материалы с управляемыми свойствами.
- Исследовать низкоразмерные системы и наноструктуры.
- Проанализировать топологические изоляторы и дираковские материалы.
- Изучить сильно коррелированные электронные системы.

Этап 2. Исследование новых явлений и эффектов

- Изучить сверхпроводимость при высоких температурах.
- Исследовать квантовый эффект Холла и родственные явления.
- Проанализировать спиновые и зарядовые ordering.
- Изучить нелинейные и неравновесные явления.

Этап 3. Анализ экспериментальных методов

- Исследовать современные методы микроскопии.
- Изучить спектроскопические методы высокого разрешения.
- Проанализировать методы исследования при экстремальных условиях.
- Оценить возможности синхротронного излучения и нейтронного рассеяния.

Этап 4. Прикладные аспекты

- Проанализировать перспективы спинtronики.
- Исследовать возможности квантовых вычислений.
- Изучить материалы для энергетики и электроники.
- Оценить потенциал биомедицинских применений.

3. Отчетность

Отчет должен содержать:

1. Титульный лист
2. Цель работы
3. Теоретическая часть:
 - Основные классы конденсированных сред
 - Современные проблемы и вызовы
 - Перспективные направления исследований
4. Аналитическая часть:
 - Обзор новых материалов и структур
 - Анализ современных экспериментальных методов
 - Исследование перспективных применений
5. Результаты и анализ:
 - Сравнительный анализ различных направлений
 - Оценка практической значимости исследований
 - Анализ технологических перспектив
 - Выявление наиболее актуальных проблем
6. Выводы:
 - О современном состоянии физики конденсированных сред
 - О перспективных направлениях исследований
 - О междисциплинарном характере современных исследований
 - О практической значимости изучаемых явлений

Практическая работа 3.

Полупроводники. Физические основы формирования наноструктур.

1. Цель работы

Главная цель: Изучить физические свойства полупроводников и освоить основные принципы формированияnanoструктур на их основе, исследовать особенности электронных свойств низкоразмерных систем.

Конкретные задачи:

1. Изучить основные физические свойства полупроводников.
2. Освоить принципы формирования квантовых точек, ям и проволок.
3. Исследовать особенности зонной структуры nanoструктур.
4. Изучить методы получения и диагностики полупроводниковых nanoструктур.
5. Проанализировать применение полупроводниковых nanoструктур в электронике и оптоэлектронике.

2. Ход работы

Этап 1. Изучение свойств полупроводников

- Исследовать зонную структуру полупроводников.
- Изучить механизмы электропроводности.
- Проанализировать влияние примесей на свойства полупроводников.
- Исследовать оптические свойства полупроводников.

Этап 2. Формирование nanoструктур

- Изучить методы эпитаксиального роста.
- Исследовать процессы самосборки nanoструктур.
- Освоить методы литографии для создания nanoструктур.
- Изучить процессы травления и осаждения.

Этап 3. Исследование свойств nanoструктур

- Изучить квантово-размерные эффекты.
- Исследовать особенности переноса заряда в nanoструктурах.
- Проанализировать оптические свойства квантовых точек.
- Изучить электронные состояния в низкоразмерных системах.

Этап 4. Применение nanoструктур

- Исследовать применение в лазерных диодах.
- Изучить использование в фотодетекторах и солнечных элементах.
- Проанализировать перспективы в квантовых вычислениях.
- Оценить возможности в сенсорных устройствах.

3. Отчетность

Отчет должен содержать:

1. Титульный лист
2. Цель работы
3. Теоретическая часть:
 - Физические свойства полупроводников
 - Принципы формирования nanoструктур
 - Квантово-размерные эффекты
4. Экспериментальная часть:
 - Методы получения nanoструктур
 - Методики исследования свойств
 - Условия проведения экспериментов
5. Результаты и анализ:
 - Характеристики полученных nanoструктур
 - Результаты исследования электронных свойств
 - Данные оптических измерений
 - Сравнительный анализ различных типов nanoструктур
6. Выводы:
 - О возможности управления свойствами полупроводников

- О перспективах применения наноструктур
- О влиянии размерных эффектов на свойства материалов
- О практической значимости проведенных исследований

Практическая работа 4.

Свойства возбужденных атомов. Кластеры. Фуллерены.

1. Цель работы

Главная цель: Изучить свойства возбужденных атомов, исследовать структуру и свойства кластеров и фуллеренов, проанализировать их уникальные характеристики и возможности практического применения.

Конкретные задачи:

1. Изучить свойства возбужденных атомов и методы их получения.
2. Исследовать структуру и свойства атомных кластеров.
3. Изучить строение и характеристики фуллеренов.
4. Проанализировать электронные и оптические свойства изученных систем.
5. Оценить перспективы практического применения.

2. Ход работы

Этап 1. Исследование возбужденных атомов

- Изучить механизмы возбуждения атомов.
- Исследовать энергетические уровни возбужденных атомов.
- Проанализировать время жизни возбужденных состояний.
- Изучить процессы релаксации возбужденных атомов.

Этап 2. Анализ свойств кластеров

- Изучить методы получения кластеров.
- Исследовать зависимость свойств от размера кластера.
- Проанализировать геометрическую структуру кластеров.
- Изучить электронные свойства кластеров.

Этап 3. Исследование фуллеренов

- Изучить структуру фуллеренов различного размера.
- Исследовать методы синтеза и очистки фуллеренов.
- Проанализировать электронные свойства фуллеренов.
- Изучить химическую активность фуллеренов.

Этап 4. Сравнительный анализ

- Сравнить свойства отдельных атомов, кластеров и фуллеренов.
- Проанализировать изменение свойств при переходе от атома к макроскопическому образцу.
- Исследовать особенности химической связи в изученных системах.
- Оценить перспективы применения в нанотехнологиях.

3. Отчетность

Отчет должен содержать:

1. Титульный лист
2. Цель работы
3. Теоретическая часть:
 - Свойства возбужденных атомов
 - Физика атомных кластеров
 - Строение и свойства фуллеренов
4. Экспериментальная часть:
 - Методы получения исследуемых систем
 - Методики исследования свойств
 - Условия проведения экспериментов

5. Результаты и анализ:
 - Спектры возбужденных атомов
 - Характеристики кластеров различного размера
 - Свойства фуллеренов и их производных
 - Сравнительный анализ изученных систем
6. Выводы:
 - О закономерностях изменения свойств от атома к кластеру
 - Об уникальных свойствах фуллеренов
 - О перспективах практического применения
 - О значимости изучения наносистем для современной науки

Практическая работа 5.

Строение и динамика молекул

1. Цель работы

Главная цель: Изучить строение молекул и их динамические характеристики, исследовать взаимосвязь между структурой молекул и их физико-химическими свойствами.

Конкретные задачи:

1. Изучить методы определения геометрической структуры молекул.
2. Исследовать виды молекулярных движений и их характеристики.
3. Освоить методы расчета и экспериментального изучения колебаний молекул.
4. Проанализировать взаимосвязь строения и реакционной способности молекул.
5. Изучить влияние внешних условий на динамику молекул.

2. Ход работы

Этап 1. Исследование строения молекул

- Изучить методы определения межъядерных расстояний и валентных углов.
- Исследовать конформации молекул и потенциальные поверхности.
- Проанализировать симметрию молекул и ее влияние на свойства.
- Изучить электронное строение молекул.

Этап 2. Анализ колебательной динамики

- Изучить виды молекулярных колебаний.
- Исследовать гармонические и ангармонические колебания.
- Проанализировать колебательные спектры молекул.
- Изучить влияние изотопного замещения на колебательные частоты.

Этап 3. Исследование вращательной динамики

- Изучить модели жесткого и нежесткого роторов.
- Исследовать вращательные спектры молекул.
- Проанализировать центробежные искажения.
- Изучить влияние внутреннего вращения на свойства молекул.

Этап 4. Изучение электронной динамики

- Исследовать электронные переходы в молекулах.
- Изучить процессы релаксации возбужденных состояний.
- Проанализировать явление переноса заряда в молекулах.
- Исследовать фотохимические процессы.

3. Отчетность

Отчет должен содержать:

1. Титульный лист
2. Цель работы
3. Теоретическая часть:
 - Методы определения структуры молекул
 - Теория молекулярных колебаний и вращений

- Электронная структура и динамика молекул
4. Экспериментальная часть:
- Методы исследования строения молекул
 - Спектроскопические методы изучения динамики
 - Расчетные методы исследования молекул
5. Результаты и анализ:
- Геометрические параметры изученных молекул
 - Колебательные и вращательные спектры
 - Электронные спектры и характеристики
 - Корреляция строения и динамических свойств
6. Выводы:
- О взаимосвязи строения и динамики молекул
 - О возможностях современных методов исследования
 - О практическом значении изучения молекулярной динамики
 - О перспективах прогнозирования свойств молекул

Таблица 4.1. Критерии оценивания практических заданий

Критерий оценивания	Результат
Задания выполнены в полном объеме. Представлен письменный ответ Выявлены знания компетентности в рамках задания.	6 баллов
Задания выполнены частично. Представлен письменный ответ. Выявлены частичные знания компетентности в рамках задания.	4 балла
Задания не выполнены. Не представлен письменный ответ. Знания компетентности в рамках задания не выявлены.	0 баллов

Таблица 4.2. Критерии оценивания заданий из вариативной части

2.1	Реферат «Современные проблемы физики»	1	5
2.2	Участие в НИРС	10	25
2.3	Участник клуба МиФ	1	10
2.4	Участие в олимпиаде (физика, математика)	5	10
2.4.1	участие	5	5
2.4.2	призер	10	10
2.5	Публикация в индексируемом журнале (совместно с преподавателем)	10	10
2.6	Акселерационная программа/ проект Росмолодежи	20	40
2.6.1	участие	20	20
2.6.2	грант	40	40
	Промежуточная аттестация по дисциплине	0	30
	Итого баллов по вариативной части	40	60
	Итого баллов по дисциплине		100

Вопросы для устного опроса

Тема дисциплины	Вопросы
1. Физика открытых систем. Основные понятия синергетики.	<p>1. Какая система называется самоорганизующейся и за счет, каких факторов изменяется ее энтропия?</p> <p>2. Почему самоорганизация открытой неравновесной системы, т. е. уменьшение ее энтропии, не противоречит второму началу термодинамики?</p> <p>3. Почему динамический порядок, к которому приходит самоорганизующая система, возможен только в неравновесных системах?</p> <p>4. За счет, какого свойства сложных неустойчивых систем при определенных отклонениях от равновесия могут возникнуть периодические автоколебания?</p> <p>5. В чем принципиальное явление детерминированного хаоса схоже и в чем отличается от просто хаоса?</p> <p>6. Какие два вида математических моделей используются для описания динамических систем?</p> <p>7. Что такое гамильтоновы системы и каким условиям должно отвечает фазовое пространство таких систем?</p> <p>8. Как называется подмножество фазового пространства, к которому при $t \rightarrow \infty$ сводится фазовое пространство диссипативных динамических систем?</p> <p>9. Виды аттракторов. Какие аттракторы называют хаотическими?</p> <p>10. Что такое фрактал, фрактальная размерность и почему фрактальная геометрия необходима для описания процессов в динамических системах?</p> <p>11. Что такое бифуркация и как по сценарию Фейгенбаума неравновесная динамическая система приходит к новой упорядоченности, т. е. к детерминированному хаосу?</p>
2. Актуальные вопросы физики конденсированных сред.	<p>1. Какие причины могут приводить к проявлению пространственной самоорганизации твердых тел в неравновесном состоянии?</p> <p>2. Чем индуцируется такой вид самоорганизации нелинейных бистабильных систем, как стохастический резонанс?</p> <p>3. Какие типы беспорядка можно наблюдать в неупорядоченных системах?</p> <p>4. Какие типы беспорядка свойственны твердым телам с дальним порядком, а какие — аморфным?</p> <p>5. Какие виды дальнего порядка в твердых телах называют квазикристаллическими и почему?</p> <p>6. Какие упорядоченные непериодические модели заполнения пространства иллюстрируют структуру квазикристаллов? Чем свойства металлических квазикристаллов отличаются от свойств металлов в кристаллической фазе?</p> <p>8. Какие металлические структуры называют аморфным металлическим стеклом?</p> <p>9. Почему прочность и электрическое сопротивление металлических стекол во много раз больше их кристаллических аналогов?</p> <p>10. Перечислите основные методы компьютерного моделирования для изучения механизмов диффузии в аморфных телах.</p>

	<p>11. В чем отличие вакансационного механизма диффузии в кристаллах от квазивакансационного в аморфных телах?</p> <p>12. Каков химический состав мanganитов?</p> <p>13. Как и почему изменяется сопротивление мanganитов в магнитном поле при изменении концентрации переходного металла в них и температуры?</p> <p>14. Какими способами можно создать индуцированные периодические доменные структуры и где они находят применение?</p> <p>15. Какие вещества называют сегнетоэлектриками и какое применение они нашли в нелинейной оптике и акустике?</p> <p>16. Назовите основные технологические приложения способа трансформации атомного состава вещества ионными пучками.</p> <p>17. Что следует понимать под термином лазерная абляция вещества?</p> <p>18. Какие виды моделей используются для описания явления лазерной абляции?</p> <p>19. Что такое фазовые переходы первого и второго рода?</p> <p>20. Как в соответствии с теорией Ландау меняется функция распределения энергии или плотности при этих фазовых переходах?</p>
3. Полупроводники. Физические основы формирования наноструктур.	<p>1. Какие структуры в электронике называют структурами пониженной размерности?</p> <p>2. Какие изменения в энергию электрона вносят ограничения его движения в низкоразмерных структурах?</p> <p>3. Что в квантовой физике называют квазичастицей? Приведите примеры квазичастиц.</p> <p>4. К какому виду возбуждения относятся экситоны большого и малого радиуса?</p> <p>5. С помощью каких гетероструктур создаются квантовые ямы и квантовые барьеры, квантовые нити и квантовые точки?</p> <p>6. Перечислите известные к настоящему времени методы получения квантовых точек.</p> <p>7. Какие новые технические устройства созданы на основе таких наноструктур, как квантовые точки и квантовые ямы?</p> <p>8. Какие три вида энергии островка-зародыша следует учитывать при изготовлении квантовых точек методом гетероэпитаксии?</p> <p>9. Какие особенности энергетического строения лежат в основе гетероструктур, являющихся светодиодами?</p> <p>10. На основе каких твердых растворов стало возможным создание новых светодиодов в области видимого света? Где они применяются?</p> <p>11. Каким образом в многослойных гетероструктурах на основе нитридов Ga и In преодолен главный недостаток светодиодов видимого света - рассогласование решеток?</p> <p>12. Какое свойство вещества называется сверхпроводимостью и как природу этого явления объясняет микроскопическая теория сверхпроводимости?</p> <p>13. В каких устройствах используются джозефсоновские элементы сверхпроводимости?</p> <p>14. Что такое F/S-слоистые гетеросистемы и где возможно их применение?</p>

	<p>15. В чем суть квантового эффекта Холла и в каких условиях он был обнаружен?</p> <p>16. Что называется квантовой жидкостью и как понятие лафлинской квантовой жидкости объясняет дробный эффект Холла?</p> <p>17. Как методом легирования удается избежать рассеяния двумерного слоя электронов на их породивших примесях?</p> <p>18. Как понятие уровней Ландау объясняет ЦКЭХ?</p> <p>19. Как представление о квазичастицах - композитах электрона и квантов магнитного поля - объясняет ДКЭХ? От чего зависит дробный заряд этих частиц?</p>
4. Свойства возбужденных атомов. Кластеры. Фуллерены.	<p>1. Почему атом антiproтонный гелий называют атомкулой?</p> <p>2. В чем состоит механизм сдвига в коротковолновую область лазерного излучения, полученного на основе сред, содержащих многозарядные ионы?</p> <p>3. В чем суть механизма, так называемого каскадного взрыва атома с образованием многозарядного иона? Почему это явление более вероятно для тяжелых атомов, чем для легких?</p> <p>4. Какие энергетические состояния атомов называются высоковозбужденными или ридберговскими?</p> <p>5. Как изменяются основные характеристики ридберговских атомов (энергия связи электрона, размер его орбитали, естественное время жизни в возбужденном состоянии) по сравнению с теми же атомами в обычном возбужденном состоянии?</p> <p>6. Какие молекулы называются эксимерными? В чем причина образования таких молекул атомами благородных газов?</p> <p>7. Эксимерные лазеры. Их преимущества.</p> <p>8. Какие образования из молекул и атомов называются кластерами? Почему их считают пятым состоянием вещества?</p> <p>9. Перечислите основные области практического применения кластеров.</p> <p>10. Каковы особенности и свойства химических кластеров, например металлокластеров или кластерных комплексов?</p> <p>11. Что такое фуллерены и чем интересны их свойства?</p> <p>12. Какие соединения с другими атомами или молекулами возможны на базе фуллеренов? Чем отличаются в этом смысле эндоэдральные молекулы?</p> <p>13. Что такое углеродные нанотрубки? Почему фуллерен можно считать предельным случаем углеродной нанотрубки?</p> <p>14. Что понимается под термином хиральность нанотрубок? На какие свойства нанотрубок влияет их хиральность?</p> <p>15. Какие виды строения многослойных нанотрубок известны в настоящее время?</p> <p>16. Перечислите области возможного применения углеродных нанотрубок и приборов на их основе.</p>
5. Строение и динамика молекул	<p>1. Почему явления ЯМР и ЭПР явились основой мощного метода исследования строения вещества и его свойств?</p> <p>2. Какие параметры спектров ЯМР высокого разрешения являются источниками информации о строении молекул?</p> <p>3. Как теория движения магнитного диполя в магнитном поле объясняет явление ЯМР?</p> <p>4. К каким изменениям с позиции квантовой механики приводит</p>

- помещение магнитного диполя в осциллирующее магнитное поле?
5. Какое время в теории ЯМР принято называть временем спин-решеточной релаксации? Что оно характеризует?
 6. Чем обусловлено уширение линий ЯМР-спектров? Как это связано со спин-спиновым взаимодействием?
 7. Как в уравнениях Блоха учитывается спин-спиновая и спин-решеточная релаксация?
 8. Какие два вида намагниченности, создаваемые внешним высокочастотным полем, отображают восприимчивости Блоха?
 9. Каким образом реализуются условия резонанса в стационарных и импульсных спектрометрах ЯМР?
 10. Что такое рабочая частота ЯМР-спектрометра и к чему приводит ее увеличение?
 11. Почему импульсные методы ЯМР-спектроскопии оказались более эффективными для изучения твердых тел?
 12. Перечислите основные достоинства ЯМР-спектроскопии?
 13. В чем суть основной идеи ЯМР-интроскопии? Каким образом получается объемное изображение объекта?
 14. В чем состоит необходимое условие наблюдения явления ЭПР?
 15. Чем обусловлена сверхтонкая структура спектров ЭПР?
 16. В чем состоит основная идея метода двойного резонанса?
 17. Почему в экспериментах по двойному ядерному резонансу происходит упрощение спектров и в каких случаях актуально его применение?
 18. В чем состоит суть эффекта Оверхаузера? Какие дополнительные возможности предоставляет этот вид двойного резонанса в процессе исследования релаксационных процессов?
 19. Что называется равновесной поляризацией ядер и электронов?
 20. Какая неравновесность заселенности зеемановских уровней соответствует положительной ХПЯ, и какая - отрицательной?
 21. Почему явления ХПЯ и ХПЭ являются мощным источником информации не только о молекулах, сколько о кинетике и механизмах химических превращений, продуктами которых эти молекулы являются?
 22. Назовите основные этапы построения квантово-химических моделей, используемых при описании строения и динамики молекул.
 23. Поясните, почему приближение Хартри-Фока является основой теории молекулярных орбиталей при решении волнового уравнения Шрёдингера.
 24. Какое обобщение уравнений Рутана называется неограниченным методом Хартри-Фока?
 25. Какое из приближений этих уравнений принято называть ограниченным методом Хартри-Фока для незамкнутых оболочек?
 26. В чем суть полуэмпирических методов вычисления интегралов в уравнениях Рутана?
 27. Применение, каких базисных функций явилось наиболее успешным развитием неэмпирического подхода к решению проблемы интегрирования уравнений Рутана?
 28. Какие методы квантово-химических моделей учитывают корреляцию электронов с антипараллельными спинами.
 29. Как может быть представлена полная многоэлектронная

	<p>волновая функция в методе конфигурационного взаимодействия?</p> <p>30. Объясните суть метода учета электронной корреляции с использованием теории возмущений.</p> <p>31. На каком условии основано нахождение коэффициентов волновой функции в методе связанных кластеров?</p> <p>32. Что служит основным элементом описания многоэлектронных систем в методе ТФП? В чем преимущество этого метода?</p> <p>33. Почему уравнения Кона-Шэма и способ их решения можно считать приложением самосогласованных уравнений Хартри к ТФП?</p>
--	--

Таблица 5. Критерии оценивания

Балл	Критерий
0	обучающийся не смог дать ответ на вопросы преподавателя
1	отсутствие правильных ответов на большинство основных вопросов, невозможность привести и правильно интерпретировать в ответах графики, индексы, количественные значения величин, отсутствие проявления личной заинтересованности и мотивации к дальнейшему приобретению новых навыков, знаний и умений по направлению обучения.
2	слабая ориентация в терминологии и содержании рассматриваемой темы, частичная правильность в ответах на основные и дополнительные вопросы, невозможность привести и правильно интерпретировать в ответах графики, индексы, количественные значения величин, проявление недостаточной личной заинтересованности и мотивации к дальнейшему приобретению новых навыков, знаний и умений по направлению обучения.
3	частичная правильность в ответах на основные и дополнительные вопросы, затруднения с использованием в ответах графиков, индексов, количественных значений величин с их описанием и интерпретацией, проявление личной заинтересованности и мотивации к дальнейшему приобретению новых навыков, знаний и умений по направлению обучения.
4	общая правильность в ответах на основные вопросы, использование в ответах графиков, индексов, количественных значений величин с их полным описанием и правильной интерпретацией, правильные ответы на большинство дополнительных вопросов, проявление значительной личной заинтересованности и мотивации к дальнейшему приобретению новых навыков, знаний и умений по направлению обучения.
5	полная правильность в ответах на основные вопросы, использование в ответах графиков, индексов, количественных значений величин с их полным описанием и правильной интерпретацией, использование в ответах конкретных адекватных примеров, быстрые и правильные ответы на все дополнительные вопросы, возможность критического анализа современных проблем в заданной области анализа на основе изучения научных публикаций, проявление высокой личной заинтересованности и мотивации к дальнейшему приобретению новых навыков, знаний и умений по направлению обучения.

5. Содержание оценочных средств промежуточной аттестации. Критерии оценивания

Форма проведения зачёта с оценкой: устный ответ на два вопроса в билете

Перечень вопросов для подготовки к зачету с оценкой

Компетенции: ОПК-1, ОКП-3, ОКП-4.

1. Свойства самоорганизованных структур.
2. Динамические системы.
3. Хаотический аттрактор Ресслера.
4. Множество Кантора
5. Фракталы. Сценарий Фейгенбаума.
6. Самоорганизованные структуры в твердых телах.
7. Стохастический резонанс.
8. Дальний порядок и беспорядок в конденсированных средах.
9. Особенности строения неупорядоченных систем.
10. Квазикристаллы.
11. Аморфные металлические сплавы.
- 12.. Механизмы диффузии в неупорядоченных системах.
13. Методы компьютерного моделирования неупорядоченных систем.
14. Локальные неоднородности аморфной структуры.
15. Физические свойства мanganитов.
16. Периодические доменные структуры в электро- и магнитоупорядоченных веществах.
17. Трансформация ионными пучками. Фазы и фазовые переходы
18. Гетероструктуры в полупроводниках
19. Получение полупроводниковых наноструктур.
20. Новые источники света на основе гетероструктур.
21. Квантовый эффект Холла.
22. Экзотические атомы.
23. Многозарядные ионы
24. Многошаговый распад возбужденных состояний атомов.
25. Ридберговский атом.
26. Кластеры.
27. Фуллерены.
28. Углеродные нанотрубки.
29. Спектроскопия ЯМР.
- 30 Спектрометры ЯМР.
31. Электронный парамагнитный резонанс.
32. Двойной ядерный резонанс.
33. Эффект Оверхаузера.
34. Квантово-химические модели.
35. Метод Хартри-Фока.
36. Модели с учетом корреляции.

Таблица 5. Критерии оценивания промежуточной аттестации в форме зачета с оценкой

Критерий оценивания	Баллы
Обучающийся ответил на два вопроса в билете. Продемонстрировал знания по формируемым компетенциям в полном объеме (приводились доводы и объяснения). Знания освоения компетенций выявлены.	30 баллов
Обучающийся ответил частично на два вопроса в билете. Продемонстрировал знания по формируемым компетенциям частично. Постиг смысл изучаемого материала (может высказать	15 баллов

вербально, четко и ясно, или конструировать новый смысл, новую позицию). Знания освоения компетенций выявлены частично.	
Обучающийся не ответил на вопросы в билете. Не может согласовать свою позицию или действия относительно обсуждаемой тематике. Знания освоения компетенций не выявлены.	0 баллов

Тестовые задания

ОПК-1.1, ОКП-3.2, ОКП-4.1.

Задание 1. Выберите правильный вариант ответа.

Что такое синергетика?

1. Междисциплинарное научное направление, изучающее закономерности и принципы, лежащие в основе процессов самоорганизации в неравновесных системах различной природы (физических, химических, биологических, экономических, социальных и др.).
2. Научное направление, изучающее закономерности и принципы, лежащие в основе процессов самоорганизации в неравновесных системах различной природы (физических, химических, биологических, экономических, социальных и др.).
3. Междисциплинарное ненаучное направление, изучающее закономерности и принципы, лежащие в основе процессов самоорганизации в неравновесных системах различной природы (физических, химических, биологических, экономических, социальных и др.).
4. Научное направление, изучающее закономерности и принципы, лежащие в основе процессов организации в неравновесных системах различной природы (физических, химических, биологических, экономических, социальных и др.).
5. Междисциплинарное научное направление, изучающее закономерности и принципы, лежащие в основе процессов самоорганизации в равновесных системах различной природы (физических, химических, биологических, экономических, социальных и др.).

Ответ: _____

Задание 2. Выберите правильный вариант ответа.

Что такое динамическая система?

1. Объект или процесс, для которого неоднозначно определено понятие состояния как совокупности некоторых величин в данный момент времени и задан закон, описывающий изменение (эволюцию) начального состояния с течением времени.
2. Объект или процесс, для которого однозначно определено понятие состояния как совокупности некоторых величин в прошлый момент времени и задан закон, описывающий изменение (эволюцию) начального состояния с течением времени.
3. Объект или процесс, для которого однозначно определено понятие состояния как совокупности некоторых величин в данный момент времени и задан закон, описывающий изменение (эволюцию) начального состояния с течением времени.
4. Объект или процесс, для которого не определено понятие состояния как совокупности некоторых величин в данный момент времени и задан закон, описывающий изменение (эволюцию) начального состояния с течением времени.
5. Объект или процесс, для которого однозначно определено понятие состояния как совокупности некоторых величин в данный момент времени и не задан закон, описывающий изменение (эволюцию) начального состояния с течением времени.

Ответ: _____

Задание 3. Выберите правильный вариант ответа.

Что такое детерминированный хаос?

1. Явление в теории динамических систем, при котором поведение линейной системы выглядит случайным, несмотря на то, что оно определяется детерминистическими законами.
2. Явление в теории динамических систем, при котором поведение нелинейной системы выглядит случайным, несмотря на то, что оно определяется детерминистическими законами.
3. Явление в теории статических систем, при котором поведение нелинейной системы выглядит случайным, несмотря на то, что оно определяется детерминистическими законами.
4. Явление в теории динамических систем, при котором поведение нелинейной системы выглядит детерминированным, несмотря на то, что оно определяется недетерминистическими законами.
5. Явление в теории динамических систем, при котором поведение нелинейной системы выглядит случайным, несмотря на то, что оно не определяется детерминистическими законами.

Ответ: _____

Задание 4. Выберите правильный вариант ответа.

Что такое аттрактор?

1. Компактное подмножество фазового пространства динамической системы, все траектории из некоторой окрестности которого стремятся к нему при времени, стремящемся к бесконечности.
2. Компактное подмножество фазового пространства статической системы, все траектории из некоторой окрестности которого стремятся к нему при времени, стремящемся к бесконечности.
3. Компактное подмножество фазового пространства динамической системы, все траектории из некоторой окрестности которого стремятся в бесконечность при времени, стремящемся к бесконечности.
4. Некомпактное подмножество фазового пространства динамической системы, все траектории из некоторой окрестности которого стремятся к нему при времени, стремящемся к бесконечности.
5. Некомпактное подмножество фазового пространства статической системы, все траектории из некоторой окрестности которого стремятся к нему при времени, стремящемся к бесконечности.

Ответ: _____

Задание 5. Выберите правильный вариант ответа.

Что такое фрактал?

1. Геометрическая фигура, обладающая свойством самоподобия.
2. Геометрическая фигура, не обладающая свойством самоподобия.
3. Простая геометрическая фигура.
4. Вид случайного процесса.
5. Химическое соединение.

Ответ: _____

Задание 6. Выберите правильный вариант ответа.

Что такое сценарий Фейгенбаума?

1. Один из нетипичных сценариев перехода от порядка к хаосу в нелинейной динамике.
2. Один из типичных сценариев перехода от порядка к хаосу в нелинейной динамике.
3. Один из типичных сценариев перехода от хаоса к порядку в нелинейной динамике.
4. Один из типичных сценариев перехода от порядка к хаосу в линейной динамике.
5. Один из типичных сценариев перехода от порядка к порядку в нелинейной динамике.

Ответ: _____

Задание 7. Выберите правильный вариант ответа.

Какую реализацию имеет процесс $x(n)$, если он описывается итерационно уравнением $x(n + 1) = 3,75x(n)(1 - x(n))$?

1. 0,25; 0,70; 0,78; 0,63; 0,86.
2. 0,25; 0,78; 0,70; 0,63; 0,86.
3. 0,25; 0,80; 0,87; 0,63; 0,86.
4. 0,25; 0,90; 0,78; 0,63; 0,86.
5. 0,25; 0,50; 0,78; 0,63; 0,86.

Ответ: _____

Задание 8. Выберите правильный вариант ответа.

Чему равна энтропия двух исходов, если их вероятности 0,92 и 0,08?

1. 0,2 бит.
2. 0,3 бит.
3. 0,4 бит.
4. 0,5 бит.
5. 0,6 бит.

Ответ: _____

Задание 9. Выберите правильный вариант ответа.

При каком соотношении вероятностей двух исходов p_1 и p_2 энтропия максимальна?

1. $p_1 > p_2$.
2. $p_1 \gg p_2$.
3. $p_1 = p_2$.
4. $p_1 \ll p_2$.
5. $p_1 < p_2$.

Ответ: _____

Задание 10. Выберите правильный вариант ответа.

Чему равен сдвиг Бернулли в следующий момент времени, если в текущий момент времени он равен 0,75?

1. 0,75.
2. 0,5.
3. 0,25.
4. 1.

5. 1,25.

Ответ: _____

Задание 11. Выберите правильный вариант ответа.

Что такое кластер?

1. Компактная обособленная группа связанных друг с другом атомов, молекул или ионов, которая обладает свойствами, в той или иной степени отличными от свойств составляющих её элементов.
2. Компактная обособленная группа несвязанных друг с другом атомов, молекул или ионов, которая обладает свойствами, в той или иной степени отличными от свойств составляющих её элементов.
3. Компактная необособленная группа связанных друг с другом атомов, молекул или ионов, которая обладает свойствами, в той или иной степени отличными от свойств составляющих её элементов.
4. Компактная необособленная группа несвязанных друг с другом атомов, молекул или ионов, которая обладает свойствами, в той или иной степени отличными от свойств составляющих её элементов.
5. Компактная обособленная группа связанных друг с другом молекул или ионов, которая обладает свойствами, в той или иной степени похожими на свойства составляющих её элементов.

Ответ: _____

Задание 12. Выберите правильный вариант ответа.

Что такое стохастических резонанс?

1. Универсальное явление, присущее многим линейным системам, находящимся под внешним воздействием одновременно хаотического и слабого периодического воздействия и заключающееся в усилении периодического сигнала под действием белого шума определённой мощности.
2. Универсальное явление, присущее многим нелинейным системам, находящимся под внешним воздействием одновременно хаотического и слабого периодического воздействия и заключающееся в усилении периодического сигнала под действием белого шума определённой мощности.
3. Универсальное явление, присущее многим нелинейным системам, находящимся под внешним воздействием одновременно детерминированного и слабого периодического воздействия и заключающееся в усилении периодического сигнала под действием детерминированного воздействия.
4. Универсальное явление, присущее многим линейным и нелинейным системам, находящимся под внешним воздействием одновременно хаотического и сильного периодического воздействия и заключающееся в усилении периодического сигнала под действием белого шума определённой мощности.
5. Универсальное явление, присущее многим нелинейным системам, находящимся под внешним воздействием одновременно хаотического и слабого непериодического воздействия и заключающееся в усилении периодического сигнала под действием белого шума определённой мощности.

Ответ: _____

Задание 13. Выберите правильный вариант ответа.

Что такое квазикристаллы?

1. Твёрдые вещества, в которых атомы упорядочены, но их расположение не повторяется в пространстве.
2. Твёрдые вещества, в которых атомы не упорядочены.
3. Твёрдые вещества, в которых атомы не упорядочены, но их расположение повторяется в пространстве.
4. Твёрдые вещества, в которых атомы упорядочены и обладают зеркальной симметрией.
5. Твёрдые вещества, в которых атомы упорядочены и обладают осевой симметрией.

Ответ: _____

Задание 14. Выберите правильный вариант ответа.

Что такое наноструктуры?

1. Совокупность наноразмерных объектов искусственного происхождения, размер элементов которых от нескольких нанометров до нескольких десятков нанометров и не превышает 100 нм, а свойства определяются не только размером элементов, но и их взаимным расположением в пространстве.
2. Совокупность наноразмерных объектов естественного происхождения, размер элементов которых от нескольких нанометров до нескольких десятков нанометров и не превышает 100 нм, а свойства определяются не только размером элементов, но и их взаимным расположением в пространстве.
3. Совокупность наноразмерных объектов искусственного или естественного происхождения, размер элементов которых от нескольких нанометров до нескольких десятков нанометров и не превышает 200 нм, а свойства определяются не только размером элементов, но и их взаимным расположением в пространстве.
4. Совокупность наноразмерных объектов искусственного или естественного происхождения, размер элементов которых от нескольких нанометров до нескольких десятков нанометров и не превышает 300 нм, а свойства определяются не только размером элементов, но и их взаимным расположением в пространстве.
5. Совокупность наноразмерных объектов искусственного или естественного происхождения, размер элементов которых от нескольких нанометров до нескольких десятков нанометров и не превышает 100 нм, а свойства определяются не только размером элементов, но и их взаимным расположением в пространстве.

Ответ: _____

Задание 15. Выберите правильный вариант ответа.

Что такое фуллерен?

1. Молекулярное соединение и одна из аллотропных форм углерода, представляющая собой вогнутые многогранники, составленные из чётного числа трёхкоординированных атомов углерода.
2. Молекулярное соединение и одна из аллотропных форм углерода, представляющая собой выпуклые замкнутые многогранники, составленные из нечётного числа трёхкоординированных атомов углерода.
3. Молекулярное соединение и одна из аллотропных форм углерода, представляющая собой выпуклые замкнутые многогранники, составленные из чётного числа трёхкоординированных атомов углерода.

4. Молекулярное соединение и одна из аллотропных форм углерода, представляющая собой выпуклые незамкнутые многогранники, составленные из чётного числа трёхкоординированных атомов углерода.

5. Молекулярное соединение и одна из аллотропных форм углерода, представляющая собой выпуклые незамкнутые многогранники, составленные из нечётного числа трёхкоординированных атомов углерода.

Ответ: _____

Задание 16. Выберите правильный вариант ответа.

Что такое углеродные нанотрубки?

1. Аллотропная модификация углерода, представляющая собой полулу цилиндрическую структуру диаметром от десятых до нескольких десятков нанометров и длиной от одного микрометра до нескольких сантиметров, состоящие из одной или нескольких свёрнутых в трубку графеновых плоскостей.

2. Аллотропная модификация углерода, представляющая собой полулу цилиндрическую структуру диаметром от десятых до нескольких сотых нанометров и длиной от одного микрометра до нескольких сантиметров, состоящие из одной или нескольких свёрнутых в трубку графеновых плоскостей.

3. Аллотропная модификация углерода, представляющая собой полулу цилиндрическую структуру диаметром от десятых до нескольких десятков нанометров и длиной от трёх микрометров до нескольких сантиметров, состоящие из одной или нескольких свёрнутых в трубку графеновых плоскостей.

4. Аллотропная модификация углерода, представляющая собой полулу цилиндрическую структуру диаметром от десятых до нескольких десятков нанометров и длиной от четырёх микрометров до нескольких сантиметров, состоящие из одной или нескольких свёрнутых в трубку графеновых плоскостей.

5. Аллотропная модификация углерода, представляющая собой полулу цилиндрическую структуру диаметром от десятых до нескольких десятков нанометров и длиной от пяти микрометров до нескольких сантиметров, состоящие из одной или нескольких свёрнутых в трубку графеновых плоскостей.

Ответ: _____

Задание 17. Выберите правильный вариант ответа.

Пластина германия n-типа длиной 10 см и шириной 6 мм находится в однородном магнитном поле с индукцией 0,1 Тл перпендикулярно линиям магнитной индукции. При приложении к концам пластины напряжения 250 В возникла холловская разность потенциалов 8,8 мВ. Чему равна постоянная Холла, если удельная проводимость германия 80 См/м?

1. $6,33 \times 10^{-5} \text{ м}^3/\text{Кл}$.

2. $7,33 \times 10^{-5} \text{ м}^3/\text{Кл}$.

3. $8,33 \times 10^{-5} \text{ м}^3/\text{Кл}$.

4. $9,33 \times 10^{-5} \text{ м}^3/\text{Кл}$.

5. $10,33 \times 10^{-5} \text{ м}^3/\text{Кл}$.

Ответ: _____

Задание 18. Выберите правильный вариант ответа.

Пластина германия n-типа длиной 20 см и шириной 12 мм находится в однородном магнитном поле с индукцией 0,1 Тл перпендикулярно линиям магнитной индукции. При приложении к концам пластины напряжения 250 В возникла холловская разность потенциалов 8,8 мВ. Чему равна концентрация носителей тока, если удельная проводимость германия 80 См/м?

1. 10^{23} 1/m^3 .
2. 10^{24} 1/m^3 .
3. 10^{25} 1/m^3 .
4. 10^{26} 1/m^3 .
5. 10^{27} 1/m^3 .

Ответ: _____

Задание 19. Выберите правильный вариант ответа.

Материал из вещества, содержащего эквивалентные ядра (протоны), находится в однородном внешнем магнитном поле с индукцией 1 Тл. Чему равна относительная разность заселённостей энергетических уровней при температуре 300 К, если экранирующим действием электронных оболочек и соседних ядер можно пренебречь?

1. $3,4 \times 10^{-6}$.
2. $4,4 \times 10^{-6}$.
3. $5,4 \times 10^{-6}$.
4. $6,4 \times 10^{-6}$.
5. $7,4 \times 10^{-6}$.

Ответ: _____

Задание 20. Выберите правильный вариант ответа.

Материал из вещества, содержащего эквивалентные ядра (протоны), находится в однородном внешнем магнитном поле с индукцией 2 Тл. Чему равна частота, при которой будет происходить ядерный магнитный резонанс, если экранирующим действием электронных оболочек и соседних ядер можно пренебречь?

1. $4,54 \times 10^7$.
2. $5,54 \times 10^7$.
3. $6,54 \times 10^7$.
4. $7,54 \times 10^7$.
5. $8,54 \times 10^7$.

Ответ: _____