

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего
образования
"САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ"

Кафедра № 3

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель образовательной программы

доц., к.т.н.

(должность, уч. степень, звание)

В.И. Казаков

(инициалы, фамилия)



(подпись)

« 10 » февраля 2025 г

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Математические и физические основы квантовой физики»
(Наименование дисциплины)

| | |
|---|--|
| Код направления подготовки/ специальности | 12.03.05 |
| Наименование направления подготовки/ специальности | Лазерная техника и лазерные технологии |
| Наименование направленности | Лазерная техника и лазерные технологии |
| Форма обучения | очная |
| Год приема | 2025 |

Санкт-Петербург– 2025

Лист согласования рабочей программы дисциплины

Программу составил (а)

доц., к.ф.-м.н., доц.

(должность, уч. степень, звание)



03.02.2025

(подпись, дата)

В.К. Прилипко

(инициалы, фамилия)

Программа одобрена на заседании кафедры № 3

« 03 » февраля 2025 г, протокол № 10

Заведующий кафедрой № 3

д.т.н., проф.

(уч. степень, звание)



03.02.2025

(подпись, дата)

А.В. Копыльцов

(инициалы, фамилия)

Заместитель директора института №2 по методической работе

доц., к.т.н., доц.

(должность, уч. степень, звание)



10.02.2025

(подпись, дата)

Н.В. Марковская

(инициалы, фамилия)

Аннотация

Дисциплина «Математические и физические основы квантовой физики» входит в образовательную программу высшего образования – программу бакалавриата по направлению подготовки / специальности 12.03.05 «Лазерная техника и лазерные технологии» направленности «Лазерная техника и лазерные технологии». Дисциплина реализуется кафедрой «№3».

Дисциплина не является обязательной при освоении обучающимся образовательной программы и направлена на углубленное формирование следующих компетенций:

ПК-6 «Квантовые технологии»

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с основополагающими принципами квантовой физики и математическим аппаратом квантовой механики, а также квантовыми криптографическими технологиями.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, практические занятия, самостоятельная работа обучающегося.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля: текущий контроль успеваемости, промежуточная аттестация в форме зачета.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 2 зачетных единицы, 72 часа.

Язык обучения по дисциплине «русский».

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

1.1. Цели преподавания дисциплины

- формирование представления об основополагающих концепциях квантовой физики и математическом аппарате квантовой механики;
- формирование представления о квантовых вычислениях, являющихся важным элементом теории информации и квантовой физики.

1.2. Дисциплина является факультативной дисциплиной по направлению образовательной программы высшего образования (далее – ОП ВО).

1.3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОП ВО.

В результате изучения дисциплины обучающийся должен обладать следующими компетенциями или их частями. Компетенции и индикаторы их достижения приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень компетенций и индикаторов их достижения

| Категория (группа) компетенции | Код и наименование компетенции | Код и наименование индикатора достижения компетенции |
|--------------------------------|--------------------------------|--|
| Профессиональные компетенции | ПК-6 Квантовые технологии | ПК-6.3.1 знать принципы работы и построения систем квантовой криптографии и квантовых вычислений ПК-6.В.1 владеть навыками работы с современным программным обеспечением для квантовых вычислений |

2. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина может базироваться на знаниях, ранее приобретенных обучающимися при изучении следующих дисциплин:

- «Физика»;
- «Математика. Аналитическая геометрия и линейная алгебра»;
- «Математика. Математический анализ»;
- «Математика. Теория вероятностей и математическая статистика».

Знания, полученные при изучении материала данной дисциплины, имеют как самостоятельное значение, так и используются при изучении других дисциплин:

- «Квантовые вычисления»;
- «Квантовые технологии»;
- «Основы квантовой электроники».

3. Объем и трудоемкость дисциплины

Данные об общем объеме дисциплины, трудоемкости отдельных видов учебной работы по дисциплине (и распределение этой трудоемкости по семестрам) представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Объем и трудоемкость дисциплины

| Вид учебной работы | Всего | Трудоемкость по семестрам |
|---|-------|---------------------------|
| | | №4 |
| 1 | 2 | 3 |
| Общая трудоемкость дисциплины, ЗЕ/ (час) | 2/ 72 | 2/ 72 |
| Из них часов практической подготовки | 17 | 17 |
| Аудиторные занятия, всего час. | 34 | 34 |
| в том числе: | | |

| | | |
|---|-------|-------|
| лекции (Л), (час) | 17 | 17 |
| практические/семинарские занятия (ПЗ), (час) | 17 | 17 |
| лабораторные работы (ЛР), (час) | | |
| курсовой проект (работа) (КП, КР), (час) | | |
| экзамен, (час) | | |
| Самостоятельная работа , всего (час) | 38 | 38 |
| Вид промежуточной аттестации: зачет, дифф. зачет, экзамен (Зачет, Дифф. зач, Экз.**) | Зачет | Зачет |

Примечание: ** кандидатский экзамен

4. Содержание дисциплины

4.1. Распределение трудоемкости дисциплины по разделам и видам занятий.

Разделы, темы дисциплины и их трудоемкость приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Разделы, темы дисциплины, их трудоемкость

| Разделы, темы дисциплины | Лекции (час) | ПЗ (СЗ) (час) | ЛР (час) | КП (час) | СРС (час) |
|---|-----------------|------------------|-------------|-------------|--------------|
| Семестр 4 | | | | | |
| Раздел 1. Основные концепции квантовой физики | 5 | 4 | | | 12 |
| Раздел 2. Математический аппарат квантовой механики | 5 | 7 | | | 13 |
| Раздел 3. Квантовые вычисления | 7 | 7 | | | 13 |
| Итого в семестре: | 17 | 17 | | | 38 |
| Итого | 17 | 17 | 0 | 0 | 38 |
| | | | | | |

Практическая подготовка заключается в непосредственном выполнении обучающимися определенных трудовых функций, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

4.2. Содержание разделов и тем лекционных занятий.

Содержание разделов и тем лекционных занятий приведено в таблице 4.

Таблица 4 – Содержание разделов и тем лекционного цикла

| Номер раздела | Название и содержание разделов и тем лекционных занятий |
|-----------------|---|
| Раздел 1 | Основные концепции квантовой физики Предпосылки возникновения квантовой теории. Кванты. Волны де Бройля. Корпускулярно-волновой дуализм. Принцип неопределенностей Гейзенберга. |
| Раздел 2 | Математический аппарат квантовой механики Волновая функция и ее свойства. Операторы физических величин. Вероятностная интерпретация квантовой механики. Уравнение Шредингера. |
| Раздел 3 | Квантовые вычисления Принцип Р. Ландауэра. Обратимые вычисления. Аксиомы квантовой механики. Математический аппарат векторов гильбертова пространства. Кубит. Квантовые схемы: условные операции, создание запутанных состояний. Алгоритм Дойча. Квантовое преобразование Фурье. Квантовое сжатие данных. |

| | |
|--|---|
| | Криптографические протоколы BB84 и B92. |
|--|---|

4.3. Практические (семинарские) занятия

Темы практических занятий и их трудоемкость приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Практические занятия и их трудоемкость

| № п/п | Темы практических занятий | Формы практических занятий | Трудоемкость, (час) | Из них практической подготовки, (час) | № раздела дисциплины |
|-----------|--|----------------------------|---------------------|---------------------------------------|----------------------|
| Семестр 4 | | | | | |
| 1 | Волны де Бройля | Решение задач | 2 | | 1 |
| 2 | Соотношение неопределенностей Гейзенберга. | Решение задач | 2 | | 1 |
| 3 | Волновая функция | Решение задач | 2 | | 2 |
| 4 | Операторы физических величин | Решение задач | 2 | | 2 |
| 5 | Уравнение Шредингера | Решение задач | 3 | | 2 |
| 6 | Математический аппарат векторов гильбертова пространства | Решение задач | 3 | | 3 |
| 7 | Квантовые схемы | Решение задач | 2 | | 3 |
| 8 | Алгоритм Дойча | Решение задач | 2 | | 3 |
| Всего | | | 17 | | |

4.4. Лабораторные занятия

Темы лабораторных занятий и их трудоемкость приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Лабораторные занятия и их трудоемкость

| № п/п | Наименование лабораторных работ | Трудоемкость, (час) | Из них практической подготовки, (час) | № раздела дисциплины |
|---------------------------------|---------------------------------|---------------------|---------------------------------------|----------------------|
| Учебным планом не предусмотрено | | | | |
| | | | | |
| Всего | | | | |

4.5. Курсовое проектирование/ выполнение курсовой работы

Учебным планом не предусмотрено

4.6. Самостоятельная работа обучающихся

Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость

| Вид самостоятельной работы | Всего, час | Семестр 4, час |
|---|---------------|-------------------|
| 1 | 2 | 3 |
| Изучение теоретического материала дисциплины (ТО) | 20 | 20 |
| Подготовка к текущему контролю успеваемости (ТКУ) | 10 | 10 |
| Подготовка к промежуточной аттестации (ПА) | 8 | 8 |
| Всего: | 38 | 38 |

5. Перечень учебно-методического обеспечения

для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся указаны в п.п. 7-11.

6. Перечень печатных и электронных учебных изданий

Перечень печатных и электронных учебных изданий приведен в таблице 8.

Таблица 8– Перечень печатных и электронных учебных изданий

| Шифр/ URL адрес | Библиографическая ссылка | Количество экземпляров в библиотеке (кроме электронных экземпляров) |
|---|--|---|
| https://znanium.com/catalog/product/1984909 | Иродов, И. Е. Квантовая физика. Основные законы : учебное пособие / И. Е. Иродов. - 8-е изд. - Москва : Лаборатория знаний, 2021. - 261 с. | |
| https://znanium.com/catalog/product/1093071 | Иродов, И. Е. Волновые процессы. Основные законы : учебное пособие / И. Е. Иродов. — 8-е изд. — Москва : Лаборатория знаний, 2020. — 266 с. | |
| https://znanium.com/catalog/product/2107956 | Душкин, Р. В. Квантовые вычисления и функциональное программирование : научно-популярное издание / Р. В. Душкин. - 2-е изд. - Москва : ДМК Пресс, 2023. - 233 с. | |
| https://znanium.ru/catalog/product/2171788 | Давыдов, А. П. Математический аппарат квантовой механики. Курс лекций : учебное пособие / А. П. Давыдов. - 4-е изд., испр. и доп. - Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2024. - 224 с. | |

7. Перечень электронных образовательных ресурсов

информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины приведен в таблице 9.

Таблица 9 – Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

| URL адрес | Наименование |
|---|---|
| https://new-science.ru/category/fizika/ | Интернет-журнал «Новая Наука». Раздел физика |
| https://ufn.ru/ru/ | Электронная версия журнала «Успехи физических наук», Физический институт им. П.Н. Лебедева Российской академии наук |
| https://znanaku.mipt.ru/category/science/physics/ | Электронная версия журнала «За науку» |
| https://openedu.ru/ | Образовательная платформа «Открытое образование» |
| https://fizikaguap.ru/ | Образовательный ресурс кафедры физики ГУАП |

8. Перечень информационных технологий

8.1. Перечень программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Перечень используемого программного обеспечения представлен в таблице 10.

Таблица 10 – Перечень программного обеспечения

| № п/п | Наименование |
|-------|--------------|
| 1 | MS Windows |
| 2 | MS Office |

8.2. Перечень информационно-справочных систем, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Перечень используемых информационно-справочных систем представлен в таблице 11.

Таблица 11 – Перечень информационно-справочных систем

| № п/п | Наименование |
|-------|------------------|
| | Не предусмотрено |

9. Материально-техническая база

Состав материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине, представлен в таблице 12.

Таблица 10 – Состав материально-технической базы

| № п/п | Наименование составной части материально-технической базы | Номер аудитории (при необходимости) |
|-------|--|---|
| 1 | Учебная аудитория для занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Оснащение: Специализированная мебель; технические | 196135, г. Санкт-Петербург, ул. Гастелло, д. 15, аудитория №32-01 |

| | | |
|---|---|--|
| | средства обучения, служащие для представления учебной информации большой аудитории; набор демонстрационного оборудования. | |
| 2 | Учебная аудитория для практических занятий, лабораторных занятий, занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Оснащение: Специализированная мебель; технические средства обучения, служащие для представления учебной информации большой аудитории; лабораторное оборудование (лабораторный комплекс ЛКК-2М №36 и №37 (НТЦ «Владис», г. Москва); лабораторные стенды И-АЧТ-ПО, УИС-АВ-ДР, УИС-АВ-УСП-ПО (ООО Профобразование, г. Казань); установки ФПК-03, ФПК-05, ФПК-10 (НПП «Учебная техника», г. Москва)). | 196135, г. Санкт-Петербург, ул. Гастелло, д. 15, аудитория №32-05. |

10. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

10.1. Состав оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине приведен в таблице 13.

Таблица 13 – Состав оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

| Вид промежуточной аттестации | Перечень оценочных средств |
|------------------------------|---------------------------------------|
| Зачет | Список вопросов; Тесты; Задачи. |

10.2. В качестве критериев оценки уровня сформированности (освоения) компетенций обучающимися применяется 5-балльная шкала оценки сформированности компетенций, которая приведена в таблице 14. В течение семестра может использоваться 100-балльная шкала модульно-рейтинговой системы Университета, правила использования которой, установлены соответствующим локальным нормативным актом ГУАП.

Таблица 14 – Критерии оценки уровня сформированности компетенций

| Оценка компетенции | Характеристика сформированных компетенций |
|------------------------|---|
| 5-балльная шкала | |
| «отлично» «зачтено» | – обучающийся глубоко и всесторонне усвоил программный материал; – уверенно, логично, последовательно и грамотно его излагает; – опираясь на знания основной и дополнительной литературы, тесно привязывает усвоенные научные положения с практической деятельностью направления; – умело обосновывает и аргументирует выдвигаемые им идеи; – делает выводы и обобщения; – свободно владеет системой специализированных понятий. |
| «хорошо» «зачтено» | – обучающийся твердо усвоил программный материал, грамотно и по существу излагает его, опираясь на знания основной литературы; – не допускает существенных неточностей; – увязывает усвоенные знания с практической деятельностью направления; – аргументирует научные положения; – делает выводы и обобщения; |

| Оценка компетенции | Характеристика сформированных компетенций |
|---------------------------------------|---|
| 5-балльная шкала | |
| | – владеет системой специализированных понятий. |
| «удовлетворительно» «зачтено» | – обучающийся усвоил только основной программный материал, по существу излагает его, опираясь на знания только основной литературы; – допускает несущественные ошибки и неточности; – испытывает затруднения в практическом применении знаний направления; – слабо аргументирует научные положения; – затрудняется в формулировании выводов и обобщений; – частично владеет системой специализированных понятий. |
| «неудовлетворительно» «не зачтено» | – обучающийся не усвоил значительной части программного материала; – допускает существенные ошибки и неточности при рассмотрении проблем в конкретном направлении; – испытывает трудности в практическом применении знаний; – не может аргументировать научные положения; – не формулирует выводов и обобщений. |

10.3. Типовые контрольные задания или иные материалы.

Вопросы (задачи) для экзамена представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Вопросы (задачи) для экзамена

| № п/п | Перечень вопросов (задач) для экзамена | Код индикатора |
|-------|--|----------------|
| | Учебным планом не предусмотрено | |

Вопросы (задачи) для зачета / дифф. зачета представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Вопросы (задачи) для зачета / дифф. зачета

| № п/п | Перечень вопросов (задач) для зачета / дифф. зачета | Код индикатора |
|-------|--|----------------|
| 1 | В чем состоит гипотеза де Бройля? | ПК-6.3.1 |
| 2 | Объясните, при каких условиях микрочастицы проявляют волновые свойства. Приведите примеры, подтверждающие волновые свойства частиц. | ПК-6.3.1 |
| 3 | Будет ли проявлять волновые свойства футбольный мяч при попадании в ворота шириной 7 м, если масса мяча 400 г., а скорость - 100 км/ч? Ответ обосновать. | ПК-6.В.1 |
| 4 | Каков физический смысл волновой функции? | ПК-6.3.1 |
| 5 | В чем отличие стационарного и нестационарного уравнения Шрёдингера? | ПК-6.3.1 |
| 6 | Сравните длину волны де Бройля для шарика массой $m_{ш} = 0,2$ г и протона массой $m_p = 1.67 \cdot 10^{-27}$ кг, имеющих одинаковые скорости v . | ПК-6.В.1 |
| 7 | Каким образом энергия «нулевых колебаний» квантового гармонического осциллятора связана с соотношением неопределенностей Гейзенберга? | ПК-6.3.1 |
| 8 | Посчитайте, сколько электронов может находиться в основном состоянии в атоме. | ПК-6.В.1 |

| | | |
|----|---|----------|
| 9 | Посчитайте, сколько электронов в атоме, у которого целиком заполнена внешняя 2p-оболочка. Атом какого вещества имеет такую электронную конфигурацию? | ПК-6.В.1 |
| 10 | Оцените по порядку величины время жизни квантового состояния, энергия которого характеризуется размытием порядка $\Delta E \approx 0.1$ эВ. | ПК-6.В.1 |
| 11 | Микрочастица заперта в одномерной потенциальной яме шириной l с бесконечными стенками и находится в состоянии с квантовым числом $n = 1$. Покажите, как определить координаты точек, в которых вероятность обнаружить микрочастицу максимальна. Найдите их в указанном случае. | ПК-6.В.1 |
| 12 | Каким может быть спин частиц, которые описываются статистикой Ферми-Дирака? Приведите примеры таких частиц. | ПК-6.3.1 |
| 13 | Объясните, чем отличается характер заполнения состояний квантовой системы фермионами и бозонами. | ПК-6.3.1 |
| 14 | Сопоставьте свойства спонтанного и вынужденного излучения. | ПК-6.3.1 |
| 15 | Предложите теоретическое обоснование, как изменится проводимость кремниевого образца, если в него внедрить небольшое количество индиевой примеси? Валентность кремния равна 4, валентность индия – 3. | ПК-6.В.1 |
| 16 | Опишите принцип работы лазера по трехуровневой схеме. | ПК-6.3.1 |
| 17 | Лазер работает по трехуровневой схеме. Энергия основного состояния $E_1 = -8$ эВ, энергия возбужденного состояния $E_2 = -5$ эВ, энергия метастабильного состояния $E_3 = -5.2$ эВ. Определите длину волны, на которой происходит рабочее излучение. | ПК-6.В.1 |
| 18 | Чему равна молярная теплоемкость твердого тела, согласно классической теории теплоемкости Дюлонга и Пти? | ПК-6.3.1 |
| 19 | Объясните, как квантовая теория теплоемкости твердого тела Дебая дополняет теорию теплоемкости Эйнштейна. | ПК-6.В.1 |
| 20 | Какая частица называется фононом? Каким квантовым распределением описываются фононы? | ПК-6.3.1 |

Перечень тем для курсового проектирования/выполнения курсовой работы представлены в таблице 17.

Таблица 17 – Перечень тем для курсового проектирования/выполнения курсовой работы

| № п/п | Примерный перечень тем для курсового проектирования/выполнения курсовой работы |
|-------|--|
| | Учебным планом не предусмотрено |

Вопросы для проведения промежуточной аттестации в виде тестирования представлены в таблице 18.

Таблица 18 – Примерный перечень вопросов для тестов

| № п/п | Примерный перечень вопросов для тестов | Код индикатора |
|-------|---|----------------|
| 1 | <p>Укажите, в чём заключается гипотеза де Бройля:</p> <p>1) Любые микрочастицы наряду с корпускулярными обладают волновыми свойствами</p> <p>2) Атом не может содержать более двух электронов, находящихся в одинаковых стационарных состояниях, определяемых набором четырех квантовых чисел</p> | ПК-6.3.1 |

| | | |
|---|---|----------|
| | <p>3) Одновременно невозможно с высокой точностью задать координаты и импульс микрочастицы</p> <p>4) Энергия испускается и поглощается не непрерывно, а отдельными квантами</p> | |
| 2 | <p>Выберите утверждение, наиболее правильно соответствующее гипотезе де Бройля:</p> <p>1) Микрочастицы могут проявлять волновые свойства</p> <p>2) Электромагнитные волны имеют свойства частиц</p> <p>3) У каждой частицы существует античастица</p> <p>4) Ядро атома состоит из кварков</p> | ПК-6.3.1 |
| 3 | <p>Рассчитайте длину волны де Бройля для электрона, движущегося со скоростью 3.6 км/с. Масса электрона $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$ кг, заряд электрона $q_e = -1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл.</p> <p>1) 1.6 мкм</p> <p>2) 2.6 м</p> <p>3) 201 нм</p> <p>4) 3.6 мкм</p> | ПК-6.В.1 |
| 4 | <p>Укажите количество значений, которые может принимать магнитное квантовое число m при данном значении орбитального квантового числа l?</p> <p>1) $2l + 1$</p> <p>2) $3l + 1$</p> <p>3) $l - 1$;</p> <p>4) l</p> | ПК-6.3.1 |
| 5 | <p>Укажите, что определяет главное квантовое число n.</p> <p>1) Энергетические уровни электрона в атоме</p> <p>2) Величину момента импульса электрона в атоме</p> <p>3) Проекцию орбитального момента импульса электрона на заданное направление</p> <p>4) Величину момента импульса электрона в заданном направлении</p> | ПК-6.3.1 |
| 6 | <p>Укажите, что определяет магнитное квантовое число m.</p> <p>1) Орбитальный механический момент электрона в атоме</p> <p>2) Энергию стационарного состояния электрона в атоме</p> <p>3) Величину момента импульса электрона в заданном направлении</p> <p>4) Энергетические уровни электрона в атоме</p> | ПК-6.3.1 |
| 7 | <p>В честь кого назван эффект расщепления уровней энергии атома во внешнем электрическом поле?</p> <p>1) Эйнштейна и де Хааса</p> <p>2) Штарка</p> <p>3) Эттингсгаузена</p> <p>4) Ааронова-Бома</p> | ПК-6.3.1 |
| 8 | <p>Как называют линии в спектре комбинационного рассеяния с частотами, меньшими частоты падающего света?</p> | ПК-6.3.1 |

| | | |
|----|--|----------|
| | 1) Оранжевыми спутниками 2) Антистоксовыми спутниками 3) Стоксовыми спутниками 4) Антагонистическими спутниками | |
| 9 | Поясните физический смысл волновой функции. 1) Волновая функция пропорциональна энергии частицы 2) Произведение волновой функции на комплексно-сопряженное выражение равно плотности вероятности обнаружения частицы. 3) Волновая функция обратно пропорциональна длине волны де Бройля 4) Волновая функция представляет собой кинематический закон движения микрочастицы $x=x(t)$ в неявной форме. | ПК-6.3.1 |
| 10 | Выберите верную формулировку соотношения неопределенностей Гейзенберга: 1) $\Delta E \cdot \Delta t \geq h$ 2) $\Delta z \cdot \Delta t \geq h$ 3) $\Delta p \cdot \Delta m \geq h$ 4) $\Delta y \cdot \Delta t \geq h$ | ПК-6.3.1 |
| 11 | Укажите, какие частицы являются фермионами. 1) Электрически заряженные частицы. 2) Электрически нейтральные частицы. 3) Все частицы с полуцелым спином. 4) Электрически заряженные частицы с целым спином. | ПК-6.В.1 |
| 12 | Как называется твердое тело, у которого валентная зона полностью заполнена, зона проводимости – полностью свободна, а ширина запрещенной зоны велика по сравнению с энергией теплового движения? 1) Проводник 2) Диэлектрик 3) Полупроводник 4) Примесный полупроводник | ПК-6.3.1 |
| 13 | Какую размерность имеет постоянная Планка в системе СИ? 1) Дж*с 2) Дж/с 3) Дж/м 4) Дж/эВ | ПК-6.3.1 |
| 14 | Какая внесистемная единица используется для измерения энергии микрочастиц? 1) эВ 2) Å 3) кКал 4) эрг | ПК-6.3.1 |

| | | |
|----|---|----------|
| 15 | <p>Оцените, какой смысл имеет соотношение неопределенностей Гейзенберга для энергии частицы и времени пребывания ее в состоянии с данной энергией?</p> <p>1) Энергия прямо пропорциональна времени 2) Энергия обратно пропорциональна времени 3) Энергия и время могут быть измерены одновременно со сколь угодно высокой точностью 4) Чем больше неопределенность энергии, тем меньше неопределенность времени</p> | ПК-6.В.1 |
| 16 | <p>В ходе измерения с достаточно высокой точностью была определена x-составляющая импульса электрона. Объясните, что из этого следует, руководствуясь соотношениями неопределенностей Гейзенберга.</p> <p>1) Время жизни и энергия электрона имеют существенную неопределенность 2) Координата x электрона не может быть определена с высокой точностью 3) Все координаты электрона полностью неопределенные 4) y- и z-составляющие импульса электрона имеют строго определенное значение</p> | ПК-6.В.1 |
| 17 | <p>Как называется состояние электрона в атоме, соответствующее минимальному возможному значению его энергии?</p> <p>1) Возбужденное состояние 2) Метастабильное состояние 3) Основное состояние 4) Валентное состояние</p> | ПК-6.3.1 |
| 18 | <p>В чем заключается туннельный эффект?</p> <p>1) В волновом характере движения микрочастицы в периодическом потенциале 2) В корпускулярном поведении электромагнитного излучения при прохождении его через узкое отверстие 3) В нахождении частицы сразу в нескольких точках пространства одновременно 4) В прохождении микрочастицы через потенциальный барьер, когда энергия частицы меньше высоты этого барьера</p> | ПК-6.3.1 |
| 19 | <p>Какие подвижные частицы или квазичастицы являются носителями заряда в полупроводниках?</p> <p>1) Электроны 2) Протоны 3) Электроны и дырки 4) Ионы</p> | ПК-6.В.1 |
| | Вопросы для проверки остаточных знаний | |
| 20 | <p><i>Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа:</i></p> | ПК-6 |

| | <p>Укажите, что из перечисленного <u>не</u> является строгим условием для когерентности световых волн.</p> <p>1) Одинаковость амплитуд 2) Постоянство разности фаз 3) Равенство длин волн 4) Равенство частот</p> <p>Ответ: 1) Одинаковость амплитуд, поскольку для устойчивой интерференционной картины необходимы равенство длин волн (а, следовательно, и частот) и постоянство разности фаз.</p> | | | | | | | | |
|----------------------------------|---|----------|------|------------------------------|------------------------|----------------------------------|---------------|-------------------------|----------------|
| 21 | <p><i>Прочитайте текст, выберите правильные варианты ответа и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа:</i> Укажите, какие из перечисленных ниже наборов трех квантовых чисел в атоме являются допустимыми.</p> <p>1) $n = 1, l = 0, m = 0$ 2) $n = 0, l = 0, m = 0$ 3) $n = 2, l = 0, m = 0$ 4) $n = 2, l = 1, m = -1$</p> <p>Ответ: 1, 3 и 4, поскольку главное квантовое число n не может иметь нулевое значение.</p> | | | | | | | | |
| 22 | <p><i>Прочитайте текст и установите соответствие. К каждой позиции, данной в левом столбце, подберите позицию из правого столбца:</i> Установите соответствие между характером движения и действующей на тело силой.</p> <table><tr><th>Движение</th><th>Сила</th></tr><tr><td>1) Равномерное прямолинейное</td><td>А) Центростремительная</td></tr><tr><td>2) Равноускоренное прямолинейное</td><td>Б) Постоянная</td></tr><tr><td>3) Равномерное вращение</td><td>В) Равная нулю</td></tr></table> <p>Ответ: 1-В, 2-Б, 3-А</p> | Движение | Сила | 1) Равномерное прямолинейное | А) Центростремительная | 2) Равноускоренное прямолинейное | Б) Постоянная | 3) Равномерное вращение | В) Равная нулю |
| Движение | Сила | | | | | | | | |
| 1) Равномерное прямолинейное | А) Центростремительная | | | | | | | | |
| 2) Равноускоренное прямолинейное | Б) Постоянная | | | | | | | | |
| 3) Равномерное вращение | В) Равная нулю | | | | | | | | |
| 23 | <p><i>Прочитайте текст и установите последовательность. Запишите соответствующую последовательность букв слева направо:</i> Расположите перечисленные ниже тела в порядке возрастания их момента инерции. Массы и характерные размеры тел считать одинаковыми.</p> <p>А) Шар Б) Тонкое кольцо В) Цилиндр</p> <p>Ответ: АВБ</p> | | | | | | | | |
| 24 | <p><i>Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ:</i> Объясните, как изменится сила тока через проводник, если при неизменной разности потенциалов на его концах и постоянной толщине проводника увеличить его длину.</p> | | | | | | | | |

| | | |
|--|--|--|
| | Ответ: При увеличении длины проводника возрастает его сопротивление, а с ростом сопротивления, в соответствии с законом Ома, уменьшается сила тока. | |
|--|--|--|

Примечание. Система оценивания тестовых заданий различного типа:

1) **Задание комбинированного типа с выбором одного верного ответа из четырех предложенных и обоснованием выбора** считается верным, если правильно указана цифра и приведены конкретные аргументы, используемые при выборе ответа. Полное совпадение с верным ответом оценивается 1 баллом, неверный ответ или его отсутствие – 0 баллов.

2) **Задание комбинированного типа с выбором нескольких вариантов ответа из предложенных и развернутым обоснованием выбора** считается верным, если правильно указаны цифры и приведены конкретные аргументы, используемые при выборе ответов. Полное совпадение с верным ответом оценивается 1 баллом, если допущены ошибки или ответ отсутствует – 0 баллов.

3) **Задание закрытого типа на установление соответствия** считается верным, если установлены все соответствия (позиции из одного столбца верно сопоставлены с позициями другого столбца). Полное совпадение с верным ответом оценивается 1 баллом, неверный ответ или его отсутствие – 0 баллов

4) **Задание закрытого типа на установление последовательности** считается верным, если правильно указана вся последовательность цифр. Полное совпадение с верным ответом оценивается 1 баллом, если допущены ошибки или ответ отсутствует – 0 баллов.

5) **Задание открытого типа с развернутым ответом** считается верным, если ответ совпадает с эталонным по содержанию и полноте. Правильный ответ за задание оценивается в 3 балла, если допущена одна ошибка \ неточность \ ответ правильный, но не полный – 1 балл, если допущено более 1 ошибки \ ответ неправильный \ ответ отсутствует – 0 баллов.

Перечень тем контрольных работ по дисциплине обучающихся заочной формы обучения, представлены в таблице 19.

Таблица 19 – Перечень контрольных работ

| № п/п | Перечень контрольных работ |
|-------|----------------------------|
| | Не предусмотрено |

10.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания индикаторов, характеризующих этапы формирования компетенций, содержатся в локальных нормативных актах ГУАП, регламентирующих порядок и процедуру проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся ГУАП.

11. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

11.1. Методические указания для обучающихся по освоению лекционного материала.

Основное назначение лекционного материала – логически стройное, системное, глубокое и ясное изложение учебного материала. Назначение современной лекции в рамках дисциплины не в том, чтобы получить всю информацию по теме, а в освоении фундаментальных проблем дисциплины, методов научного познания, новейших достижений научной мысли. В учебном процессе лекция выполняет методологическую, организационную и информационную функции. Лекция раскрывает понятийный аппарат

конкретной области знания, её проблемы, дает цельное представление о дисциплине, показывает взаимосвязь с другими дисциплинами.

Планируемые результаты при освоении обучающимися лекционного материала:

- получение современных, целостных, взаимосвязанных знаний, уровень которых определяется целевой установкой к каждой конкретной теме;
- получение опыта творческой работы совместно с преподавателем;
- развитие профессионально-деловых качеств, любви к предмету и самостоятельного творческого мышления.
- появление необходимого интереса, необходимого для самостоятельной работы;
- получение знаний о современном уровне развития науки и техники и о прогнозе их развития на ближайшие годы;
- научиться методически обрабатывать материал (выделять главные мысли и положения, приходить к конкретным выводам, повторять их в различных формулировках);
- получение точного понимания всех необходимых терминов и понятий.

Лекционный материал может сопровождаться демонстрацией слайдов и использованием раздаточного материала при проведении коротких дискуссий об особенностях применения отдельных тематик по дисциплине.

Структура предоставления лекционного материала:

- лекции согласно разделам (табл.3) и темам (табл.4).

11.2. Методические указания для обучающихся по прохождению практических занятий.

Практическое занятие является одной из основных форм организации учебного процесса, заключающаяся в выполнении обучающимися под руководством преподавателя комплекса учебных заданий с целью усвоения научно-теоретических основ учебной дисциплины, приобретения умений и навыков, опыта творческой деятельности.

Целью практического занятия для обучающегося является привитие обучающимся умений и навыков практической деятельности по изучаемой дисциплине.

Планируемые результаты при освоении обучающимися практических занятий:

- закрепление, углубление, расширение и детализация знаний при решении конкретных задач;
- развитие познавательных способностей, самостоятельности мышления, творческой активности;
- овладение новыми методами и методиками изучения конкретной учебной дисциплины;
- выработка способности логического осмысления полученных знаний для выполнения заданий;
- обеспечение рационального сочетания коллективной и индивидуальной форм обучения.

Требования к проведению практических занятий

Задание к выполнению практической работы выдается преподавателем в начале занятия в соответствии с планом занятий. Темы практических работ приведены в табл. 5 данной программы.

Практические занятия проводятся в виде обсуждения основных типов задач, связанных с теоретическими вопросами, рассматриваемыми в лекционном курсе и в виде разбора вопросов, которые могут возникнуть у студентов при освоении материала.

Методические указания по проведению практических занятий приведены в следующих пособиях, имеющихся в библиотеке ГУАП в напечатанном и электронном виде:

1. Механика. Колебания и волны. Термодинамика. Сборник задач // И.И. Коваленко, Е.Н. Котликов, Н.П. Лавровская, Ю.А. Новикова, В.К. Прилипко, Е.В. Рутьков, Ю.Н. Царев. СПбГУАП, 2018. 67 с.

2. Электричество. Магнетизм. Оптика. Сборник задач. // В.М. Андреев, И.И. Коваленко, Е.Н. Котликов, И.П. Крестунова, Н.П. Лавровская, Н.Н. Литвинова, Ю.А. Новикова, М.О. Первушина, В.К. Прилипко, Г.В. Терещенко, А.Н. Холодилов, Ю.Н. Царев, Б.Ф. Шифрин. СПбГУАП, 2019. 78 с.

3. Квантовая физика. Сборник задач // И.И. Коваленко, Е.Н. Котликов, Н.П. Лавровская, Н.Н. Литвинова, Г.Л. Плехоткина, В.К. Прилипко, Е.В. Рутьков, Ю.Н. Царев. СПбГУАП, 2015. 58 с.

11.3. Методические указания для обучающихся по прохождению самостоятельной работы

В ходе выполнения самостоятельной работы, обучающийся выполняет работу по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Для обучающихся по заочной форме обучения, самостоятельная работа может включать в себя контрольную работу.

В процессе выполнения самостоятельной работы, у обучающегося формируется целесообразное планирование рабочего времени, которое позволяет им развивать умения и навыки в усвоении и систематизации приобретаемых знаний, обеспечивает высокий уровень успеваемости в период обучения, помогает получить навыки повышения профессионального уровня.

Методическими материалами, направляющими самостоятельную работу обучающихся являются:

- учебно-методический материал по дисциплине;
- методические указания по выполнению контрольных работ (для обучающихся по заочной форме обучения).

11.4. Методические указания для обучающихся по прохождению текущего контроля успеваемости.

Текущий контроль успеваемости предусматривает контроль качества знаний обучающихся, осуществляемого в течение семестра с целью оценивания хода освоения дисциплины.

Текущий контроль осуществляется по календарному учебному графику. Сроки контрольных мероприятий и сроки подведения итогов отображаются в рабочих учебных планах на семестр. Обучающийся должен выполнить все контрольные мероприятия, предусмотренные на данный семестр, после чего преподаватель проставляет балльные оценки, набранные студентами по результатам текущего контроля.

Основными формами текущего контроля знаний, обучающихся являются: устный опрос на лекционных или практических занятиях; защита лабораторных работ. Средствами текущего контроля знаний, обучающихся могут быть: беседы преподавателя и обучающегося; контрольные вопросы и задания. Контрольное мероприятие считается выполненным, если за него студент получил оценку в баллах не ниже минимальной оценки, установленной преподавателем по данному мероприятию.

Ликвидация задолженности, образовавшейся в случае пропуска обучающимся занятий без уважительной причины, отказа обучающегося от ответов на занятиях, неудовлетворительного ответа, обучающегося на занятиях, неудовлетворительного выполнения контрольных, лабораторных и практических работ может осуществляться на индивидуальных консультациях.

Результаты текущего контроля успеваемости обучающихся служат основой для промежуточной аттестации: получения зачета по учебной дисциплине или допуска к дифференциальному зачету или экзамену по учебной дисциплине.

11.5. Методические указания для обучающихся по прохождению промежуточной аттестации.

Промежуточная аттестация обучающихся предусматривает оценивание промежуточных и окончательных результатов обучения по дисциплине. Она включает в себя:

– зачет – это форма оценки знаний, полученных обучающимся в ходе изучения учебной дисциплины в целом или промежуточная (по окончании семестра) оценка знаний обучающимся по отдельным разделам дисциплины с аттестационной оценкой «зачтено» или «не зачтено».

Зачет может проходить в виде устного опроса или тестирования. Основанием для допуска к промежуточной аттестации является успешное прохождение обучающимся текущего контроля успеваемости.

Основными ориентирами при подготовке к промежуточной аттестации по дисциплине являются конспект лекций и перечень рекомендуемой литературы. При подготовке к сессии обучающемуся рекомендуется так организовать учебную работу, чтобы перед первым днем начала сессии были сданы и защищены все лабораторные работы. Основное в подготовке к сессии – это повторение всего материала курса, по которому необходимо пройти аттестацию. При подготовке к сессии следует весь объем работы распределять равномерно по дням, отведенным для подготовки, контролировать каждый день выполнения работы.

Система оценок при проведении текущего контроля и промежуточной аттестации осуществляется в соответствии с руководящим документом организации РДО ГУАП. СМК 3.76 «Положение о текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации студентов и аспирантов, обучающихся по образовательным программам высшего образования в ГУАП» https://docs.guap.ru/guap/2020/sto_smk-3-76.pdf.

Лист внесения изменений в рабочую программу дисциплины

| Дата внесения изменений и дополнений. Подпись внесшего изменения | Содержание изменений и дополнений | Дата и № протокола заседания кафедры | Подпись зав. кафедрой |
|---|-----------------------------------|--------------------------------------|-----------------------|
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |