

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

Кафедра № 3

УТВЕРЖДАЮ

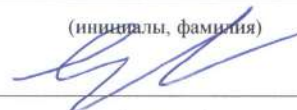
Руководитель программы

д.ф.-м.н., доц.

(должность, уч. степень, звание)

А.О. Смирнов

(инициалы, фамилия)



(подпись)

« 26 » июня 2024 г

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Физические основы квантовых вычислений»
(Наименование дисциплины)

Код научной специальности	1.1.2.
Наименование научной специальности	Дифференциальные уравнения и математическая физика
Наименование направленности (профиля) (при наличии)	
Год начала реализации программы	2024

Санкт-Петербург– 2024

Лист согласования рабочей программы дисциплины

Программу составил (а)

доц., к.ф.-м.н.

(должность, уч. степень, звание)


(подпись, дата)

17.06.2024

Б.В. Лобанов

(инициалы, фамилия)

Программа одобрена на заседании кафедры № 3

« 18 » июня 2024 г, протокол № 15

Заведующий кафедрой № 3

д.т.н., проф.

(уч. степень, звание)


(подпись, дата)

18.06.2024

А.В. Копыльцов

(инициалы, фамилия)

Ответственный за программу 1.1.2.

д.ф.-м.н., доц.

(должность, уч. степень, звание)


(подпись, дата)

24.06.2024

А.О. Смирнов

(инициалы, фамилия)

Заместитель директора института ФПТИ по методической работе

доц., к.ф.-м.н., доц.

(должность, уч. степень, звание)


(подпись, дата)

24.06.2024

Ю.А. Новикова

(инициалы, фамилия)

Аннотация

Дисциплина «Физические основы квантовых вычислений» входит в состав программы подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре по научной специальности 1.1.2. «Дифференциальные уравнения и математическая физика». Дисциплина реализуется кафедрой «№3».

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с квантовыми вычислениями и передачей информации по квантовым каналам.

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

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

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 1 зачетную единицу, 36 часов.

Язык обучения по дисциплине «русский».

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

1.1. Цели преподавания дисциплины

Цель курса – формирование представления о квантовых вычислениях, являющихся важным элементом теории информации и квантовой физики.

1.2. Дисциплина входит в состав программы подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре.

1.3. В результате изучения дисциплины аспирант должен:

знать:

- физические принципы, лежащие в основе квантовой парадигмы вычислений;
- основные физические законы, методы исследования и измерений;
- работу квантовых логических вентилях и использование их для построения схем, реализующих основные квантовые алгоритмы.

уметь:

- применять знания для решения профессиональных задач;
- прогнозировать результаты квантовых вычислений с использованием математического аппарата квантовой механики.

владеть:

- основными методами исследования и измерений;
- основными квантовыми криптографическими протоколами.

2. Место дисциплины в структуре программы

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

- «Физика»,
- «Линейная алгебра»,
- «Теория информации».

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

- «Математические методы оптимизации в научном исследовании».

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 1.

Таблица 1 – Объем и трудоемкость дисциплины

Вид учебной работы	Всего	Трудоемкость по семестрам
		№2
1	2	3
<i>Общая трудоемкость дисциплины, ЗЕ/ (час)</i>	1/ 36	1/ 36
<i>Из них часов практической подготовки, (час)</i>		
<i>Аудиторные занятия, всего час.</i>	7	7
<i>в том числе:</i>		
<i>лекции (Л), (час)</i>	7	7
<i>практические/семинарские занятия</i>		

(ПЗ), (час)		
экзамен, (час)		
Самостоятельная работа (СР), всего (час)	29	29
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 2.

Таблица 2 – Разделы, темы дисциплины, их трудоемкость

Разделы, темы дисциплины	Лекции (час)	ПЗ (СЗ)	СРС (час)
Семестр 2			
Раздел 1. Предпосылки возникновения квантовой парадигмы вычислений	3		15
Раздел 2. Кубит. Квантовые алгоритмы	4		14
Итого в семестре:	7		29
Итого	7	0	29

Практическая подготовка заключается в непосредственном выполнении аспирантами 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 3.

Таблица 3 – Содержание разделов и тем лекционного цикла

Номер раздела	Название и содержание разделов и тем лекционных занятий
Раздел 1	Предпосылки возникновения квантовой парадигмы вычислений Принцип Р. Ландауэра. Обратимые вычисления. Аксиомы квантовой механики. Математический аппарат векторов гильбертова пространства.
Раздел 2	Кубит. Квантовые алгоритмы Кубит, одно- и двухкубитовые схемы. Полный набор гейтов. Квантовые схемы: условные операции, создание запутанных состояний. Алгоритм Дойча. Квантовое преобразование Фурье. Протокол квантовой телепортации. Квантовое сжатие данных. Криптографические протоколы BB84 и B92.

4.3. Практические (семинарские) занятия

Темы практических занятий и их трудоемкость приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Практические занятия и их трудоемкость

№ п/п	Темы практических занятий	Формы практических занятий	Трудоемкость, (час)	Из них практической подготовки, (час)	№ раздела дисциплины
Учебным планом не предусмотрено					
Всего					

4.4. Самостоятельная работа аспирантов

Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость

Вид самостоятельной работы	Всего, час	Семестр 2, час
1	2	3
Изучение теоретического материала дисциплины (ТО)	10	10
Подготовка к текущему контролю успеваемости (ТКУ)	9	9
Подготовка к промежуточной аттестации (программы аспирантуры)	10	10
Всего:	29	29

5. Перечень учебно-методического обеспечения

для самостоятельной работы аспирантов по дисциплине

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы аспирантов указаны в п.п. 6-11.

6. Перечень печатных и электронных учебных изданий

Перечень печатных и электронных учебных изданий приведен в таблице 6.

Таблица 6– Перечень печатных и электронных учебных изданий

Шифр/ URL адрес	Библиографическая ссылка	Количество экземпляров в библиотеке (кроме электронных экземпляров)
	М. Нильсен, И. Чанг. Квантовые вычисления и квантовая информация. М., Мир, 2006 г. – 824 с.	5 (ФО)
53 Т76	Курс физики: учебное пособие / Т. И. Трофимова. - 21-е изд., стер. - М.: Академия, 2015. - 560 с.: рис., табл. - (Высшее образование). - Предм. указ.: с. 537 -549. - ISBN 978-5-4468-2023-8	94
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/1984909	Иродов, И. Е. Квантовая физика. Основные законы : учебное пособие / И.	

	Е. Иродов. - 8-е изд. - Москва : Лаборатория знаний, 2021. - 261 с.	
https://e.lanbook.com/book/123463	Савельев, И. В. Курс общей физики: учебное пособие: в 3 томах / И. В. Савельев. - 13-е изд., стер. - Санкт-Петербург: Лань, [б. г.]. - Том 3: Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц - 2019. - 320 с.	
https://urait.ru/bcode/425490	Курс общей физики в 3 кн. Книга 2: электромагнетизм, оптика, квантовая физика: учебник для бакалавров / Б. В. Бондарев, Н. П. Калашников, Г. Г. Спириин. - 2-е изд. - Москва: Издательство Юрайт, 2019. - 441 с.	
https://znanium.com/catalog/product/1094750	Канн, К. Б. Курс общей физики : учебное пособие / К. Б. Канн. — Москва : КУРС : ИНФРА-М, 2022. — 368 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 7.

Таблица 7 – 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://znanauku.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 8.

Таблица 8 – 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 9.

Таблица 9– 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 10.

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 средства обучения, служащие для представления учебной информации большой аудитории; набор демонстрационного оборудования.	196135, г. Санкт-Петербург, ул. Гастелло, д. 15, аудитория №32-01

10. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

10.1. Состав оценочных средств для проведения промежуточной аттестации аспирантов по дисциплине приведен в таблице 11.

Таблица 11 – 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 освоения аспирантами дисциплины применяется 4-балльная шкала оценивания, которая приведена в таблице 12. В течение семестра может использоваться 100-балльная шкала модульно-рейтинговой системы Университета, правила использования которой, установлены соответствующим локальным нормативным актом ГУАП.

Таблица 12 – Критерии оценки уровня освоения дисциплины

Оценка	Характеристика уровня освоения дисциплины
4-балльная шкала	

Оценка	Характеристика уровня освоения дисциплины
4-балльная шкала	
«отлично» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> – аспирант 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 по направлению подготовки/ специальности; – умело обосновывает и аргументирует выдвигаемые им идеи; – делает выводы и обобщения; – свободно владеет системой специализированных понятий.
«хорошо» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> – аспирант 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 по направлению подготовки/ специальности; – аргументирует научные положения; – делает выводы и обобщения; – владеет системой специализированных понятий.
«удовлетворительно» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> – аспирант 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 по направлению подготовки/ специальности; – слабо аргументирует научные положения; – затрудняется в формулировании выводов и обобщений; – частично владеет системой специализированных понятий.
«неудовлетворительно» «не зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> – аспирант не усвоил значительной части программного материала; – допускает существенные ошибки и неточности при рассмотрении проблем в конкретном направлении подготовки/ специальности; – 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 13.

Таблица 13 – Вопросы (задачи) для экзамена

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для экзамена
	Учебным планом не предусмотрено

Вопросы (задачи) для зачета / дифф. зачета представлены в таблице 14.

Таблица 14 – Вопросы (задачи) для зачета / дифф. зачета

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для зачета / дифф. зачета
1	В чем состоит гипотеза де Бройля?
2	Объясните, при каких условиях микрочастицы проявляют волновые свойства. Приведите примеры, подтверждающие волновые свойства частиц.
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.
4	Каков физический смысл волновой функции?
5	В чем отличие стационарного и нестационарного уравнения Шрёдингера?
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 .

7	Каким образом энергия «нулевых колебаний» квантового гармонического осциллятора связана с соотношением неопределенностей Гейзенберга?
8	Посчитайте, сколько электронов может находиться в основном состоянии в атоме.
9	Посчитайте, сколько электронов в атоме, у которого целиком заполнена внешняя 2p-оболочка. Атом какого вещества имеет такую электронную конфигурацию?
10	Оцените по порядку величины время жизни квантового состояния, энергия которого характеризуется размытием порядка $\Delta E \approx 0.1$ эВ.
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.
12	Каким может быть спин частиц, которые описываются статистикой Ферми-Дирака? Приведите примеры таких частиц.
13	Объясните, чем отличается характер заполнения состояний квантовой системы фермионами и бозонами.
14	Сопоставьте свойства спонтанного и вынужденного излучения.
15	Предложите теоретическое обоснование, как изменится проводимость кремниевого образца, если в него внедрить небольшое количество индиевой примеси? Валентность кремния равна 4, валентность индия – 3.
16	Опишите принцип работы лазера по трехуровневой схеме.
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.
18	Чему равна молярная теплоемкость твердого тела, согласно классической теории теплоемкости Дюлонга и Пти?
19	Объясните, как квантовая теория теплоемкости твердого тела Дебая дополняет теорию теплоемкости Эйнштейна.
20	Какая частица называется фононом? Каким квантовым распределением описываются фононы?

Вопросы для проведения промежуточной аттестации в виде тестирования представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Примерный перечень вопросов для тестов

№ п/п	Примерный перечень вопросов для тестов
1	<p>Укажите, в чём заключается гипотеза де Бройля:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Любые микрочастицы наряду с корпускулярными обладают волновыми свойствами 2) Атом не может содержать более двух электронов, находящихся в одинаковых стационарных состояниях, определяемых набором четырех квантовых чисел 3) Одновременно невозможно с высокой точностью задать координаты и импульс микрочастицы 4) Энергия испускается и поглощается не непрерывно, а отдельными квантами
2	<p>Выберите утверждение, наиболее правильно соответствующее гипотезе де Бройля:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Микрочастицы могут проявлять волновые свойства

	<p>2) Электромагнитные волны имеют свойства частиц</p> <p>3) У каждой частицы существует античастица</p> <p>4) Ядро атома состоит из кварков</p>
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>
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>
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>
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>
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>
8	<p>Как называют линии в спектре комбинационного рассеяния с частотами, меньшими частоты падающего света?</p> <p>1) Оранжевыми спутниками</p> <p>2) Антистоксовыми спутниками</p> <p>3) Стоксовыми спутниками</p> <p>4) Антагонистическими спутниками</p>
9	<p>Поясните физический смысл волновой функции.</p> <p>1) Волновая функция пропорциональна энергии частицы</p> <p>2) Произведение волновой функции на комплексно-сопряженное выражение равно плотности вероятности обнаружения частицы.</p> <p>3) Волновая функция обратно пропорциональна длине волны де Бройля</p> <p>4) Волновая функция представляет собой кинематический закон движения</p>

	микрочастицы $x=x(t)$ в неявной форме.
10	<p>Выберите верную формулировку соотношения неопределенностей Гейзенберга:</p> <ol style="list-style-type: none"> 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) $\Delta y \cdot \Delta t \geq h$
11	<p>Укажите, какие частицы являются фермионами.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Электрически заряженные частицы. 2) Электрически нейтральные частицы. 3) Все частицы с полуцелым спином. 4) Электрически заряженные частицы с целым спином.
12	<p>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?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Проводник 2) Диэлектрик 3) Полупроводник 4) Примесный полупроводник
13	<p>Какую размерность имеет постоянная Планка в системе СИ?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Дж*с 2) Дж/с 3) Дж/м 4) Дж/эВ
14	<p>Какая внесистемная единица используется для измерения энергии микрочастиц?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) эВ 2) Å 3) кКал 4) эрг
15	<p>Оцените, какой смысл имеет соотношение неопределенностей Гейзенберга для энергии частицы и времени пребывания ее в состоянии с данной энергией?</p> <ol style="list-style-type: none"> 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
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> <ol style="list-style-type: none"> 1) Время жизни и энергия электрона имеют существенную неопределенность

	<p>2) Координата x электрона не может быть определена с высокой точностью</p> <p>3) Все координаты электрона полностью неопределенные</p> <p>4) y- и z-составляющие импульса электрона имеют строго определенное значение</p>
17	<p>Как называется состояние электрона в атоме, соответствующее минимальному возможному значению его энергии?</p> <p>1) Возбужденное состояние</p> <p>2) Метастабильное состояние</p> <p>3) Основное состояние</p> <p>4) Валентное состояние</p>
18	<p>В чем заключается туннельный эффект?</p> <p>1) В волновом характере движения микрочастицы в периодическом потенциале</p> <p>2) В корпускулярном поведении электромагнитного излучения при прохождении его через узкое отверстие</p> <p>3) В нахождении частицы сразу в нескольких точках пространства одновременно</p> <p>4) В прохождении микрочастицы через потенциальный барьер, когда энергия частицы меньше высоты этого барьера</p>
19	<p>Какие подвижные частицы или квазичастицы являются носителями заряда в полупроводниках?</p> <p>1) Электроны</p> <p>2) Протоны</p> <p>3) Электроны и дырки</p> <p>4) Ионы</p>

10.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания уровня освоения дисциплины, содержатся в локальных нормативных актах ГУАП, регламентирующих порядок и процедуру проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации аспирантов ГУАП.

11. Методические указания для аспирантов по освоению дисциплины

11.1. Методические указания для аспирантов 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 аспирантами 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, приходиться 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 аспирантов по прохождению самостоятельной работы

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

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).

11.3. Методические указания для аспирантов по прохождению текущего контроля успеваемости.

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

Возможные методы текущего контроля успеваемости аспирантов:

- устный опрос на занятиях;
- систематическая проверка выполнения индивидуальных заданий;
- защита отчетов по лабораторным работам;
- тестирование;
- контроль самостоятельных работ (в письменной или устной формах);
- иные виды, определяемые преподавателем.

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 к дифференциальному зачету или экзамену по учебной дисциплине.

В течение семестра для допуска к дифференциальному зачету или экзамену студенту необходимо сдать не менее 75% лабораторных и практических работ, выполнить тестирование в системе дистанционного обучения ГУАП <https://lms.guap.ru> не ниже оценки «удовлетворительно». В случае невыполнения вышеизложенного студент, при успешном прохождении промежуточной аттестации, не может получить аттестационную оценку выше «удовлетворительно».

11.4. Методические указания для аспирантов по прохождению промежуточной аттестации.

– зачет – это форма оценки знаний, полученных аспирантами в ходе изучения учебной дисциплины в целом или промежуточная (по окончании семестра) оценка знаний аспирантов по отдельным разделам дисциплины (модуля) 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