

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
«Федеральный исследовательский центр  
«Казанский научный центр Российской академии наук»

**Фонд оценочных средств текущего контроля  
и промежуточной аттестации аспирантов**

**ПО НАПРАВЛЕНИЮ ПОДГОТОВКИ  
03.06.01 ФИЗИКА И АСТРОНОМИЯ**

## 1. ДИСЦИПЛИНА «ИНОСТРАННЫЙ ЯЗЫК»

### 1.1. Текущий контроль:

- контрольная работа по пройденному лексико-грамматическому материалу (примерный вариант см. ниже);
- подготовка сообщения на тему «Моя научная работа» по плану
  - образование;
  - профессиональная деятельность;
  - наука и исследовательская деятельность;
  - тема научной работы;
  - научный руководитель;
  - планы на будущее.
- перевод научной аннотации с русского языка на иностранный;
- перевод и чтение специализированных статей в объеме 500000 печатных знаков;
- краткий пересказ на иностранном языке 5 статей, выбранных на перевод;
- подготовка реферата. Объем текста – 15 000 печатных знаков. В качестве текста допускается использовать работы только зарубежных авторов: статью из научного журнала, раздел монографии или научной книги. Перевод оформляется в виде реферата, содержащего следующие разделы:
  1. Текст на иностранном языке
  2. Текст перевода
  3. Мини-словарь 500 слов и словосочетаний (из них 250 – термины).

Выполнение условий текущего контроля является допуском к сдаче кандидатского экзамена. Преподаватель, допускающий аспиранта до кандидатского экзамена, заполняет зачетную ведомость, которая является подтверждением допуска к экзамену.

**1.2. Промежуточная аттестация:** кандидатский экзамен по иностранному языку.

Кандидатский экзамен по иностранному языку проводится в два этапа.

На **первом этапе** обучающийся оформляет реферат (см. выше).

На **второй этап** экзамена обучающийся приносит научные тексты на иностранном языке по своей специальности общим объемом 50000 печатных знаков. В качестве текста допускается использовать работы только зарубежных авторов: статью из научного журнала, раздел монографии или научной книги. Второй этап включает в себя три задания:

1. Изучающее чтение оригинального текста на иностранном языке по специальности и передача основного содержания текста на иностранном языке в форме резюме из расчета 2500-3000 печатных знаков за 45-60 минут из журнала.
2. Беглое чтение оригинального текста на иностранном языке по специальности из расчета 1000-1500 печатных знаков за 1-2 минуты из журнала. Передача извлеченной информации на иностранном языке устно.
3. Беседа с экзаменатором на иностранном языке по вопросам, связанным со специальностью и научной работой:
  - образование;
  - профессиональная деятельность;
  - наука и исследовательская деятельность;
  - тема научной работы;

- научный руководитель;
- планы на будущее.

### 1.3 Критерии оценки промежуточной аттестации:

<b>Отлично</b>	Сформированные и систематические знания методов и технологий научной коммуникации на иностранном языке; сформированные систематические знания стилистических особенностей представления результатов научной деятельности в устной и письменной форме на иностранном языке; Успешное и систематическое применение навыков анализа научных текстов на иностранном языке; успешное и систематическое умение следовать основным нормам, принятым в научном общении на иностранном языке
<b>Хорошо</b>	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания методов и технологий научной коммуникации на иностранном языке; сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания основных стилистических особенностей представления результатов научной деятельности в устной и письменной форме на иностранном языке; в целом успешное, но сопровождающееся отдельными ошибками применение навыков анализа научных текстов на иностранном языке; в целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение следовать основным нормам, принятым в научном общении на иностранном языке
<b>Удовлетворительно</b>	Неполные знания методов и технологий научной коммуникации на иностранном языке; неполные знания стилистических особенностей представления результатов научной деятельности в устной и письменной форме на иностранном языке; в целом успешное, но не систематическое применение навыков анализа научных текстов на иностранном языке; в целом успешное, но не систематическое умение следовать основным нормам, принятым в научном общении на иностранном языке
<b>Неудовлетворительно</b>	Фрагментарные знания методов и технологий научной коммуникации на иностранном языке; фрагментарные знания стилистических особенностей представления результатов научной деятельности в устной и письменной форме на иностранном языке; фрагментарное применение навыков анализа научных текстов на иностранном языке; частично освоенное умение следовать основным нормам, принятым в научном общении на иностранном языке

### 1.4. Контрольная работа по лексико-грамматическому материалу по дисциплине «Иностранный язык»

#### Примерный вариант

*Choose the right answer:*

1. Science also has a .....side, called applied science.
  - a) *practical* +
  - b) *theoretical*

- c) *scientific*  
d) *hypothetical*
2. Applied scientists put scientific discoveries .....work.  
a) *for*  
b) *in*  
c) *at +*  
d) *to*
3. ....science is the search of better understanding of our physical and natural world for its sake.  
a) *Clean*  
b) *Clear*  
c) *Pure +*  
d) *Tidy*
4. The goal of scientists is to achieve only.....results from their work.  
a) *beneficial +*  
b) *theoretical*  
c) *harmful*  
d) *no*
5. The way in which a scientist goes about solving a problem is called the scientific.....  
a) *goal*  
b) *significance*  
c) *method +*  
d) *hypothesis*
6. ....investigating a scientific problem begins by setting up experiments.  
a) *nobody*  
b) *all*  
c) *something*  
d) *someone +*
7. Experiments ..... carefully devised plans and procedures.  
a) *is*  
b) *was*  
c) *are +*  
d) *has*
8. A scientific law states a relationship .....observed facts.  
a) *in*  
b) *at*  
c) *for*  
d) *between +*
9. An educated guess, based on observed facts, is called a.....  
a) *Hypothesis +*  
b) *method*  
c) *hypotheses*  
d) *problem*
10. A theory provides a general explanation for the observations .....by many scientists.  
a) *make*  
b) *made +*  
c) *are made*  
d) *been made*
11. A theory .....never be established beyond all the necessary steps.  
a) *can` t*  
b) *may*  
c) *can +*

- d) *has*
12. When gas ..... heated, the heat fluid enters the gas, thus causing it to take up more space.
- a) *was*  
 b) *are*  
 c) *is +*  
 d) *have*
13. When scientists do an experiment, they set up a situation in..... they can control certain factors, or variables.
- a) *which +*  
 b) *that*  
 c) *what*  
 d) *when*
14. The results of an experiment, which often include a collection of measurements,.....observations, or data.
- a) *are called +*  
 b) *called*  
 c) *is called*  
 d) *have called*
15. This could happen .....in the plug, in the lamp, .....somewhere between them.
- a) *so, so*  
 b) *as, as*  
 c) *either, or +*  
 d) *such, as*
16. If you .....to make a third attempt, how would you proceed?
- a) *should*  
 b) *were +*  
 c) *must*  
 d) *can*
17. Research can.....in a laboratory, by a field investigation, or in many other ways.
- a) *be conducted +*  
 b) *be conduct*  
 c) *conduct*  
 d) *conducted*
18. If you understand how and why they work you should.....to get them straight and use them reasonably and accurately.
- a) *to be able*  
 b) *be able +*  
 c) *been able*  
 d) *able*
19. Some of the material that you need .....published in periodicals rather than in book form.
- a) *has probably published*  
 b) *has probably been published +*  
 c) *have probably been published*  
 d) *have published*
20. Scientific knowledge, especially, .....very rapidly.
- a) *have been increasing*  
 b) *have increasing*  
 c) *has been increasing +*  
 d) *increasing*

***Read the text and choose the right answer***

Only in 17<sup>th</sup> century chemists began to base their conclusions on precise experiments. Robert Boyle (1627 - 1691) was the first to apply a new method of investigation based on the generalization of experimental data and the laws of nature. Robert Boyle thought that the task of the chemist is to perform experiments, accumulate observations, and not to put forth a theory without a thorough investigation. Boyle's theoretical works, and especially his method of investigation influenced the progress of chemistry. However, it took chemistry another 100 years to free itself from the wrong conception of matter. This period is marked by the reign in chemistry so-called **phlogiston theory** founded towards the end of the 17<sup>th</sup> century by the German chemist Stahl.

The phlogiston theory owed its origin to the need to explain the combustion, oxidation and reduction of metals. Chemists were greatly interested in these processes in connection with the progress of metallurgy during the 17<sup>th</sup> century. According to Stahl's theory, all combustible substances, including metals, contained a common inflammable principle or *materia ignea*, which he called phlogiston.

The phlogiston theory was universally recognized for a long time. However, like any other false theory, it retarded the progress of chemistry. Chemistry was freed from the phlogiston theory in the latter half of the 18<sup>th</sup> century as a result of the precise methods of investigation introduced by the Russian scientist Mikhail Lomonosov (1711 - 1765). Lomonosov laid the foundation to the development of the chemical science and to the modern atomic theory.

21. In the 17<sup>th</sup> century chemistry freed itself from the wrong conception of matter.
- a) *not given*
  - b) *true*
  - c) *false +*
22. It was Boyle who thought that the task of the chemist was to set up experiments and collect observations.
- a) *not given*
  - b) *true +*
  - c) *false*
23. The main idea of the text is.....
- a) *The phlogiston theory was the false one and it retarded the progress of chemistry. +*
  - b) *Lomonosov laid the foundation to the development of the chemical science.*
  - c) *Chemists were greatly interested in the development of metallurgy during the 17<sup>th</sup> century.*
24. Who was the first to introduce a method of investigation based on generalization and the laws of nature?
- a) *Stahl*
  - b) *Lomonosov +*
  - c) *Boyle*
25. Who freed chemistry from phlogiston theory?
- b) *Stahl*
  - c) *Lomonosov +*
  - d) *Boyle*

## 2. ДИСЦИПЛИНА «ИСТОРИЯ И ФИЛОСОФИЯ НАУКИ»

**2.1. *Формой текущего контроля*** является подготовка и сдача реферата. Требования к реферату.

1. Тема реферата по Истории физики выбирается аспирантом совместно с научным руководителем в соответствии с направленностью программы обучения.
2. Содержание реферата должно представлять собой одну из существенных составляющих истории той отрасли, по которой планируется защита.
3. Качество реферата определяется глубиной и тщательностью проработки литературного материала, логичностью изложения, самостоятельностью анализа проблемы (допустимы ссылки только на официальные издания и официальные сайты Интернета, причем число ссылок на сайты интернета должно быть ограничено: не более 1/3 от всей используемой литературы).
4. Введение и заключение должны быть содержательными аналитическими частями реферата. Заключение (объемом не менее трех страниц) должно резюмировать содержание, отражать наиболее существенные историко-научные положения реферата, сопровождаемые аналитическими оценками автора.
5. Все цитаты должны быть заключены в кавычки и иметь ссылку на источник цитирования.
6. Список использованной литературы приводится в конце реферата и выполняется согласно современным требованиям библиографического описания научных документов.
7. Реферат печатается через 1,5 интервала 14-м шрифтом, объемом – 15-20 страниц. Реферат должен быть надежно скреплен.
8. Образец оформления титульного листа реферата представлен в Приложении А.

**2.2. *Критерии оценки текущего контроля:***

«зачтено»	Реферат представлен; допускается вариант, требующий доработки и исправлений
«не зачтено»	Реферат не представлен

При отсутствии зачета обучающийся не допускается к промежуточной аттестации.

**2.3. *Формой промежуточной аттестации*** является кандидатский экзамен. Кандидатский экзамен по истории и философии науки проводится в устной форме по вопросам программы (два вопроса, без билетов), и теме представленного реферата (необходимо раскрыть его содержание на экзамене). После устного ответа могут заданы дополнительные и уточняющие вопросы, не выходящие за пределы программы кандидатского экзамена

## 2.4. Критерии оценки промежуточной аттестации

Отлично	Сформированные систематические знания методов критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методов генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе междисциплинарных; успешное и систематическое применение навыков анализа методологических проблем, возникающих при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях; сформированные систематические представления об основных концепциях современной философии науки, основных стадиях эволюции науки, функциях и основаниях научной картины мира; успешное и систематическое применение навыков анализа основных мировоззренческих и методологических проблем, возникающих в науке на современном этапе ее развития; сформированное умение использовать положения и категории философии науки для оценивания и анализа различных фактов и явлений
Хорошо	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания основных методов критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методов генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе междисциплинарных; в целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков анализа методологических проблем, возникающих при решении исследовательских и практических задач; сформированные, но содержащие отдельные пробелы представления об основных концепциях современной философии науки, основных стадиях эволюции науки, функциях и основаниях научной картины мира; в целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков анализа основных мировоззренческих и методологических проблем, возникающих в науке на современном этапе ее развития; в целом успешное, но содержащее отдельные пробелы использование положений и категорий философии науки для оценивания и анализа различных фактов и явлений
Удовлетворительно	Общие, но не структурированные знания методов критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методов генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач; в целом успешное, но не систематическое применение навыков анализа методологических проблем, возникающих при решении исследовательских и практических задач; неполные представления об основных концепциях современной философии науки, основных стадиях эволюции науки, функциях и основаниях научной картины мира; в целом успешное, но не систематическое применение навыков анализа основных мировоззренческих и методологических проблем, возникающих в науке на современном этапе ее развития; в целом успешное, но не систематическое использование положений и категорий философии науки для оценивания и анализа различных фактов и явлений
Неудовлетворительно	Фрагментарные знания методов критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методов генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач; фрагментарное применение навыков анализа методологических проблем, возникающих при решении исследовательских и практических задач; фрагментарные представления об основных концепциях современной философии науки, основных стадиях эволюции науки, функциях и основаниях научной картины мира; фрагментарное применение навыков анализа основных мировоззренческих и методологических проблем, возникающих в науке на современном этапе ее развития; фрагментарное использование положений и категорий философии науки для оценивания и анализа различных фактов и явлений

### **3. ДИСЦИПЛИНА «ОПТИКА»**

#### **3.1. Текущий контроль:**

- контроль посещаемости;
- устный опрос по изучаемой теме;
- анализ результатов решения практических задач и выполненных лабораторных работ.

#### **3.2. Промежуточный контроль:**

- проведение коллоквиума по учебному материалу нескольких тем.

#### **3.3. Контрольные темы и вопросы для проведения текущего и итогового контроля:**

##### **Тема 1 Электромагнитная теория света:**

Уравнения Максвелла. Вектор Умова–Пойнтинга. Волновое уравнение. Плоские и сферические волны. Параболическое приближение. Моды свободного пространства. Фазовая и групповая скорости света. Поляризация света. Вектор Джонса. Параметры Стокса. Сфера Пуанкаре. Расчетные методы Джонса и Мюллера. Типы поляризационных устройств. Отражение и преломление света на границе раздела изотропных сред. Формулы Френеля. Полное внутреннее отражение. Комплексная диэлектрическая проницаемость. Отражение света от поверхности проводника. Глубина проникновения. Распространение света в анизотропных и гиротропных средах. Волновые поверхности в кристаллах. Лучи и волновые нормали. Эллипсоид Френеля. Оптические свойства одноосных и двуосных кристаллов. Двойное лучепреломление. Коническая рефракция. Электрооптические эффекты Керра и Поккельса. Оптическая активность. Эффект Фарадея. Оптика движущихся сред. Опыты Физо и Майкельсона. Преобразования Лоренца. Продольный и поперечный эффекты Допплера.

##### **Тема 2 Геометрическая оптика:**

Асимптотическое решение волнового уравнения. Геометрооптическое приближение. Уравнение эйконала. Область применения лучевого приближения. Принцип Ферма. Гомоцентрические пучки. Понятие оптического изображения. Параксиальное приближение. Преломление на сферической поверхности. Сферические зеркала и линзы. Образование каустик в оптических системах. Геометрические aberrации третьего и более высоких порядков. Хроматическая aberrация. Типы оптических приборов.

##### **Тема 3 Интерференция и дифракция световых волн:**

Комплексная степень когерентности. Теорема Ван-Циттерта–Цернике. Двухлучевая и многолучевая интерференция. Сдвиговая и спекл-интерферометрия. Многослойные покрытия. Дифракция. Дифракционные интегралы Кирхгофа–Гюйгенса. Дифракция Френеля и Фраунгофера. Эффект Тальбо. Влияние дифракции на разрешающую силу систем, образующих изображение. Дифракционная решетка. Параболическая теория дифракции; гауссов пучок. ABCD – метод; комплексный параметр кривизны. Особенности дифракции некогерентного излучения. Основы векторной теории дифракции. Обратные задачи теории дифракции. Синтез оптических элементов. Классическая теория взаимодействия излучения с веществом. Резонансное приближение. Дисперсионные соотношения Крамерса–Кронига. Оптические нутации. Оптический эффект Штарка. Фотонное эхо и самоиндуцированная прозрачность. Солитоны.

Релаксационные процессы. Уравнение для матрицы плотности. Самосогласованные уравнения для поля, поляризации и разности заселенностей. Эффект насыщения.

#### **Тема 4 Теория излучения и взаимодействия световых волн с веществом:**

Законы теплового излучения. Формула Планка. Фотоэффект. Квантование поля. Операторы рождения и уничтожения фотонов. Гамильтониан квантованного поля. Коммутационные соотношения для операторов поля. Однофотонные и многофотонные процессы. Вероятности спонтанных и вынужденных переходов. Коэффициенты Эйнштейна. Квадрупольные и магнито-дипольные переходы. Кооперативные эффекты. Сверхизлучение. Когерентное и комбинационное рассеяния. Нелинейные восприимчивости. Распространение волн в нелинейной среде. Метод медленно меняющихся амплитуд. Условие синхронизма. Генерация оптических гармоник. Трехволновое взаимодействие. Параметрическое преобразование частоты. Самофокусировка света. Вынужденное и комбинационное рассеяние. Вынужденное рассеяние Мандельштама–Бриллюэна. Четырехволновое взаимодействие. Обращение волнового фронта. Вещество в сверхсильном световом поле.

#### **Тема 5 Статистическая оптика:**

Временная и пространственная когерентность световых полей; корреляционные функции первого и высших порядков. Спектральное представление. Теорема Винера–Хинчина. Интерферометрия интенсивностей. Опыт Брауна–Твисса. Квантовые свойства световых полей. Фоковское, когерентное и сжатое состояние поля. Распределение Бозе–Эйнштейна. Параметр вырождения поля. Пуассоновская, субпуассоновская и суперпуассоновская статистика фотонов. Связь статистик фотонов и фотоотчетов, формула Мандела для распределения фотоотчетов. Дробовой шум. Статистические свойства лазерного излучения. Закон Кирхгофа и шумы квантовых усилителей света. Флуктуационно-диссипационная теорема. Корреляционная спектроскопия. Эффекты группировки и антигруппировки фотонов. Спонтанное параметрическое рассеяние света. Бифотоны. Перепутанные состояния света. Оптическая реализация кубитов и их преобразования. Состояния Белла. Парадокс Эйнштейна–Подольского–Розена. Неравенства Белла. Статистика частично поляризованного излучения. Поляризационная матрица. Распространение волн в случайно неоднородной среде. Корреляционные и структурные функции амплитуды и фазы. Оптические модели атмосферной турбулентности. Рассеяние света в дисперсной среде; уравнение переноса, диффузионное приближение. Рассеяние света в биоткани.

#### **Тема 6 Спектроскопия:**

Спектры атомов. Систематика спектров многоэлектронных атомов. Типы связей электронов. Определение набора термов. Исходные термы. Мультиплетная структура. Правила отбора. Взаимодействие конфигураций. Спектры молекул. Адиабатическое приближение. Группы симметрии молекул. Колебательные спектры. Классификация нормальных колебаний по типам симметрии. Вырождение. Резонанс Ферми. Правила отбора в колебательных спектрах поглощения и комбинационного рассеяния. Вращательная структура колебательных полос. Электронные спектры молекул. Классификация электронных состояний двухатомных молекул. Принцип Франка–Кондона. Типы связи электронного движения и вращения. Спектроскопия твердого тела. Переходы под действием света в идеальном кристалле. Поглощение в инфракрасной области спектра и взаимодействие света с фоновой подсистемой. Переходы в

электронной подсистеме. Поглощение света в металлах. Запрещенная зона и область прозрачности в диэлектриках. Экситоны Ванье–Мотта и Френкеля. Область фундаментального поглощения. Переходы с остовных уровней. Эффекты Оже и Фано. Понятие о поляритонах. Спектроскопия дефектных состояний в кристаллах. Автолокализация экситонов и дырок в диэлектриках. Вторичные эффекты в кристаллах: люминесценция, фотоэмиссия, дефектообразование под действием света. Люминесценция. Классификация люминесценции по длительности свечения и способу ее возбуждения. Молекулярная и рекомбинационная люминесценция. Закон Стокса–Ломмеля. Правило зеркальной симметрии спектров поглощения и люминесценции Левшина и универсальное соотношение между ними Степанова. Закон Вавилова. Триплетные состояния молекул и их роль в процессах деградации и миграции энергии электронного возбуждения. Схема Теренина–Льюиса. Тушение (температурное, концентрационное, посторонними веществами) люминесценции. Безызлучательный перенос энергии электронного возбуждения. Люминесценция молекулярных кристаллов. Теория Давыдова. Кооперативные процессы в люминесценции. Зонная модель люминесценции диэлектриков. Размножение электронных возбуждений в твердом теле. Термовысвечивание и инфракрасная стимуляция. Применение люминесцентных кристаллов в науке, технике и медицине.

#### **Тема 7 Экспериментальная и прикладная оптика:**

Источники оптического излучения. Тепловые, газоразрядные и лазерные источники. Синхротронное излучение. Оптические материалы. Характеристики приемников излучения: спектральная и интегральная чувствительность, шумы, инерционность. Приборы с зарядовой связью (ПЗС) - линейки, матрицы. Техника спектроскопии. Светофильтры, призменные и дифракционные спектральные приборы, интерферометры. Фурье-спектроскопия. Основные характеристики приборов: аппаратная функция, разрешение, светосила, дисперсия. Лазерная спектроскопия. Запись и обработка оптической информации. Механизм записи и воспроизведения волновых полей с помощью двумерных и трехмерных голограмм. Цифровые голограммы. Переходные и передаточные функции оптических систем обработки информации. Изопланарность. Использование методов Фурье-оптики для оптической фильтрации и распознавания образов. Коррекция и реконструкция изображений. Методы компьютерной оптики. Волоконная оптика. Типы волоконных световодов. Моды оптических волокон. Затухание и дисперсия мод. Направленные ответвители. Волоконные линии связи. Нелинейные эффекты в оптических волокнах.

#### **Тема 8 Оптика лазеров:**

Принцип работы лазера. Схемы накачки. Теория Лэмба. Эффекты затягивания частоты и выгорания дыр. Лэмбовский провал. Оптические резонаторы. Моды оптических резонаторов. Свойства лазерных пучков. Типы лазеров. Твердотельные лазеры. Газовые лазеры: лазеры на нейтральных атомах, ионные лазеры, молекулярные лазеры, лазеры на самоограниченных переходах. Химические лазеры. Полупроводниковые лазеры. Лазеры на центрах окраски. Режимы работы лазеров. Непрерывные и импульсный режимы. Пиковый режим. Модуляция добротности. Синхронизация мод. Генерация сверхкоротких импульсов. Принципы адаптивной оптики; коррекция волнового фронта лазерных пучков.

### 3.4. Критерии оценки и шкала оценивания результатов освоения дисциплины

№ п/п	Результат освоения дисциплины	Балл	Показатели оценивания
<b>Знание</b>			
1.	методов критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методов генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач в области оптики	1	недостаточный уровень знания
		2	достаточный уровень знания
		3	высокий уровень знания
2.	роли и места оптики в формировании современной физической картины мира, стадии ее эволюции и взаимосвязи с другими разделами физики	1	недостаточный уровень знания
		2	достаточный уровень знания
		3	высокий уровень знания
3.	особенностей научной терминологии, понятийного аппарата оптики, используемых при представлении результатов научной деятельности в устной и письменной форме	1	недостаточный уровень знания
		2	достаточный уровень знания
		3	высокий уровень знания
4.	фундаментальных закономерностей, связанных с явлениями волновой (физической), геометрической (лучевой) и квантовой оптики	1	недостаточный уровень знания
		2	достаточный уровень знания
		3	высокий уровень знания
5.	основ теории взаимодействия света с веществом, нелинейной оптики, статистической оптики и физики лазеров	1	недостаточный уровень знания
		2	достаточный уровень знания
		3	высокий уровень знания
6.	принципов построения оптических систем и инструментов, детектирования оптического излучения, методов оптической спектроскопии	1	недостаточный уровень знания
		2	достаточный уровень знания
		3	высокий уровень знания
7.	существующих методов и методических подходов в научных исследованиях в области оптики и возможных способов их развития	1	недостаточный уровень знания
		2	достаточный уровень знания
		3	высокий уровень знания
<b>Умение</b>			
1.	анализировать альтернативные варианты решения практических задач оптики и оценивать потенциальные выигрыши /проигрыши реализации этих вариантов	1	не умеет
		2	частично освоенное умение
		3	сформированное умение

2.	выбирать и применять при решении задач оптики адекватные экспериментальные и расчетно-теоретические методы исследования	1	не умеет
		2	частично освоенное умение
		3	сформированное умение
<b>Владение</b>			
1.	навыками поиска (в том числе с использованием информационных систем и баз данных) и критического анализа информации в области оптики	1	не владеет
		2	частично освоенные навыки
		3	сформированные навыки
2.	навыками структурирования научного знания в области оптики	1	не владеет
		2	частично освоенные навыки
		3	сформированные навыки
3.	навыками проведения базовых оптических экспериментов с использованием современной аппаратуры и методов интерпретации экспериментальных результатов	1	не владеет
		2	частично освоенные навыки
		3	сформированные навыки
<b>Итого баллов</b>		24–36	<b>«зачтено»</b>
		менее 24	<b>«не зачтено»</b>

**При отсутствии оценки «зачтено» обучающийся не допускается к промежуточной аттестации**

### **3.5. Промежуточная аттестация:** кандидатский экзамен.

Кандидатский экзамен по дисциплине Оптика проводится в устной форме по вопросам программы, на экзамене предлагается три вопроса (без билетов). После устного ответа могут заданы дополнительные и уточняющие вопросы, не выходящие за пределы программы кандидатского экзамена.

### **Критерии оценки промежуточной аттестации**

<b>Отлично</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Все вопросы раскрыты полностью;</li> <li>– Обучающийся владеет основными теориями и глубоко понимает их содержание;</li> <li>– Имеет ясное представление связи теории и практики в рамках излагаемого материала;</li> <li>– Уверенно владеет необходимыми методами решения конкретных задач, может проиллюстрировать основные положения теории конкретными примерами;</li> <li>– Ясно и четко дает основные определения. Владеет терминологическим и понятийным аппаратом;</li> <li>– Развернуто отвечает на дополнительные вопросы.</li> </ul>
----------------	--

<b>Хорошо</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Вопросы раскрыты по существу;</li> <li>– Обучающийся в целом владеет основными теориями и понимает их содержание;</li> <li>– Имеет общее представление о связи теории и практики в рамках излагаемого материала;</li> <li>– Владеет в целом необходимыми методами решения конкретных задач, может проиллюстрировать основные положения теории конкретными примерами;</li> <li>– В достаточной мере владеет понятийным и терминологическим аппаратом;</li> <li>– Имеет затруднения при ответе на дополнительные вопросы.</li> </ul>
<b>Удовлетворительно</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Вопросы раскрыты, но не полностью;</li> <li>– Слабое понимание связи теории и практики;</li> <li>– Обучающийся может проиллюстрировать основные положения теории конкретными примерами, но имеет затруднения при решении некоторых задач;</li> <li>– Обучающийся не демонстрирует уверенного владения понятийным и терминологическим аппаратом;</li> <li>– Дополнительные вопросы вызывают затруднение.</li> </ul>
<b>Неудовлетворительно</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Большая часть вопросов не раскрыта;</li> <li>– Обучающийся не может проиллюстрировать основные положения теории конкретными примерами, не может применить теорию при решении конкретных задач;</li> <li>– Нет ответов на дополнительные вопросы.</li> </ul>

#### 4. ДИСЦИПЛИНА «ФИЗИКА МАГНИТНЫХ ЯВЛЕНИЙ»

##### 4.1. Текущий контроль:

- контроль посещаемости;
- устный опрос по изучаемой теме;
- анализ результатов решения практических задач и выполненных лабораторных работ.

##### 4.2. Промежуточный контроль:

- проведение коллоквиума по учебному материалу нескольких тем.

##### 4.3. Контрольные темы и вопросы для проведения текущего и итогового контроля:

###### Тема 1 Общие понятия:

Магнетизм. Магнитное поле. Магнитный момент. Векторы магнитной индукции, намагниченности, напряженности магнитного поля. Магнитный поток. Магнитный заряд. Магнитный диполь. Теоремы о циркуляции. Граничные условия.

## **Тема 2 Магнитные структуры и типы магнетиков:**

Упорядоченные магнитные структуры. Магнитная структура. Магнитная подрешетка. Ферромагнитная структура. Антиферромагнитная структура. Слабый ферромагнетизм. Ферримагнитная структура. Спиральная магнитная структура. Магнитная ячейка. Магнитная нейтронография. Неупорядоченные магнитные структуры. Спиновое стекло.

## **Тема 3 Магнитные взаимодействия:**

Обменное взаимодействие и его энергия. Косвенное обменное взаимодействие. Спин-орбитальное взаимодействие. Магнитное дипольное взаимодействие. Сверхтонкое взаимодействие.

## **Тема 4 Магнитная анизотропия**

Энергия магнитной анизотропии. Константы магнитной анизотропии. Эффективное магнитное поле анизотропии. Оси магнитной анизотропии. Плоскости легкого и трудного намагничивания. Магнитная анизотропии типа «легкая ось», «легкая плоскость». Наведенная магнитная анизотропия.

## **Тема 5 Магнитоупругие явления**

Магнитострикция. Магнитоупругая энергия. Магнитоупругие постоянные. Константы магнитострикции. Магнитоупругие волны. Магнитоупругое затухание.

## **Тема 6 Кинетические явления:**

Гальваномагнитные эффекты. Эффекты Холла. Магниторезистивные эффекты. Гальванотермомагнитные эффекты. Термомагнитные эффекты.

## **Тема 7 Домены и доменные границы:**

Магнитный домен. Доменная граница (Блоха, Нееля). Доменная структура. Полосовая и лабиринтная доменные структуры. Цилиндрический магнитный домен. Решетка ЦМД.

## **Тема 8 Процессы намагничивания, перемагничивания и размагничивания:**

Внешнее магнитное поле. Намагничивание. Гистерезис намагничивания. Эффект Баркгаузена. Магнитное насыщение. Подвижность и эффективная масса доменной границы. Перемагничивание. Коэрцитивная сила. Петля магнитного гистерезиса. Магнитные восприимчивость и проницаемость. Размагничивание переменным полем, нагревом. Размагничивающее и внутреннее магнитное поле.

## **Тема 9 Магнитные фазовые переходы и критические явления:**

Фазовый переход. Переходы первого и второго рода. Диаграмма состояний. Критическая температура. Температура Кюри. Температура Нееля.

## **Тема 10 Спиновые волны:**

Ферромагнитный резонанс. Магнитоэлектрические моды. Спиновые волны. Спин-волновой резонанс.

## **Тема 11 Магнитооптика:**

Магнитооптические эффекты: эффект Фарадея, эффект Коттона-Мутона, эффект Керра. Фотомагнитные эффекты. Гиромагнитная среда.

## **Тема 12 Характеристики магнитных материалов:**

Магнито-мягкий материал. Магнито-твердый материал. Магнитный материал с прямоугольной петлей гистерезиса. Сверхвысокочастотный магнитный материал. Магнитный материал для постоянных магнитов. Магнитный материал для носителей

записи. Материал с цилиндрическими магнитными доменами. Магнитоострикционный материал. Материал для термомагнитной записи информации. Текстурированный магнитный материал.

### **Тема 13 Магнитные материалы:**

Феррит-гранат. Феррит-шпинель. Ортоферрит. Гексаферрит. Пермаллой.

### **Тема 14 Параметры магнитных материалов:**

Магнитные потери. Магнитные потери на гистерезис. Магнитные потери на вихревые токи. Магнитное сопротивление. Время и скорость перемагничивания. Коэффициент прямоугольности петли магнитного гистерезиса.

### **Тема 15 Магнитные свойства твердых тел:**

Намагниченность и восприимчивость. Диамагнетики, парамагнетики и ферромагнетики. Законы Кюри и Кюри – Вейсса. Парамагнетизм и диамагнетизм электронов проводимости. Природа ферромагнетизма. Фазовый переход в ферромагнитное состояние. Роль обменного взаимодействия. Точка Кюри и восприимчивость ферромагнетика. Ферромагнитные домены. Причины появления доменов. Доменные границы (Блоха, Нееля). Антиферромагнетики. Магнитная структура. Точка Нееля. Восприимчивость антиферромагнетиков. Ферримагнетики. Магнитная структура ферримагнетиков. Спиновые волны, магноны. Движение магнитного момента в постоянном и переменном магнитных полях. Электронный парамагнитный резонанс. Ядерный магнитный резонанс.

### **Тема 16 Оптические и магнитооптические свойства твердых тел:**

Комплексная диэлектрическая проницаемость и оптические постоянные. Коэффициенты поглощения и отражения. Соотношения Крамерса–Кронига. Поглощения света в полупроводниках (межзонное, примесное поглощение, поглощение свободными носителями, решеткой). Определение основных характеристик полупроводника из оптических исследований. Магнитооптические эффекты (эффекты Фарадея, Фохта и Керра). Проникновение высокочастотного поля в проводник. Нормальный и аномальный скин-эффекты. Толщина скин-слоя.

### **Тема 17 Сверхпроводимость:**

Сверхпроводимость. Критическая температура. Высокотемпературные сверхпроводники. Эффект Мейснера. Критическое поле и критический ток. Сверхпроводники первого и второго рода. Их магнитные свойства. Вихри Абрикосова. Глубина проникновения магнитного поля в образец. Эффект Джозефсона. Куперовское спаривание. Длина когерентности. Энергетическая щель.

#### **4.4. Критерии оценки и шкала оценивания результатов освоения дисциплины:**

<b>№ п/п</b>	<b>Результат освоения дисциплины</b>	<b>Балл</b>	<b>Показатели оценивания</b>
<b>Знание</b>			
1.	методов критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методов генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач в области физики магнитных явлений	1	недостаточный уровень знания
		2	достаточный уровень знания
		3	высокий уровень знания

2.	роли и места физики магнитных явлений в формировании современной физической картины мира, стадии ее эволюции и взаимосвязи с другими разделами физики	1	недостаточный уровень знания
		2	достаточный уровень знания
		3	высокий уровень знания
3.	особенностей научной терминологии, понятийного аппарата физики магнитных явлений, используемых при представлении результатов научной деятельности в устной и письменной форме	1	недостаточный уровень знания
		2	достаточный уровень знания
		3	высокий уровень знания
4.	фундаментальных законов электрических и магнитных явлений	1	недостаточный уровень знания
		2	достаточный уровень знания
		3	высокий уровень знания
5.	электрических и магнитных свойств различных классов веществ	1	недостаточный уровень знания
		2	достаточный уровень знания
		3	высокий уровень знания
6.	Существующих методов и методических подходов в научных исследованиях в области электричества и магнетизма, и возможных способов их развития	1	недостаточный уровень знания
		2	достаточный уровень знания
		3	высокий уровень знания
<b>Умение</b>			
1.	анализировать альтернативные варианты решения практических задач физики магнитных явлений и оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши реализации этих вариантов	1	не умеет
		2	частично освоенное умение
		3	сформированное умение
2.	выбирать и применять при решении задач электричества и магнетизма адекватные расчетно-теоретические методы, представлять математическое описание явлений	1	не умеет
		2	частично освоенное умение
		3	сформированное умение
<b>Владение</b>			
1.	навыками поиска (в том числе с использованием информационных систем и баз данных) и критического анализа информации в области физики магнитных явлений	1	не владеет
		2	частично освоенные навыки
		3	сформированные навыки

2.	навыками структурирования научного знания в области физики магнитных явлений	1	не владеет
		2	частично освоенные навыки
		3	сформированные навыки
3.	навыками проведения экспериментальных исследований магнитных веществ с использованием современной аппаратуры и методов интерпретации экспериментальных результатов	1	не владеет
		2	частично освоенные навыки
		3	сформированные навыки
<b>Итого баллов</b>		22–33	<b>«зачтено»</b>
		менее 22	<b>«не зачтено»</b>

**При отсутствии оценки «зачтено» обучающийся не допускается к промежуточной аттестации**

#### **4.5. Промежуточная аттестация:** кандидатский экзамен.

Кандидатский экзамен по дисциплине Физика магнитных явлений проводится в устной форме по вопросам программы, на экзамене предлагается три вопроса (без билетов). После устного ответа могут заданы дополнительные и уточняющие вопросы, не выходящие за пределы программы кандидатского экзамена.

#### **Критерии оценки промежуточной аттестации**

<b>Отлично</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Все вопросы раскрыты полностью;</li> <li>– Обучающийся владеет основными теориями и глубоко понимает их содержание;</li> <li>– Имеет ясное представление связи теории и практики в рамках излагаемого материала;</li> <li>– Уверенно владеет необходимыми методами решения конкретных задач, может проиллюстрировать основные положения теории конкретными примерами;</li> <li>– Ясно и четко дает основные определения. Владеет терминологическим и понятийным аппаратом;</li> <li>– Развернуто отвечает на дополнительные вопросы.</li> </ul>
<b>Хорошо</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Вопросы раскрыты по существу;</li> <li>– Обучающийся в целом владеет основными теориями и понимает их содержание;</li> <li>– Имеет общее представление о связи теории и практики в рамках излагаемого материала;</li> <li>– Владеет в целом необходимыми методами решения конкретных задач, может проиллюстрировать основные положения теории конкретными примерами;</li> <li>– В достаточной мере владеет понятийным и терминологическим аппаратом;</li> <li>– Имеет затруднения при ответе на дополнительные вопросы.</li> </ul>

<b>Удовлетворительно</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Вопросы раскрыты, но не полностью;</li> <li>– Слабое понимание связи теории и практики;</li> <li>– Обучающийся может проиллюстрировать основные положения теории конкретными примерами, но имеет затруднения при решении некоторых задач;</li> <li>– Обучающийся не демонстрирует уверенного владения понятийным и терминологическим аппаратом;</li> <li>– Дополнительные вопросы вызывают затруднение.</li> </ul>
<b>Неудовлетворительно</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Большая часть вопросов не раскрыта;</li> <li>– Обучающийся не может проиллюстрировать основные положения теории конкретными примерами, не может применить теорию при решении конкретных задач;</li> <li>– Нет ответов на дополнительные вопросы.</li> </ul>

## **5. ДИСЦИПЛИНА «ХИМИЧЕСКАЯ ФИЗИКА, ГОРЕНИЕ И ВЗРЫВ, ЭКСТРЕМАЛЬНЫЕ СОСТОЯНИЯ ВЕЩЕСТВА»**

### **5.1. Текущий контроль:**

- контроль посещаемости;
- устный опрос по изучаемой теме;
- анализ результатов решения практических задач и выполненных лабораторных работ.

### **5.2. Промежуточный контроль:**

- проведение коллоквиума по учебному материалу нескольких тем.

### **5.3. Контрольные темы и вопросы для проведения текущего и итогового контроля:**

**Тема 1** Химическая термодинамика

**Тема 2** Фазовые равновесия в однокомпонентных системах и растворах

**Тема 3** Адсорбция

1. I закон термодинамики для изобарных условий (энтальпия).
2. Закон Гесса (тепловой эффект химической реакции).
3. Следствие закона Гесса.
4. Мольная теплоемкость, зависимость от T.
5. Закон Кирхгоффа.
6. II закон термодинамики, энтропия.
7. Правило фаз Гиббса (степень свободы, фаза, компонент).
8. Фазовый переход твёрдое тело – жидкость, твёрдое тело – газ, жидкость – газ.
9. Примеры фазовых диаграмм.
10. Диаграмма состояния воды.
11. Растворимость газов, твёрдых веществ.
12. Разбавленные неидеальные растворы. Закон Генри.

13. Физическая и химическая адсорбция.
14. Изотерма адсорбции Лэнгмюра.
15. Адсорбция из смеси газов.
16. Полимолекулярная адсорбция.
17. Адсорбция на жидких поверхностях.
18. Изотерма Гиббса.

**Тема 4** Химическая кинетика

**Тема 5** Элементарная теория одностадийных реакций

**Тема 6** Кинетика сложных химических реакций

1. Основные определения и понятия химической.
2. Кинетика односторонних реакций.
3. Обратимые реакции.
4. Последовательные реакции.
5. Лимитирующая стадия.
6. Теория активных столкновений.
7. Теория переходного состояния.
8. Методология изучения сложных процессов.
9. Прямая и обратная задачи кинетики.
10. Каталитические реакции.
11. Цепные реакции.
12. Катализ цепных реакций.
13. Автокаталитические реакции.
14. Автоколебательные реакции.

**5.4. Критерии оценки и шкала оценивания результатов освоения дисциплины:**

№ п/п	Результат освоения дисциплины	Балл	Показатели оценивания
<b>Знание</b>			
1.	методов критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методы генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач в области химической физики	1	недостаточный уровень знания
		2	достаточный уровень знания
		3	высокий уровень знания
2.	роли и места химической физики в формировании современной физической картины мира, стадии ее эволюции и взаимосвязь с другими разделами физики	1	недостаточный уровень знания
		2	достаточный уровень знания
		3	высокий уровень знания
3.	особенностей научной терминологии, понятийного аппарата химической физики, используемых при представлении результатов научной деятельности в устной и письменной форме	1	недостаточный уровень знания
		2	достаточный уровень знания
		3	высокий уровень знания

4.	основ химической физики, включая термодинамику и кинетику химических реакций, фазовые равновесия в одно и многокомпонентных системах, процессы адсорбции, гомогенный и гетерогенный катализ	1	недостаточный уровень знания
		2	достаточный уровень знания
		3	высокий уровень знания
5.	техники исследования термодинамики и кинетики химических превращений и реакций	1	недостаточный уровень знания
		2	достаточный уровень знания
		3	высокий уровень знания
6.	существующих методов анализа полученных экспериментальных данных возможные способы их развития	1	недостаточный уровень знания
		2	достаточный уровень знания
		3	высокий уровень знания
<b>Умение</b>			
1.	анализировать альтернативные варианты решения практических задач по термодинамике и кинетике химических реакций	1	не умеет
		2	частично освоенное умение
		3	сформированное умение
2.	выбирать и применять при решении задач по термодинамике и кинетике химических реакций адекватные экспериментальные и расчетно-теоретические методы исследования	1	не умеет
		2	частично освоенное умение
		3	сформированное умение
<b>Владение</b>			
1.	навыками поиска (в том числе с использованием информационных систем и баз данных) и критического анализа информации в области химической физики	1	не владеет
		2	частично освоенные навыки
		3	сформированные навыки
2.	навыками получения информации на основе экспериментальных данных о фундаментальных физических и химических процессах, таких как термодинамика и кинетика химических реакций, адсорбция, катализ	1	не владеет
		2	частично освоенные навыки
		3	сформированные навыки
<b>Итого баллов</b>		20–30	<b>«зачтено»</b>
		менее 20	<b>«не зачтено»</b>

**При отсутствии оценки «зачтено» обучающийся не допускается к промежуточной аттестации**

### 5.5. Промежуточная аттестация: кандидатский экзамен.

Кандидатский экзамен по дисциплине Химическая физика, горение и взрыв, экстремальные состояния вещества проводится в устной форме по вопросам программы, на экзамене предлагается три вопроса (без билетов). После устного ответа могут заданы дополнительные и уточняющие вопросы, не выходящие за пределы программы кандидатского экзамена.

#### Критерии оценки промежуточной аттестации

<b>Отлично</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>– Все вопросы раскрыты полностью;</li><li>– Обучающийся владеет основными теориями и глубоко понимает их содержание;</li><li>– Имеет ясное представление связи теории и практики в рамках излагаемого материала;</li><li>– Уверенно владеет необходимыми методами решения конкретных задач, может проиллюстрировать основные положения теории конкретными примерами;</li><li>– Ясно и четко дает основные определения. Владеет терминологическим и понятийным аппаратом;</li><li>– Развернуто отвечает на дополнительные вопросы.</li></ul>
<b>Хорошо</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>– Вопросы раскрыты по существу;</li><li>– Обучающийся в целом владеет основными теориями и понимает их содержание;</li><li>– Имеет общее представление о связи теории и практики в рамках излагаемого материала;</li><li>– Владеет в целом необходимыми методами решения конкретных задач, может проиллюстрировать основные положения теории конкретными примерами;</li><li>– В достаточной мере владеет понятийным и терминологическим аппаратом;</li><li>– Имеет затруднения при ответе на дополнительные вопросы.</li></ul>
<b>Удовлетворительно</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>– Вопросы раскрыты, но не полностью;</li><li>– Слабое понимание связи теории и практики;</li><li>– Обучающийся может проиллюстрировать основные положения теории конкретными примерами, но имеет затруднения при решении некоторых задач;</li><li>– Обучающийся не демонстрирует уверенного владения понятийным и терминологическим аппаратом;</li><li>– Дополнительные вопросы вызывают затруднение.</li></ul>
<b>Неудовлетворительно</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>– Большая часть вопросов не раскрыта;</li><li>– Обучающийся не может проиллюстрировать основные положения теории конкретными примерами, не может применить теорию при решении конкретных задач;</li><li>– Нет ответов на дополнительные вопросы.</li></ul>

## **6. ДИСЦИПЛИНА «КВАНТОВАЯ ОПТИКА»**

### **6.1. Текущий контроль:**

- контроль посещаемости,
- устный опрос по изучаемой теме;
- анализ результатов решения практических задач и выполненных лабораторных работ.

**6.2. Итоговый контроль:** зачет. Контрольные темы и вопросы для проведения текущего и итогового контроля

#### **Тема 1 Квантование электромагнитного поля:**

Уравнения Максвелла–Лоренца. Полная энергия. Полный импульс. Полный момент импульса. Переход в импульсное представление. Нормальные переменные. Каноническое квантование свободного электромагнитного поля. Коммутационные соотношения для полевых операторов. Квантовые уравнения Максвелла.

#### **Тема 2 Квантовые состояния электромагнитного поля:**

Собственные энергетические состояния. Представление чисел заполнения. Когерентные состояния. Представления по когерентным состояниям. Сжатые состояния. Оператор сжатия. Сжатый вакуум и сжатые когерентные состояния. Проблема фазы в квантовой оптике. Вакуумные флуктуации и сила Казимира. Однофотонные и бифотонные волновые пакеты. Перепутанные состояния поля. Критерии перепутанности. Разложение Шмидта. Меры перепутанности. Двухмодовый сжатый вакуум. Состояния поля с отличным от нуля угловым моментом.

#### **Тема 3 Взаимодействие атомов с полем:**

Двухуровневый атом. Энергетический спин. Гамильтониан взаимодействия атома с электромагнитным полем. Дипольное приближение.  $dE$ - и  $pA$ -формы гамильтониана. Модель Джейнса–Каммингса. Осцилляции Раби. Коллапс и возрождение инверсии. Теория спонтанного излучения Вайскопфа–Вигнера. Лэмбовский сдвиг. Резонансная флуоресценция. Одетые состояния. Дисперсионное взаимодействие. Эксперименты с ридберговскими атомами. Полуклассическое приближение и оптические уравнения Блоха. Векторная модель взаимодействия двухуровневого атома с когерентным полем. Трёхуровневые атомы и эффекты квантовой интерференции. Расщепление Аутлера–Таунса. Когерентное пленение населённостей. STIRAP.

#### **Тема 4 Открытые квантовые системы:**

Обобщённое основное кинетическое уравнение. Основное кинетическое уравнение Паули. Уравнение Фоккера–Планка. Квантовые траектории. Уравнение Гейзенберга–Ланжевена. Связанные резонаторы. Формализм входа-выхода. Квантовые уравнения Ланжевена для открытого резонатора. Атом в открытом резонаторе и эффект Парсела. Квантовые отображения и квантовые каналы. Представление Крауса. Декогеренция. Прямые и косвенные квантовые измерения. Неразрушающие квантовые измерения.

#### **Тема 5 Фотодетектирование. Статистика фотонов и фотоотсчётов:**

Методы фотодетектирования. Идеальный фотодетектор. Вероятность фотоотсчета и корреляционная функция первого порядка. Вероятность совместного фотоотсчета и корреляционная функция второго порядка. Свойства корреляционных функций и степеней когерентности. Статистика фотоэлектрического счета. Формула Манделя.

Интерферометр Хенберри Брауна–Твисса. Корреляции и антикорреляции фотоотчетов. Группировка и антигруппировка фотонов.

### **Тема 6 Квантовая интерференция. Теорема Белла:**

Матрицы рассеяния для основных элементов оптических цепей (светоделитель, поляризатор, фазовая пластина). Интерферометр Брауна и Твисса. Интерферометр Хонга–Оу–Манделя. Интерферометр Маха–Цендера. Измерение без взаимодействия. Балансное гомодинное детектирование. Повышение точности интерференционных измерений за счёт использования сжатых состояний. Квантовая литография. Интерферометр Франсона. Парадокс Эйнштейна–Подольского–Розена. Локальный реализм. Теорема Белла. Равенство Гринбергера–Хорна–Цайлингера.

#### **6.3. Критерии оценки и шкала оценивания результатов освоения дисциплины:**

<b>№ п/п</b>	<b>Результат освоения дисциплины</b>	<b>Балл</b>	<b>Показатели оценивания</b>
<b>Знание</b>			
1.	методов критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методов генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач в области квантовой оптики	1	недостаточный уровень знания
		2	достаточный уровень знания
		3	высокий уровень знания
2.	роли и места квантовой оптики в формировании современной физической картины мира, стадии ее эволюции и взаимосвязи с другими разделами физики	1	недостаточный уровень знания
		2	достаточный уровень знания
		3	высокий уровень знания
3.	особенностей научной терминологии, понятийного аппарата квантовой оптики, используемых при представлении результатов научной деятельности в устной и письменной форме	1	недостаточный уровень знания
		2	достаточный уровень знания
		3	высокий уровень знания
4.	основ нерелятивистской квантовой теории света и взаимодействия света с веществом	1	недостаточный уровень знания
		2	достаточный уровень знания
		3	высокий уровень знания
5.	фундаментальных закономерностей, связанных с распространением квантовых состояний электромагнитного поля в веществе, с процессами поглощения, излучения и рассеяния света, а также нелинейно-оптическими явлениями, которые описываются в формализме квантовой теории излучения	1	недостаточный уровень знания
		2	достаточный уровень знания
		3	высокий уровень знания

6.	существующих методов и методических подходов в научных исследованиях в области квантовой оптики и возможных способов их развития	1	недостаточный уровень знания
		2	достаточный уровень знания
		3	высокий уровень знания
<b>Умение</b>			
1.	анализировать альтернативные варианты решения практических задач квантовой оптики и оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши реализации этих вариантов	1	не умеет
		2	частично освоенное умение
		3	сформированное умение
2.	выбирать и применять при решении задач квантовой оптики адекватные экспериментальные и расчетно-теоретические методы исследования	1	не умеет
		2	частично освоенное умение
		3	сформированное умение
<b>Владение</b>			
1.	навыками поиска (в том числе с использованием информационных систем и баз данных) и критического анализа информации в области квантовой оптики	1	не владеет
		2	частично освоенные навыки
		3	сформированные навыки
2.	навыками проведения базовых квантовооптических экспериментов с использованием современной аппаратуры и методов интерпретации экспериментальных результатов	1	не владеет
		2	частично освоенные навыки
		3	сформированные навыки
<b>Итого баллов</b>		20–30	<b>«зачтено»</b>
		менее 20	<b>«не зачтено»</b>

*При отсутствии оценки «зачтено» обучающийся не допускается к промежуточной аттестации – кандидатскому экзамену по специальной дисциплине*

## 7. ДИСЦИПЛИНА «КВАНТОВЫЕ ОПТИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ»

### 7.1. Текущий контроль:

- контроль посещаемости,
- устный опрос по изучаемой теме;
- анализ результатов решения практических задач и выполненных лабораторных работ.

**7.2. Итоговый контроль:** зачет. Контрольные темы и вопросы для проведения текущего и итогового контроля

#### **Тема 1 Основные понятия квантовой теории информации:**

Кубит. Геометрическое представление состояния кубита. Чистые и смешанные состояния кубита. Перепутанное состояние двух кубитов. Разложение Шмидта.

Критерий сепарабельности. Меры информации и перепутанности. Энтропия и информация. Однокубитовые и двухкубитовые вентили. Представление произвольного многокубитового вентиля через одно- и двухкубитовые. Универсальные наборы кубитовых вентиляей. Эволюция открытой квантовой системы. Динамическое отображение. Представление Крауса. Квантовые каналы. Квантовые измерения. Проекционные и POVM-измерения.

### **Тема 2 Квантовое вычисление и связь:**

Сетевая модель квантовых вычислений. Вычисление функций. Квантовый параллелизм. Алгоритм Дойча. Алгоритм Гровера. Квантовое преобразование Фурье. Квантовый алгоритм нахождения периода функции. Классы сложности. Квантовая телепортация, однонаправленные квантовые вычисления и кластерные состояния. Декогерентность. Перепутывание между кубитом и окружением. Пространства, свободные от декогеренции. Теорема о невозможности клонирования. Квантовые коды исправления ошибок. Коды с тремя и семью кубитами. Устойчивое к сбоям вычисление. Пороговая теорема. Сверхплотное кодирование. Обмен перепутыванием. Квантовое распределение ключа. Квантовые повторители.

### **Тема 3 Квантовые оптические технологии:**

Источники однофотонных и перепутанных двухфотонных состояний света. Одиночные квантовые системы (квантовые точки, холодные атомы, дефекты в алмазе). Источники на основе спонтанного параметрического рассеяния и четырёхволнового смешения. Методы мультиплексирования. Методы детектирования однофотонных состояний. Фотоэлектронные умножители. Лавинные фотодиоды. Сверхпроводниковые детекторы. Преобразование фотонов по частоте. Определение величины углового момента. Оптическая квантовая память. Методы записи и воспроизведения квантовых состояний на основе нерезонансного рамановского взаимодействия, фотонного эха и электромагнитно-индуцированной прозрачности. Перспективные носители квантовой информации. Оптическая квантовая связь. Оптоволоконный и атмосферный квантовые каналы. Экспериментальные реализации квантовой телепортации и квантового распределения ключа. Варианты атак и оценка безопасности. Аппаратно-независимая квантовая криптография. Оптические квантовые вычисления. Однокубитовые вентили. Двухкубитовые вентили. Линейные оптические квантовые вычисления. Оптические реализации кластерных состояний и однонаправленных квантовых вычислений. Гибридные схемы квантовых вычислений. Интерфейс между оптическими и сверхпроводниковыми кубитами.

### **7.3. Критерии оценки и шкала оценивания результатов освоения дисциплины:**

№ п/п	Результат освоения дисциплины	Балл	Показатели оценивания
<b>Знание</b>			
1.	методов критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методов генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач в области квантовых оптических технологий	1	недостаточный уровень знания
		2	достаточный уровень знания
		3	высокий уровень знания

2.	роли и места квантовых оптических технологий в формировании современной физической картины мира, стадии ее эволюции и взаимосвязи с другими разделами физики	1	недостаточный уровень знания
		2	достаточный уровень знания
		3	высокий уровень знания
3.	особенностей научной терминологии, понятийного аппарата квантовых оптических технологий, используемых при представлении результатов научной деятельности в устной и письменной форме	1	недостаточный уровень знания
		2	достаточный уровень знания
		3	высокий уровень знания
4.	основ квантовой теории информации, квантовых вычислений и связи	1	недостаточный уровень знания
		2	достаточный уровень знания
		3	высокий уровень знания
5.	закономерности распространения квантовых состояний света в различных средах и закономерности взаимодействия электромагнитного поля с перспективными носителями квантовой информации	1	недостаточный уровень знания
		2	достаточный уровень знания
		3	высокий уровень знания
6.	существующие методы и методические подходы к реализации квантовых вычислений и возможные способы их развития	1	недостаточный уровень знания
		2	достаточный уровень знания
		3	высокий уровень знания
<b>Умение</b>			
1.	анализировать альтернативные варианты решения практических задач квантовых оптических технологий и оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши реализации этих вариантов	1	не умеет
		2	частично освоенное умение
		3	сформированное умение
2.	выбирать и применять при решении задач квантовых оптических технологий адекватные экспериментальные и расчетно-теоретические методы исследования	1	не умеет
		2	частично освоенное умение
		3	сформированное умение
<b>Владение</b>			
1.	навыками поиска (в том числе с использованием информационных систем и баз данных) и критического анализа информации в области квантовых оптических технологий	1	не владеет
		2	частично освоенные навыки
		3	сформированные навыки
2.	навыками анализа протоколов квантовой связи и квантовых вычислений, анализа оптических квантовых схем, интерпретации результатов квантовооптических измерений	1	не владеет
		2	частично освоенные навыки
		3	сформированные навыки

<b>Итого баллов</b>	20–30	«зачтено»
	менее 20	«не зачтено»

*При отсутствии оценки «зачтено» обучающийся не допускается к промежуточной аттестации – кандидатскому экзамену по специальной дисциплине*

## **8. ДИСЦИПЛИНА «ОПТИЧЕСКАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ»**

### **8.1. Текущий контроль:**

- контроль посещаемости,
- устный опрос по изучаемой теме;
- анализ результатов решения практических задач и выполненных лабораторных работ.

**8.2. Итоговый контроль:** зачет. Контрольные темы и вопросы для проведения текущего и итогового контроля

### **Тема 1 Теория излучения и взаимодействия световых волн с веществом:**

Законы теплового излучения. Формула Планка. Фотоэффект. Квантование поля. Операторы рождения и уничтожения фотонов. Гамильтониан квантованного поля. Коммутационные соотношения для операторов поля. Однофотонные и многофотонные процессы. Вероятности спонтанных и вынужденных переходов. Коэффициенты Эйнштейна. Квадрупольные и магнито-дипольные переходы. Кооперативные эффекты. Сверхизлучение. Нелинейные восприимчивости. Распространение волн в нелинейной среде. Метод медленно меняющихся амплитуд. Условие синхронизма. Генерация оптических гармоник. Трехволновое взаимодействие. Параметрическое преобразование частоты. Самофокусировка света. Вынужденное и комбинационное рассеяние. Вынужденное рассеяние Мандельштама–Бриллюэна. Четырехволновое взаимодействие. Обращение волнового фронта. Вещество в сверхсильном световом поле. Дисперсионные соотношения Крамерса–Кронига. Оптические нутации. Оптический эффект Штарка. Фотонное эхо и самоиндуцированная прозрачность. Солитоны. Релаксационные процессы. Уравнение для матрицы плотности. Самосогласованные уравнения для поля, поляризации и разности заселенностей. Эффект насыщения.

### **Тема 2 Спектроскопия:**

Спектры атомов. Систематика спектров многоэлектронных атомов. Типы связей электронов. Определение набора термов. Исходные термы. Мультиплетная структура. Правила отбора. Взаимодействие конфигураций. Спектры молекул. Адиабатическое приближение. Группы симметрии молекул. Колебательные спектры. Классификация нормальных колебаний по типам симметрии. Вырождение. Резонанс Ферми. Правила отбора в колебательных спектрах поглощения и комбинационного рассеяния. Вращательная структура колебательных полос. Электронные спектры молекул. Классификация электронных состояний двухатомных молекул. Принцип Франка–Кондона. Типы связи электронного движения и вращения. Спектроскопия твердого тела. Переходы под действием света в идеальном кристалле. Поглощение в инфракрасной области спектра и взаимодействие света с фононной подсистемой. Переходы в электронной подсистеме. Поглощение света в металлах. Запрещенная зона и область

прозрачности в диэлектриках. Экситоны Ванье–Мотта и Френкеля. Область фундаментального поглощения. Переходы с остовных уровней. Эффекты Оже и Фано. Эффекты на краях остовного поглощения: EXAFS и XANES. Понятие о поляритонах. Спектроскопия дефектных состояний в кристаллах. Автолокализация экситонов и дырок в диэлектриках. Вторичные эффекты в кристаллах: люминесценция, фотоэмиссия, дефектообразование под действием света. Люминесценция. Классификация люминесценции по длительности свечения и способу ее возбуждения. Молекулярная и рекомбинационная люминесценция. Закон Стокса–Ломмеля. Правило зеркальной симметрии спектров поглощения и люминесценции Левшина и универсальное соотношение между ними Степанова. Закон Вавилова. Триплетные состояния молекул и их роль в процессах деградации и миграции энергии электронного возбуждения. Схема Теренина–Льюиса. Тушение (температурное, концентрационное, посторонними веществами) люминесценции. Безызлучательный перенос энергии электронного возбуждения. Люминесценция молекулярных кристаллов. Теория Давыдова. Кооперативные процессы в люминесценции. Зонная модель люминесценции диэлектриков. Размножение электронных возбуждений в твердом теле. Термовысвечивание и инфракрасная стимуляция. Применение люминесцентных кристаллов в науке, технике и медицине.

### **Тема 3 Оптика лазеров:**

Принцип работы лазера. Схемы накачки. Теория Лэмба. Эффекты затягивания частоты и выгорания дыр. Лэмбовский провал. Оптические резонаторы. Моды оптических резонаторов. Свойства лазерных пучков. Типы лазеров. Твердотельные лазеры. Газовые лазеры: лазеры на нейтральных атомах, ионные лазеры, молекулярные лазеры, лазеры на самоограниченных переходах. Химические лазеры. Полупроводниковые лазеры. Лазеры на центрах окраски.

Режимы работы лазеров. Непрерывные и импульсный режимы. Пичковый режим. Модуляция добротности. Синхронизация мод. Генерация сверхкоротких импульсов. Принципы адаптивной оптики; коррекция волнового фронта лазерных пучков.

#### **8.3. Критерии оценки и шкала оценивания результатов освоения дисциплины:**

<b>№ п/п</b>	<b>Результат освоения дисциплины</b>	<b>Балл</b>	<b>Показатели оценивания</b>
<b>Знание</b>			
1.	методов критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методов генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач в области оптической спектроскопии	1	недостаточный уровень знания
		2	достаточный уровень знания
		3	высокий уровень знания
2.	роли и места оптической спектроскопии в формировании современной физической картины мира, стадии ее эволюции и взаимосвязи с другими разделами физики	1	недостаточный уровень знания
		2	достаточный уровень знания
		3	высокий уровень знания
3.	особенностей научной терминологии, понятийного аппарата оптической	1	недостаточный уровень знания

	спектроскопии, используемых при представлении результатов научной деятельности в устной и письменной форме	2	достаточный уровень знания
		3	высокий уровень знания
4.	современных методов оптической спектроскопии, их специфических особенностей и областей применения	1	недостаточный уровень знания
		2	достаточный уровень знания
		3	высокий уровень знания
5.	фундаментальных основ взаимодействия излучения с веществом и принципов лазерной диагностики сред	1	недостаточный уровень знания
		2	достаточный уровень знания
		3	высокий уровень знания
6.	основополагающих физических моделей для описания оптических явлений и результатов экспериментов в научных исследованиях в области оптической спектроскопии и возможных способов их развития	1	недостаточный уровень знания
		2	достаточный уровень знания
		3	высокий уровень знания
<b>Умение</b>			
1.	анализировать альтернативные варианты решения практических задач оптической спектроскопии и оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши реализации этих вариантов	1	не умеет
		2	частично освоенное умение
		3	сформированное умение
2.	выбирать и применять при решении задач оптической спектроскопии адекватные экспериментальные и расчетно-теоретические методы исследования	1	не умеет
		2	частично освоенное умение
		3	сформированное умение
<b>Владение</b>			
1.	навыками поиска (в том числе с использованием информационных систем и баз данных) и критического анализа информации в области оптической спектроскопии	1	не владеет
		2	частично освоенные навыки
		3	сформированные навыки
2.	навыками проведения оптических спектроскопических экспериментов с использованием современной лазерной техники, включая фемтосекундную, и методов интерпретации экспериментальных результатов	1	не владеет
		2	частично освоенные навыки
		3	сформированные навыки
<b>Итого баллов</b>		20–30	<b>«зачтено»</b>
		менее 20	<b>«не зачтено»</b>

*При отсутствии оценки «зачтено» обучающийся не допускается к*

*промежуточной аттестации – кандидатскому экзамену по специальной дисциплине*

## **9. ДИСЦИПЛИНА «ВЗАИМОВЛИЯНИЕ МАГНЕТИЗМА И СВЕРХПРОВОДИМОСТИ»**

### **9.1. Текущий контроль:**

- контроль посещаемости,
- устный опрос по изучаемой теме;
- анализ результатов решения практических задач и выполненных лабораторных работ.

**9.2. Итоговый контроль:** зачет. Контрольные темы и вопросы для проведения текущего и итогового контроля

### **Тема 1. Сверхпроводимость. Основные свойства сверхпроводников. Сверхпроводники I и II рода**

Сверхпроводящие материалы. Эффект Мейснера. Разрушение сверхпроводимости магнитным полем. Сверхпроводники I и II рода.

### **Тема 2. Энергетическая щель. Основы микроскопической теории сверхпроводимости**

Теплоемкость. Поглощение СВЧ излучения. Релаксация ядерного спина. Туннельный эффект. Электрон-фононное взаимодействие. Куперовские пары. Энергия основного состояния. Энергетическая щель при 0 К. Симметрия энергетической щели. Туннельный эффект Джозефсона.

### **Тема 3. Фазовые переходы в малоразмерных магнитных системах. Фрустрации**

Ближний порядок. Модель Изинга. Дальний порядок. Параметр дальнего порядка. Квантовые флуктуации. Фрустрации.

### **Тема 4. Особенности магнетизма в сильно коррелированных электронных системах**

Сильно коррелированные электроны и сверхпроводимость. Высокотемпературная сверхпроводимость. Квантовые критические явления и магнитные свойства. Сильно коррелированные системы различной природы.

### **Тема 5. Сосуществование ферромагнетизма и сверхпроводимости в сплавах и интерметаллических соединениях. Магнитное упорядочение примесей в сверхпроводящем состоянии**

Парамагнитные примеси в сверхпроводниках. s-d модель. Теория Абрикосова–Горькова. Невозможность реализации ферромагнетизма в сверхпроводящем состоянии. Возможный тип магнитного упорядочения в сверхпроводнике. Экспериментальное наблюдение этого порядка.

### **Тема 6. Сосуществование ферромагнетизма и сверхпроводимости в слоистых тонкопленочных системах сверхпроводник/ферромагнетик**

Эффект близости сверхпроводник/нормальный металл. Эффект близости сверхпроводник/ферро-магнетик. Подавление температуры сверхпроводящего перехода за счет эффекта близости. Возвратная сверхпроводимость. Эффект спинового клапана.

### **Тема 7. Перестройка магнитной структуры в ферромагнитном слое под воздействием сверхпроводимости**

Теория Буздина, основанная на термодинамическом подходе. Теория Берджерет и др. Экспериментальное наблюдение перестройки магнитной структуры в двухслойных пленках сверхпроводник/ферромагнетик.

#### **9.3. Критерии оценки и шкала оценивания результатов освоения дисциплины:**

<b>№ п/п</b>	<b>Результат освоения дисциплины</b>	<b>Балл</b>	<b>Показатели оценивания</b>
<b>Знание</b>			
1.	методов критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методов генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач в области магнетизма и сверхпроводимости	1	недостаточный уровень знания
		2	достаточный уровень знания
		3	высокий уровень знания
2.	роли и места теории взаимовлияния магнетизма и сверхпроводимости в современной физике твердого тела	1	недостаточный уровень знания
		2	достаточный уровень знания
		3	высокий уровень знания
3.	особенностей научной терминологии, понятийного аппарата магнетизма и сверхпроводимости, используемых при представлении результатов научной деятельности в устной и письменной форме	1	недостаточный уровень знания
		2	достаточный уровень знания
		3	высокий уровень знания
4.	основ теории сверхпроводимости и магнетизма в твердых телах	1	недостаточный уровень знания
		2	достаточный уровень знания
		3	высокий уровень знания
5.	проявлений взаимовлияния магнетизма и сверхпроводимости в различных физических системах: сплавах, интерметаллических соединениях, сильнокоррелированных электронных системах, высокотемпературных сверхпроводниках и мультислоях сверхпроводник/ферромагнетик	1	недостаточный уровень знания
		2	достаточный уровень знания
		3	высокий уровень знания
6.	существующих методов и методических подходов в научных исследованиях взаимовлияния магнетизма и сверхпроводимости и возможных способов их развития	1	недостаточный уровень знания
		2	достаточный уровень знания
		3	высокий уровень знания

<b>Умение</b>			
1.	анализировать альтернативные варианты решения практических задач магнетизма и сверхпроводимости и оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши реализации этих вариантов	1	не умеет
		2	частично освоенное умение
		3	сформированное умение
2.	выбирать и применять при решении задач магнетизма и сверхпроводимости адекватные экспериментальные и расчетно-теоретические методы исследования	1	не умеет
		2	частично освоенное умение
		3	сформированное умение
<b>Владение</b>			
1.	навыками поиска (в том числе с использованием информационных систем и баз данных) и критического анализа информации в области магнетизма и сверхпроводимости	1	не владеет
		2	частично освоенные навыки
		3	сформированные навыки
2.	навыками проведения экспериментальных исследований сверхпроводящих материалов	1	не владеет
		2	частично освоенные навыки
		3	сформированные навыки
<b>Итого баллов</b>		20–30	<b>«зачтено»</b>
		менее 20	<b>«не зачтено»</b>

*При отсутствии оценки «зачтено» обучающийся не допускается к промежуточной аттестации – кандидатскому экзамену по специальной дисциплине*

## **10. ДИСЦИПЛИНА «МАГНИТНЫЙ РЕЗОНАНС»**

### **10.1. Текущий контроль:**

- контроль посещаемости,
- устный опрос по изучаемой теме;
- анализ результатов решения практических задач и выполненных лабораторных работ.

**10.2. Итоговый контроль:** зачет. Контрольные темы и вопросы для проведения текущего и итогового контроля

### **Тема 1. Электронные и ядерные магнитные моменты в магнитном поле**

1. Магнитные моменты атомов и молекул. Магнетон Бора.
2. Строение электронных оболочек переходных и редкоземельных атомов. Правила Хунда. Термы.
3. Квантовомеханическая модель изолированного протона. Магнитные свойства ядер.
4. Прецессия магнитного момента в магнитном поле. Эффект Зеемана. Резонансное поглощение квантов электромагнитного поля.

## **Тема 2. Электронный парамагнитный резонанс**

1. Суть явления ЭПР. Классическое рассмотрение магнитного резонанса. Уравнения Блоха. Квантово-механическое рассмотрение явления магнитного резонанса.
2. Спиновый гамильтониан.  $g$ -фактор. Влияние кристаллических полей, тонкая и сверхтонкая структуры. Анизотропия спектров ЭПР парамагнитных центров.
3. Диполь-дипольное взаимодействие. Уширение резонансной линии
4. Обменное взаимодействие. Сужение спектра ЭПР.
5. Форма линий ЭПР. Лоренц. Гаусс. Дайсон.
6. Ширина линии. Однородное и неоднородное уширение. Спин-спиновые взаимодействия.
7. Механизмы и времена спиновой релаксации. Спин-фононные взаимодействия и спин-решеточная релаксация.

## **Тема 3. Электронный парамагнитный резонанс в металлах и сверхпроводниках**

1. Электроны проводимости и локализованные магнитные моменты.
2. Парамагнетизм Паули, интенсивность сигнала ЭПР.
3. Скин-эффект и форма линии ЭПР в металлах, теория Дайсона.
4. Спин-орбитальное взаимодействие и сдвиг сигнала ЭПР электронов проводимости. Спиновая релаксация в чистых металлах. Релаксация на примесях.
5. Магнитный резонанс в сверхпроводниках. Влияние вихревой решетки на форму сигнала.

## **Тема 4. Ферромагнитный резонанс**

1. Суть и особенности ферромагнитного резонанса.
2. Размагничивающее поле образцов разной формы. Угловая зависимость, связанная с формой образца.
3. Влияние кристаллической магнитной анизотропии на резонансную частоту.
4. Спин-волновой резонанс.
5. Суперпарамагнетизм и магнитный резонанс

## **Тема 5. Антиферромагнитный резонанс**

1. Энергетическая щель антиферромагнетика.
2. Релятивистские и обменные моды. Две ветви АФМР.
3. Поле Дзялошинского и поле анизотропии.

## **Тема 6. Техника ЭПР-спектроскопии**

1. Схема ЭПР спектрометра.
2. Определение  $g$ -фактора.
3. Определение концентрации парамагнитных центров.
4. Релаксометр ЭПР. Методы измерения времен спиновой релаксации.
5. Метод двойного электрон-ядерного резонанса

## **Тема 7. Криогенная техника**

1. Криогенные жидкости, их свойства и методы получения.
2. Азотный криостат.
3. Гелиевый криостат.
4. Проточный криостат.
5. Термостатирование.

6. Измерение низких температур. Виды термодатчиков.

### **Тема 8. Ядерный магнитный резонанс**

1. Явление ядерного магнитного резонанса.
2. Протонный магнитный резонанс.
3. Химический сдвиг. Спин-спиновое взаимодействие. Спектры ЯМР органических соединений.
4. Сужение линий, обусловленное движением спинов и обменным взаимодействием.
5. ЯМР в металлах. Сдвиг Найта. Корринговская релаксация
6. Времена ядерной релаксации.
7. Импульсный ЯМР. Спад свободной индукции. Фурье-спектроскопия.
8. Устройство ЯМР спектрометра.

### **Тема 9. Магнитно-резонансная томография**

1. Градиент магнитного поля. Частотное кодирование. Метод обратного проецирования.
2. Преобразование Фурье в ЯМР томографии.
3. Разрешение изображения.
4. Основные методы томографии: многослойная томография, спин-эхо томография, томография инверсия-восстановление, томография - градиентное эхо.
5. Контраст изображения.
6. Устройство ЯМР-томографа и аппаратура для томографии.

### **10.3. Критерии оценки и шкала оценивания результатов освоения дисциплины:**

<b>№ п/п</b>	<b>Результат освоения дисциплины</b>	<b>Балл</b>	<b>Показатели оценивания</b>
<b>Знание</b>			
1.	методов критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методов генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач в области магнитного резонанса	1	недостаточный уровень знания
		2	достаточный уровень знания
		3	высокий уровень знания
2.	роли и места теории магнитного резонанса в формировании современной физической картины мира, стадий ее эволюции и взаимосвязи с другими разделами физики;	1	недостаточный уровень знания
		2	достаточный уровень знания
		3	высокий уровень знания
3.	особенностей научной терминологии, понятийного аппарата теории магнитного резонанса, используемых при представлении результатов научной деятельности в устной и письменной форме	1	недостаточный уровень знания
		2	достаточный уровень знания
		3	высокий уровень знания
4.	основ теории магнитного резонанса, включая электронный парамагнитный резонанс, ферромагнитный резонанс, антиферромагнитный резонанс и ядерный магнитный резонанс	1	недостаточный уровень знания
		2	достаточный уровень знания
		3	высокий уровень знания

5.	техники ЭПР и ЯМР спектроскопии, ЯМР томографии, криогенной техники	1	недостаточный уровень знания
		2	достаточный уровень знания
		3	высокий уровень знания
6.	существующих методов анализа и интерпретации спектров ЭПР и ЯМР и возможных способов их развития	1	недостаточный уровень знания
		2	достаточный уровень знания
		3	высокий уровень знания
<b>Умение</b>			
1.	анализировать альтернативные варианты решения практических задач магнитного резонанса и оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши реализации этих вариантов	1	не умеет
		2	частично освоенное умение
		3	сформированное умение
2.	выбирать и применять при решении задач магнитного резонанса адекватные экспериментальные и расчетно-теоретические методы исследования	1	не умеет
		2	частично освоенное умение
		3	сформированное умение
<b>Владение</b>			
1.	навыками поиска (в том числе с использованием информационных систем и баз данных) и критического анализа информации в области магнитного резонанса	1	не владеет
		2	частично освоенные навыки
		3	сформированные навыки
2.	навыками получения информации на основе анализа спектров ЭПР и ЯМР о фундаментальных физических взаимодействиях и процессах, таких как сверхтонкое электрон-ядерное, дипольное и обменное взаимодействия, влияние поля лигандов и движения спинов, фазовая и спин-решеточная релаксация магнитных моментов.	1	не владеет
		2	частично освоенные навыки
		3	сформированные навыки
<b>Итого баллов</b>		20–30	«зачтено»
		менее 20	«не зачтено»

*При отсутствии оценки «зачтено» обучающийся не допускается к промежуточной аттестации – кандидатскому экзамену по специальной дисциплине*

## 11. ДИСЦИПЛИНА «МАГНЕТИЗМ НИЗКОРАЗМЕРНЫХ СИСТЕМ»

### 11.1. Текущий контроль:

- контроль посещаемости,
- устный опрос по изучаемой теме;
- анализ результатов решения практических задач и выполненных лабораторных работ.

**11.2. Итоговый контроль:** зачет. Контрольные темы и вопросы для проведения текущего и итогового контроля

**Тема 1. Магнитный момент иона. Взаимодействия между магнитными моментами**

Орбитальный и спиновый магнитные моменты электрона. Оболочка многоэлектронного атома. Правила Хунда. Эффективный магнитный момент и магнитный момент насыщения. Взаимодействия между магнитными моментами, некооперативный и кооперативный магнетизм. Прямой и непрямой обмен. Суперобмен через ионы кислорода. Правила Гуденафа, Канамори, Андерсена.

**Тема 2. Понятие о низкоразмерном магнетизме**

Квантовые модели Изинга и Гейзенберга для системы взаимодействующих спинов. Понятие о размерности магнитной системы. Понятие об основном состоянии магнитной системы. Ближний и дальний порядок. Понятие о фрустрации обменного взаимодействия

**Тема 3. Одномерные магнитные системы**

Спиновые цепочки с полуцелым спином. Цепочки с ферромагнитным и антиферромагнитным взаимодействием. Модель Изинга для одномерной цепочки. Модель Гейзенберга. Спин-Пайерлсовский переход. Основное состояние и возбуждения во фрустрированных цепочках в зависимости от параметра фрустрации. Цепочки с целым спином. Спиновые лестницы.

**Тема 4. Двумерные магнитные системы**

Различные топологии двумерных магнитных систем. Квадратная решетка с однородным обменом между ближайшими соседями. Решетка типа пчелиных сот с однородным обменом между ближайшими соседями. Треугольная решетка и решетка типа кагомэ – понятие о геометрической фрустрации. Учет влияния взаимодействия со следующим соседом: квадратная решетка с  $J_1$ - $J_2$  взаимодействиями.

**Тема 5. Нульмерные спиновые системы**

Изолированные ионы. Магнитные димеры. Молекулярные спиновые кластеры. Квантовые точки.

**Тема 6. От нульмерных объектов к трехмерному магнетизму**

Кластеры и магнитные частицы нано- и микро размеров. Суперпарамагнетизм. Блокинг-температура.

**Тема 7. Искусственно созданные низкоразмерные объекты. Размерные эффекты в магнитных частицах и проволоках**

Магнитные плёнки и мультислой. Нанопроволоки. Графен. Графеновые и оксидные нанотрубки. Фуллерены. Использование магнитно-силовой микроскопии для изучения магнитных частиц. Перемагничивание частиц внешним магнитным полем и при воздействии на них импульсным лазерным излучением.). Сверхплотная запись магнитной информации на частицах.

**11.3. Критерии оценки и шкала оценивания результатов освоения дисциплины:**

<b>№ п/п</b>	<b>Результат освоения дисциплины</b>	<b>Балл</b>	<b>Показатели оценивания</b>
<b>Знание</b>			
1.	методов критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методов генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач в низкоразмерного магнетизма	1	недостаточный уровень знания
		2	достаточный уровень знания
		3	высокий уровень знания
2.	роли и места теории магнетизма низкоразмерных систем в современной физике твердого тела, стадий ее эволюции и взаимосвязи с другими разделами физики;	1	недостаточный уровень знания
		2	достаточный уровень знания
		3	высокий уровень знания
3.	особенностей научной терминологии, понятийного аппарата низкоразмерного магнетизма, используемых при представлении результатов научной деятельности в устной и письменной форме	1	недостаточный уровень знания
		2	достаточный уровень знания
		3	высокий уровень знания
4.	основ теории магнетизма низкоразмерных систем, в том числе искусственно созданных, классификацию таких систем и их специфические магнитные свойства	1	недостаточный уровень знания
		2	достаточный уровень знания
		3	высокий уровень знания
5.	фундаментальных закономерностей, связанных с формированием магнитных свойств низкоразмерных систем	1	недостаточный уровень знания
		2	достаточный уровень знания
		3	высокий уровень знания
6.	существующих методов и методических подходов в научных исследованиях в области низкоразмерного магнетизма и возможных способов их развития	1	недостаточный уровень знания
		2	достаточный уровень знания
		3	высокий уровень знания
<b>Умение</b>			
1.	анализировать альтернативные варианты решения практических задач низкоразмерного магнетизма и оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши реализации этих вариантов	1	не умеет
		2	частично освоенное умение
		3	сформированное умение

2.	выбирать и применять при решении задач низкоразмерного магнетизма адекватные экспериментальные и расчетно-теоретические методы исследования	1	не умеет
		2	частично освоенное умение
		3	сформированное умение
<b>Владение</b>			
1.	навыками поиска (в том числе с использованием информационных систем и баз данных) и критического анализа информации в области низкоразмерного магнетизма	1	не владеет
		2	частично освоенные навыки
		3	сформированные навыки
2.	навыками анализа экспериментальных данных, полученных методами ЭПР и ЯМР для низкоразмерных систем	1	не владеет
		2	частично освоенные навыки
		3	сформированные навыки
<b>Итого баллов</b>		20–30	«зачтено»
		менее 20	«не зачтено»

*При отсутствии оценки «зачтено» обучающийся не допускается к промежуточной аттестации – кандидатскому экзамену по специальной дисциплине*

## 12. ДИСЦИПЛИНА «АТОМЫ И МОЛЕКУЛЫ НА ПОВЕРХНОСТИ»

### 12.1. Текущий контроль:

- контроль посещаемости,
- устный опрос по изучаемой теме;
- анализ результатов решения практических задач и выполненных лабораторных работ.

**12.2. Итоговый контроль:** зачет. Контрольные темы и вопросы для проведения текущего и итогового контроля

**Тема 1** Введение. Основные положения современной физики и химии поверхности.

**Тема 2** Кристаллография поверхности и дифракция электронов.

**Тема 3** Традиционные микроскопические методы исследования поверхности, сравнительный анализ их достоинств и недостатков.

Основные понятия, используемые в физике и химии поверхности, симметрия поверхности и описание ее структуры, перестройка поверхности при процессах реконструкции, релаксации, адсорбции, растровая (РЭМ) и просвечивающая (ПЭМ) электронная микроскопия, полевая электронно-эмиссионная микроскопия, полевая ионная микроскопия.

**Тема 4** Использование методов сканирующей туннельной микроскопии (СТМ) и спектроскопии (СТС) для изучения поверхности на атомарном и молекулярном уровне.

**Тема 5** Сканирующая зондовая микроскопия - новый метод исследования физических и химических свойств поверхности в нанометровом масштабе.

Основные принципы работы СТМ, получение атомарного разрешения, использование метода вольт-амперных характеристик при изучении электронной структуры поверхности, особенности СТМ-измерений на воздухе и в вакууме, роль адсорбатов. основные принципы работы и методики атомно-силового микроскопа (АСМ), дальнедействующие и короткодействующие силы при взаимодействии микрозонда АСМ с поверхностью, нанолитография с помощью АСМ,

**Тема 6** Исследование поверхности методами электронной спектроскопии.

**Тема 7** Электронная структура поверхности и адсорбция.

**Тема 8** Работа выхода и методы ее измерения.

**Тема 9** Адсорбция и катализ.

Основы фотоэлектронной спектроскопии, Оже-спектроскопии, поверхностные состояния Тамма и Шокли, изгиб зон и пиннинг уровня Ферми вблизи поверхности, влияние адсорбции на электронные свойства поверхности, работа выхода и электрохимический потенциал, основные экспериментальные методы измерения работы выхода, физическая и химическая адсорбция, роль диссоциативной хемосорбции и молекулярной физической адсорбции в гетерогенном катализе.

### **12.3. Критерии оценки и шкала оценивания результатов освоения дисциплины:**

<b>№ п/п</b>	<b>Результат освоения дисциплины</b>	<b>Балл</b>	<b>Показатели оценивания</b>
<b>Знание</b>			
1.	методов критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методов генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач в области поверхности твердых тел	1	недостаточный уровень знания
		2	достаточный уровень знания
		3	высокий уровень знания
2.	роли и места поверхностных явлений в современной физике твердого тела, стадий ее эволюции и взаимосвязи с другими разделами физики;	1	недостаточный уровень знания
		2	достаточный уровень знания
		3	высокий уровень знания
3.	особенностей научной терминологии, понятийного аппарата поверхностных явлений, используемых при представлении результатов научной деятельности в устной и письменной форме	1	недостаточный уровень знания
		2	достаточный уровень знания
		3	высокий уровень знания
4.	основ теории поверхностных явлений, в том числе искусственно созданных	1	недостаточный уровень знания
		2	достаточный уровень знания
		3	высокий уровень знания

5.	фундаментальных закономерностей, связанных с реконструкцией и реструктуризацией поверхности	1	недостаточный уровень знания
		2	достаточный уровень знания
		3	высокий уровень знания
6.	существующих методов и методических подходов в научных исследованиях в области поверхностных явлений и возможных способов их развития	1	недостаточный уровень знания
		2	достаточный уровень знания
		3	высокий уровень знания
<b>Умение</b>			
1.	выбирать и применять соответствующие методики сканирующей зондовой микроскопии к конкретным объектам	1	не умеет
		2	частично освоенное умение
		3	сформированное умение
2.	анализировать полученные экспериментальные данные, оценивать правильность полученных результатов	1	не умеет
		2	частично освоенное умение
		3	сформированное умение
<b>Владение</b>			
1.	практическими навыками работы на сканирующем туннельном и атомно-силовом микроскопе	1	не владеет
		2	частично освоенные навыки
		3	сформированные навыки
2.	обработки полученных изображений поверхности программными методами	1	не владеет
		2	частично освоенные навыки
		3	сформированные навыки
<b>Итого баллов</b>		20–30	<b>«зачтено»</b>
		менее 20	<b>«не зачтено»</b>

*При отсутствии оценки «зачтено» обучающийся не допускается к промежуточной аттестации – кандидатскому экзамену по специальной дисциплине*

### **13. ПРАКТИКА ПО РАБОТЕ С ИНФОРМАЦИОННО-ПОИСКОВЫМИ СИСТЕМАМИ**

*13.1. Формой контроля по практике является зачет, который проводится в виде решения ситуационных задач.*

#### **Вопросы к зачету.**

1. Отечественные и зарубежные реферативные базы данных научных публикаций в области химии и смежных наук.

2. Отечественные и зарубежные базы данных патентных документов.
3. Виды поиска.
4. Поиск по ключевым словам.
5. Нумерационный поиск.
6. Библиографический поиск.
7. Поиск по химической структуре веществ.
8. Поиск по реакциям.
9. Поиск по индексам международной патентной классификации.
10. Ограничение поиска.
11. Определение наукометрических показателей автора (число публикаций, количество цитирований, индекс Хирша).
12. Процедура регистрации персонального имени пользователя и пароля в различных базах данных.

### 13.2. Критерии оценки:

«зачет»	Продемонстрировано полное и правильное владение инструментарием поиска
«незачет»	Продемонстрировано неполное владение инструментарием поиска

Зачет по практике приравнивается к оценкам «отлично» и «хорошо» по теоретическому обучению и учитывается при аттестации аспиранта. Незачет по практике приравнивается к академической задолженности аспиранта.

## 14. ПЕДАГОГИЧЕСКАЯ ПРАКТИКА

По завершении практики аспирант представляет в отдел аспирантуры:

- письменный отчет с отзывом научного руководителя;
- письменный отзыв руководителя практики от профильной образовательной организации.

*Основными критериями* оценки аспиранта руководителями педагогической практики являются:

- Оценка психологической готовности аспиранта к работе в современных условиях (оцениваются мотивы, движущие начинающим преподавателем в работе, его понимание целей и задач, стоящих перед современной профессиональной школой).
- Оценка технологической готовности аспиранта к работе в современных условиях (оценивается общая дидактическая, методическая, техническая подготовка начинающего преподавателя, знание нормативных документов по организации учебно-воспитательного процесса профессиональной школы, владение преподаваемым предметом).
- Оценка умений планировать свою деятельность (учитывается умение аспиранта прогнозировать результаты своей деятельности, учитывать реальные возможности и все резервы, которые можно привести в действие для реализации намеченного).
- Оценка преподавательской деятельности аспиранта (выполнение учебных программ, качество проведенных занятий, степень самостоятельности, интерес занимающихся к предмету, владение активными методами обучения).
- Оценка работы аспиранта над повышением своего профессионального уровня (оценивается поиск эффективных методик и технологий преподавания, самосовершенствования).
- Оценка отношения к практике, к выполнению поручений руководителя.

**Формой итогового контроля** по педагогической практике является зачет. Решение принимается комиссией по проведению промежуточной аттестации аспирантов.

«зачет»	Практика пройдена, представлен письменный отчет, дан положительный отзыв научного руководителя и руководителя практики от профильной образовательной организации
«незачет»	1) Практика не пройдена и/или 2) Не представлен письменный отчет и/или 3) Отрицательный отзыв научного руководителя и/или руководителя педагогической практики от профильной образовательной организации

Зачет по практике приравнивается к оценкам «отлично» и «хорошо» по теоретическому обучению и учитывается при аттестации аспиранта. Незачет по практике приравнивается к академической задолженности аспиранта.

## **15. ДИСЦИПЛИНА «ОСНОВЫ ПЕДАГОГИКИ И ПСИХОЛОГИИ ВЫСШЕЙ ШКОЛЫ В СФЕРЕ ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК»**

### **15.1 Текущий контроль:**

- контроль посещаемости;
- устный опрос по теме;
- анализ результатов выполнения практических заданий.

**15.2. Промежуточный контроль** проводится в форме коллоквиума по учебному материалу нескольких тем.

**15.3. Итоговый контроль:** зачет. Контрольные темы и вопросы для проведения текущего и итогового контроля по дисциплине «Основы педагогики и психологии высшей школы в сфере естественных наук»:

### **Тема 1. Методологические основы педагогики высшей школы**

Объект и предмет педагогики высшей школы. Основные педагогические понятия и категории Актуальные педагогические проблемы и парадигмы. Принципы и методы педагогической деятельности.

### **Тема 2. Нормативно-правовые основы, стратегии и технологии образовательного процесса**

Нормативно-правовые основы организации высшего образования в РФ. Основные принципы Болонского процесса. Структура высшего образования, задачи и цели каждой ступени. Сущность компетентностного подхода.

### **Тема 3. Дидактика высшей школы**

Предмет и задачи, основные понятия дидактики. Структура, функции, цели и закономерности процесса обучения. Субъект и объект процесса обучения. Характеристика основных форм организации обучения.

### **Тема 4. Методика и технологии преподавания в высшей школе**

Понятие методики. Что такое образовательные технологии. Основные формы обучения в ВУЗе. Основные методы обучения в ВУЗе. Развивающее обучение. Проблемное и эвристическое обучение. Модульное обучение. Составляющие проектного модуля учебной дисциплины. Контроль знаний, умений и навыков.

## **Тема 5. Основы организационной и воспитательной деятельности преподавателя высшей школы**

Цели и особенности процесса воспитания в вузе. Методы, приемы, средства и формы воспитания в ВУЗе

## **Тема 6. Студент как творческая саморазвивающаяся личность**

Особенности обучения взрослых людей. Возрастные характеристики и психологические особенности студентов. Особенности профессионального самоопределения студентов.

## **Тема 7. Личность педагога высшей школы и ее профессиональное развитие**

Личностные качества педагога высшей школы и психологические особенности его деятельности. Различные аспекты деятельности педагога высшей школы. Регрессивная составляющая профессионального развития личности преподавателя. «Я-концепция творческого саморазвития» педагога.

### ***Критерии оценки и шкала оценивания результатов освоения дисциплины:***

<b>№ п/п</b>	<b>Результат освоения дисциплины</b>	<b>Балл</b>	<b>Показатели оценивания</b>
<b>Знание</b>			
1.	методов критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методов генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач в преподавании в высшей школе	1	недостаточный уровень знания
		2	достаточный уровень знания
		3	высокий уровень знания
2.	особенностей научной терминологии, понятийный аппарат педагогики высшей школы, используемые при представлении результатов научной деятельности в устной и письменной форме	1	недостаточный уровень знания
		2	достаточный уровень знания
		3	высокий уровень знания
3.	особенностей представления результатов научной деятельности в устной и письменной форме при работе в российских и международных исследовательских коллективах	1	недостаточный уровень знания
		2	достаточный уровень знания
		3	высокий уровень знания
4.	содержания процесса целеполагания профессионального и личностного развития, его особенности и способы реализации при решении профессиональных задач, исходя из этапов карьерного роста и требований рынка труда	1	недостаточный уровень знания
		2	достаточный уровень знания
		3	высокий уровень знания
5.	нормативно-правовых основ преподавательской деятельности в системе высшего образования	1	недостаточный уровень знания
		2	достаточный уровень знания
		3	высокий уровень знания

6.	требований к квалификационным работам бакалавров, специалистов, магистров	1	недостаточный уровень знания
		2	достаточный уровень знания
		3	высокий уровень знания
<b>Умение</b>			
1.	анализировать альтернативные варианты решения практических задач преподавания и оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши реализации этих вариантов	1	не умеет
		2	частично освоенное умение
		3	сформированное умение
2.	при решении исследовательских и практических задач преподавания генерировать новые идеи, исходя из наличных ресурсов и ограничений	1	не умеет
		2	частично освоенное умение
		3	сформированное умение
3.	следовать нормам, принятым в научном общении при работе в российских и международных исследовательских коллективах с целью решения научных и научно-образовательных задач	1	не умеет
		2	частично освоенное умение
		3	сформированное умение
4.	осуществлять личностный выбор в различных профессиональных и морально - ценностных ситуациях, оценивать последствия принятого решения и нести за него ответственность перед собой и обществом	1	не умеет
		2	частично освоенное умение
		3	сформированное умение
5.	формулировать цели личностного и профессионального развития и условия их достижения, исходя из тенденций развития области профессиональной деятельности, этапов профессионального роста, индивидуально - личностных особенностей	1	не умеет
		2	частично освоенное умение
		3	сформированное умение
6.	осуществлять отбор и использовать оптимальные методы преподавания	1	не умеет
		2	частично освоенное умение
		3	сформированное умение
7.	курировать выполнение квалификационных работ бакалавров, специалистов, магистров	1	не умеет
		2	частично освоенное умение
		3	сформированное умение
<b>Владение</b>			
1.	навыками поиска (в том числе с использованием информационных систем и баз данных) и критического анализа информации при решении задач преподавания	1	не владеет
		2	частично освоенные навыки
		3	сформированные навыки

2.	навыками анализа методологических проблем, возникающих при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях	1	не владеет
		2	частично освоенные навыки
		3	сформированные навыки
3.	навыками критического анализа и оценки современных научных достижений и результатов деятельности по решению исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях	1	не владеет
		2	частично освоенные навыки
		3	сформированные навыки
4.	навыками анализа основных мировоззренческих и методологических проблем, в т. ч. междисциплинарного характера, возникающих при работе по решению научных и научно- образовательных задач в российских или международных исследовательских коллективах	1	не владеет
		2	частично освоенные навыки
		3	сформированные навыки
5.	технологиями планирования деятельности в рамках работы в российских и международных коллективах по решению научных и научно- образовательных задач	1	не владеет
		2	частично освоенные навыки
		3	сформированные навыки
6.	различными типами коммуникаций при осуществлении работы в российских и международных коллективах по решению научных и научно- образовательных задач	1	не владеет
		2	частично освоенные навыки
		3	сформированные навыки
7.	способами выявления и оценки индивидуально- личностных, профессионально- значимых качеств и путями достижения более высокого уровня их развития	1	не владеет
		2	частично освоенные навыки
		3	сформированные навыки
8.	приемами и технологиями целеполагания, целереализации и оценки результатов деятельности по решению профессиональных задач	1	не владеет
		2	частично освоенные навыки
		3	сформированные навыки
9.	технологией проектирования образовательного процесса на уровне высшего образования	1	не владеет
		2	частично освоенные навыки
		3	сформированные навыки
<b>Итого баллов</b>		34-66	<b>«зачтено»</b>
		менее 34	<b>«не зачтено»</b>

## 16. НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ АСПИРАНТОВ

**16.1. Текущий контроль** за выполнением плана научных исследований осуществляется в виде обсуждения промежуточных результатов с научным руководителем;

**16.2. Промежуточная аттестация** аспирантов проводится два раза в год, в апреле и октябре.

На аттестацию аспиранты представляют письменный отчет по результатам выполняемых научных исследований. Дополнительно во время аттестации в апреле аспирант представляет доклад и презентацию по результатам проведенных научных исследований. От представления доклада освобождаются аспиранты, представившие устные доклады на Итоговой конференции ФИЦ КазНЦ РАН.

**Критериями оценки результатов научных исследований** являются:

- выполнение индивидуального плана научных исследований аспиранта;
- наличие публикационной активности;
- степень апробированности результатов проведенных научных исследований;
- мнение научного руководителя о степени самостоятельности и уровне подготовленности аспиранта.

Отчетный период	Оценка	Критерии оценки
1 курс, 1 семестр	зачтено	Индивидуальный план на 1 год обучения выполнен на 30% и более
	незачтено	Индивидуальный план на 1 год обучения выполнен менее чем на 30%
1 курс, 2 семестр	зачтено	Индивидуальный план на 1 год обучения выполнен на 70% и более, положительная оценка аспиранта научным руководителем
	незачтено	Индивидуальный план на 1 год обучения выполнен менее чем на 70%, отрицательная оценка аспиранта научным руководителем
2 курс, 1 семестр	зачтено	Индивидуальный план на 2 год обучения выполнен на 30% и более, наличие опубликованной (или принятой к печати) статьи или тезиса доклада, положительная оценка аспиранта научным руководителем
	незачтено	Индивидуальный план на 2 год обучения выполнен менее чем на 30%, отсутствие публикаций, отрицательная оценка аспиранта научным руководителем
2 курс, 2 семестр	зачтено	Индивидуальный план на 2 год обучения выполнен на 70% и более, наличие опубликованной (или принятой к печати) статьи или тезиса доклада, апробация результатов на двух и более конференциях, положительная оценка аспиранта научным руководителем
	незачтено	Индивидуальный план на 2 год обучения выполнен менее чем на 70%, отсутствие публикаций и апробации результатов; отрицательная оценка аспиранта научным руководителем
3 курс, 1 семестр	зачтено	Индивидуальный план на 3 год обучения выполнен на 30% и более, наличие опубликованной (или принятой к печати) статьи или тезисов докладов, апробация результатов на двух и более конференциях, положительная оценка аспиранта научным руководителем

	незачтено	Индивидуальный план на 3 год обучения выполнен менее чем на 70%, отсутствие опубликованных (или принятых к печати) статей, отсутствие апробации результатов; отрицательная оценка аспиранта научным руководителем
3 курс, 2 семестр	зачтено	Индивидуальный план на 3 год обучения выполнен на 70% и более, наличие опубликованной или принятой к печати статьи и тезисов доклада, апробация результатов на трех и более конференциях, положительная оценка аспиранта научным руководителем
	незачтено	Индивидуальный план на 3 год обучения выполнен менее чем на 70%, отсутствие опубликованных и принятых к печати статей и апробации результатов; отрицательная оценка аспиранта научным руководителем
4 курс, 1 семестр	зачтено	Индивидуальный план на 4 год обучения выполнен на 90% и более, наличие не менее двух статей (опубликованных и принятых к печати, при этом не менее одной опубликованной), апробация результатов на трех и более конференциях, положительная оценка аспиранта научным руководителем
	незачтено	Индивидуальный план на 4 год обучения выполнен менее чем на 90%, наличие менее двух статей (опубликованных или принятых к печати), апробация результатов; отрицательная оценка научным руководителем хода выполнения научных исследований

Оценка «зачтено» приравнивается к оценкам «отлично» и «хорошо» по теоретическому обучению. Оценка «незачтено» приравнивается к академической задолженности.

## 17. ГОСУДАРСТВЕННАЯ ИТОГОВАЯ АТТЕСТАЦИЯ

### 17.1. Государственный экзамен

Государственный экзамен проводится по утвержденной программе, содержащей перечень вопросов, разрабатываемые для каждого обучающегося индивидуально в соответствии с направленностью подготовки и темой его научно-квалификационной работы.

На экзамене предлагается два вопроса. Экзамен проводится по билетам.

#### **Критерии оценивания ответов государственного экзамена**

Результаты государственного экзамена определяются оценками "отлично", "хорошо", "удовлетворительно", "неудовлетворительно". Оценки "отлично", "хорошо", "удовлетворительно" означают успешное прохождение государственного аттестационного испытания.

При определении оценки учитывается грамотность представленных ответов, стиль изложения и общее оформление, способность ответить на поставленный вопрос по существу.

Критерии оценок государственного экзамена:

«Отлично» - соответствует исчерпывающему изложению и содержанию вопроса. Аспирант демонстрирует как знание, так и понимание вопроса, а также проявляет способность применить педагогические, исследовательские и информационные компетенции на практике по профилю своего обучения.

«Хорошо» - оценка, которая в основных чертах отражает содержание вопроса. Аспирант демонстрирует как знание, так и понимание вопроса, но испытывает незначительные проблемы при проявлении способности применить педагогические, исследовательские и информационные компетенции на практике по профилю своего обучения.

«Удовлетворительно» - оценка, которая в основных чертах отражает содержание вопроса, но допускаются ошибки. Не все положения раскрыты полностью. Имеются фактические пробелы и не полное владение литературой. Слабая практическая применимость педагогических, исследовательских и информационных компетенций по профилю своего обучения.

«Неудовлетворительно» - оценка, которую получает обучающийся, не раскрыв содержание вопроса. Имеются грубые ошибки, а также незнание ключевых определений. Ответы не носят развернутого изложения темы, на лицо отсутствие практического применения педагогических, исследовательских и информационных компетенций на практике по профилю своего обучения.

Аспиранты, получившие по результатам государственного экзамена оценку «неудовлетворительно», не допускаются к государственному аттестационному испытанию - научному докладу об основных результатах выполненной научно-квалификационной работы.

### **17.2. Научный доклад об основных результатах подготовленной диссертации**

Научный доклад - представление результатов собственной научно-исследовательской работы, выполненной обучающимся в ходе обучения в аспирантуре.

Представление научного доклада состоит из:

- 1) собственно научного доклада (регламент – не более 20 минут), в котором отражаются основные положения и выводы диссертации, сообщаются сведения о научных публикациях выпускника. Представление научного доклада сопровождается компьютерной презентацией;
- 2) последующих ответов обучающегося на вопросы;
- 3) выступления научного руководителя;
- 4) выступления рецензента.

#### **Критерии оценивания научного доклада**

- При оценивании научного доклада ГЭК (ИЭК) рассматривает такие критерии, как
- содержание научного доклада;
  - публичное представление научного доклада;
  - научные публикации обучающегося по теме научно-квалификационной работы;
  - содержание рецензии.

Каждый критерий оценивается в баллах.

#### **Шкала оценки научного доклада**

№ п/п	Наименование критерия	Показатели оценивания	Шкала оценивания
<b>1</b>	<b>Содержание научного доклада</b>		
1.1	Актуальность темы исследования	Актуальность темы полностью раскрыта	0 – критерий не выполнен 1 – критерий выполнен частично 2 – критерий выполнен

1.2	Степень разработки научного исследования	Степень разработки свидетельствует о сформированном навыке критического анализа современных научных достижений и результатов деятельности по решению исследовательских и практических задач	0 – критерий не выполнен 1 – критерий выполнен частично 2 – критерий выполнен
1.3	Научная новизна представленных результатов	Результаты и выводы работы являются полностью оригинальными	0 – критерий не выполнен 1 – критерий выполнен частично 2 – критерий выполнен
1.4	Используемые методология и методы исследования	Успешное применение теоретических и эмпирических методов исследования, методов анализа экспериментальных данных	0 – критерий не выполнен 1 – критерий выполнен частично 2 – критерий выполнен
1.5	Степень оригинальность и текста	Минимально допустимый процент оригинальности составляет 80%.	0 – критерий не выполнен 2 – критерий выполнен
<b>2</b>	<b>Публичное представление научного доклада</b>		
2.1	Качество презентации	Количество слайдов соответствует продолжительности выступления, оформление слайдов не препятствует восприятию содержания, на слайдах отражено основное содержание доклада	0 – критерий не выполнен 1 – критерий выполнен частично 2 – критерий выполнен
2.2	Уровень представления научного доклада	Доклад логично построен и хорошо представлен, полностью отражает основные результаты работы, выпускник свободно владеет содержанием, ясно и грамотно излагает материал, выдержан регламент выступления	0 – критерий не выполнен 1 – критерий выполнен частично 2 – критерий выполнен
2.3	Научная эрудиция аспиранта	Высокий уровень эрудиции, аспирант свободно владеет научной терминологией, свободно и аргументированно отвечает на вопросы и замечания аудитории	0 – критерий не выполнен 1 – критерий выполнен частично 2 – критерий выполнен
<b>3</b>	<b>Публикации</b>		
3	Научные публикации аспиранта по теме	Количество и уровень научных публикаций соответствует требованиям к публикациям при защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук	0 – критерий не выполнен 2 – критерий выполнен
<b>4</b>	<b>Рецензия</b>		
4	Содержание рецензии	По мнению рецензента в научном докладе раскрыта актуальность темы исследований, обоснованность результатов. Представленные результаты являются новыми. Материал излагается логично, последовательно и обстоятельно.	0 – критерий не выполнен 1 – критерий выполнен частично 2 – критерий выполнен

Максимально возможное количество баллов – 20.

Оценка по результатам представления научного доклада определяется следующим образом:

- ✓ «отлично» - набрано 17-20 баллов, все критерии выполнены или выполнены частично;
- ✓ «хорошо» - набрано 13-16 баллов, все критерии выполнены или выполнены частично;
- ✓ «удовлетворительно» - набрано 11-13 баллов;
- ✓ «неудовлетворительно» - набрано менее 11 баллов.