

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»  
**Обнинский институт атомной энергетики –**  
филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»  
**(ИАТЭ НИЯУ МИФИ)**

**ОТДЕЛЕНИЕ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ**

План одобрен  
Ученым советом ИАТЭ НИЯУ МИФИ  
Протокол № 25.8 от 25.08.2025

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**  
**по дисциплине**

**ОБЩАЯ ФИЗИКА (ВОЛНЫ, ОПТИКА И АТОМНАЯ ФИЗИКА)**

*название дисциплины*

Специальность

**14.05.01 Ядерные реакторы и материалы**

Образовательная программа

**Ядерные реакторы**

*Шифр, название специализации*

Форма обучения: очная

**г. Обнинск**

### **Область применения**

Фонд оценочных средств (ФОС) – является обязательным приложением к рабочей программе дисциплины «Общая физика (волны, оптика и атомная физика)» и обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущей и промежуточной аттестации по дисциплине.

### **Цели и задачи фонда оценочных средств**

Целью Фонда оценочных средств является установление соответствия уровня подготовки обучающихся требованиям федерального государственного образовательного стандарта.

Для достижения поставленной цели Фондом оценочных средств по дисциплине «Общая физика (волны, оптика и атомная физика)» решаются следующие задачи:

- контроль и управление процессом приобретения обучающимися знаний, умений и навыков, предусмотренных в рамках данной дисциплины;
- контроль и оценка степени освоения компетенций, предусмотренных в рамках данной дисциплины;
- обеспечение соответствия результатов обучения задачам будущей профессиональной деятельности через совершенствование традиционных и внедрение инновационных методов обучения в образовательный процесс в рамках данной дисциплины.

**1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

**1.1. В результате освоения ОП обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:**

| <b>Код компетенции</b> | <b>Наименование компетенции</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                     | <b>Код и наименование индикатора достижения компетенции</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ОПК-1                  | Способен использовать базовые знания естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования                                                                                                       | 3-ОПК-1 Знать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования<br>У-ОПК-1 Уметь использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования<br>В-ОПК-1 Владеть навыками использования основных законов естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применения методов математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования |
| ПК-1                   | Способен создавать теоретические и математические модели, описывающие нейтронно-физические процессы в реакторах, процессы гидродинамики и тепломассопереноса в активных зонах или воздействие ионизирующего излучения на материалы, человека и объекты окружающей среды, системы учета, контроля ядерных материалов | 3-ПК-1 Знать нейтронно-физические процессы в реакторах, процессы гидродинамики и тепломассопереноса в активных зонах или воздействие ионизирующего излучения на материалы, человека и объекты окружающей среды, системы учета, контроля ядерных материалов<br>У-ПК-1 Уметь создавать теоретические и математические модели в профессиональной области<br>В-ПК-1 Владеть навыками работы с современными расчетными программными средствами                                                                                                                                                                                                                 |
| УКЕ-1                  | Способен использовать знания естественнонаучных дисциплин, применять методы математического анализа и моделирования,                                                                                                                                                                                                | 3-УКЕ-1 знать: основные законы естественнонаучных дисциплин, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования<br>У-УКЕ-1 уметь: использовать математические методы в технических приложениях, рассчитывать основные числовые характеристики случайных величин, решать основные задачи математической                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |

|  |                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|--|-------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | теоретического и экспериментального исследования в поставленных задачах | статистики; решать типовые расчетные задачи В-УКЕ-1 владеть: методами математического анализа и моделирования; методами решения задач анализа и расчета характеристик физических систем, основными приемами обработки экспериментальных данных, методами работы с прикладными программными продуктами |
|--|-------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

### 1.2. Этапы формирования компетенций в процессе освоения ОП

Компоненты компетенций, как правило, формируются при изучении нескольких дисциплин, а также в немалой степени в процессе прохождения практик, НИР и во время самостоятельной работы обучающегося. Выполнение и защита ВКР являются видом учебной деятельности, который завершает процесс формирования компетенций.

Этапы формирования компетенции в процессе освоения дисциплины:

- **начальный** этап – на этом этапе формируются знаниевые и инструментальные основы компетенции, осваиваются основные категории, формируются базовые умения. Студент воспроизводит термины, факты, методы, понятия, принципы и правила; решает учебные задачи по образцу;
- **основной** этап – знания, умения, навыки, обеспечивающие формирование компетенции, значительно возрастают, но еще не достигают итоговых значений. На этом этапе студент осваивает аналитические действия с предметными знаниями по дисциплине, способен самостоятельно решать учебные задачи, внося коррективы в алгоритм действий, осуществляя коррекцию в ходе работы, переносит знания и умения на новые условия;
- **завершающий** этап – на этом этапе студент достигает итоговых показателей по заявленной компетенции, то есть осваивает весь необходимый объем знаний, овладевает всеми умениями и навыками в сфере заявленной компетенции. Он способен использовать эти знания, умения, навыки при решении задач повышенной сложности и в нестандартных условиях.

Этапы формирования компетенций в ходе освоения дисциплины отражаются в тематическом плане (см. РПД).

### 1.3. Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения

| №<br>п/п                            | Контролируемые<br>разделы (темы)<br>дисциплины | Индикатор достижения<br>компетенции                                               | Наименование оценочного<br>средства текущей и<br>промежуточной аттестации |
|-------------------------------------|------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| Текущая аттестация, 4 семестр       |                                                |                                                                                   |                                                                           |
| 1.                                  | Колебания и<br>волны                           | З-ОПК-1, У-ОПК-1, В-ОПК-1<br>З-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1;<br>У-УКЕ-1; З-УКЕ-1; В-УКЕ-1 | Коллоквиум                                                                |
| 2.                                  | Оптика                                         | З-ОПК-1, У-ОПК-1, В-ОПК-1<br>З-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1;<br>У-УКЕ-1; З-УКЕ-1; В-УКЕ-1 | Контрольная работа                                                        |
| 3.                                  | Атомная физика                                 | З-ОПК-1, У-ОПК-1, В-ОПК-1<br>З-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1;<br>У-УКЕ-1; З-УКЕ-1; В-УКЕ-1 |                                                                           |
| Промежуточная аттестация, 4 семестр |                                                |                                                                                   |                                                                           |
|                                     | Экзамен                                        | З-ОПК-1, У-ОПК-1, В-ОПК-1<br>З-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1;<br>У-УКЕ-1; З-УКЕ-1; В-УКЕ-1 | Экзаменационный билет                                                     |

## 2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Конечными результатами освоения программы дисциплины являются сформированные когнитивные дескрипторы «знать», «уметь», «владеть», расписанные по отдельным компетенциям, которые приведены в п.1.1. Формирование этих дескрипторов происходит в процессе изучения дисциплины по этапам в рамках различного вида учебных занятий и самостоятельной работы.

Выделяются три уровня сформированности компетенций на каждом этапе: пороговый, продвинутый и высокий.

| Уровни                                                                                                                             | Содержательное описание уровня                                                                                                                                  | Основные признаки выделения уровня                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | БРС, % освоения | ECTS/Пятибалльная шкала для оценки экзамена/зачета |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|----------------------------------------------------|
| <b>Высокий</b><br><i>Все виды компетенций сформированы на высоком уровне в соответствии с целями и задачами дисциплины</i>         | Творческая деятельность                                                                                                                                         | <i>Включает нижестоящий уровень.</i><br>Студент демонстрирует свободное обладание компетенциями, способен применить их в нестандартных ситуациях: показывает умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического или прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий                 | 90-100          | A/<br>Отлично/<br>Зачтено                          |
| <b>Продвинутый</b><br><i>Все виды компетенций сформированы на продвинутом уровне в соответствии с целями и задачами дисциплины</i> | Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессиональной деятельности, нежели по образцу, большей долей самостоятельности и инициативы  | <i>Включает нижестоящий уровень.</i><br>Студент может доказать владение компетенциями: демонстрирует способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения. | 85-89           | B/<br>Очень хорошо/<br>Зачтено                     |
|                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 75-84           | C/<br>Хорошо/<br>Зачтено                           |
| <b>Пороговый</b><br><i>Все виды компетенций сформированы на пороговом уровне</i>                                                   | Репродуктивная деятельность                                                                                                                                     | Студент демонстрирует владение компетенциями в стандартных ситуациях: излагает в пределах задач курса теоретически и практически контролируемый материал.                                                                                                                                                                              | 65-74           | D/Удовлетворительно/<br>Зачтено                    |
|                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 60-64           | E/Посредственно<br>/Зачтено                        |
| <b>Ниже порогового</b>                                                                                                             | Отсутствие признаков порогового уровня: компетенции не сформированы. Студент не в состоянии продемонстрировать обладание компетенциями в стандартных ситуациях. |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 0-59            | Неудовлетворительно/<br>Зачтено                    |

Оценивание результатов обучения студентов по дисциплине осуществляется по регламенту текущего контроля и промежуточной аттестации.

Критерии оценивания компетенций на каждом этапе изучения дисциплины для каждого вида оценочного средства и приводятся в п. 4 ФОС. Итоговый уровень сформированности компетенции при изучении дисциплины определяется по таблице. При этом следует понимать, что граница между уровнями для конкретных результатов освоения образовательной программы может смещаться.

| Уровень сформированности компетенции | Текущий контроль       | Промежуточная аттестация |
|--------------------------------------|------------------------|--------------------------|
| высокий                              | <b>высокий</b>         | <b>высокий</b>           |
|                                      | <i>продвинутый</i>     | <i>высокий</i>           |
|                                      | <i>высокий</i>         | <i>продвинутый</i>       |
| продвинутый                          | <i>пороговый</i>       | <i>высокий</i>           |
|                                      | <i>высокий</i>         | <i>пороговый</i>         |
|                                      | <b>продвинутый</b>     | <b>продвинутый</b>       |
|                                      | <i>продвинутый</i>     | <i>пороговый</i>         |
|                                      | <i>пороговый</i>       | <i>продвинутый</i>       |
| пороговый                            | <b>пороговый</b>       | <b>пороговый</b>         |
| ниже порогового                      | <b>пороговый</b>       | <b>ниже порогового</b>   |
|                                      | <b>ниже порогового</b> | -                        |

### 3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Итоговая аттестация по дисциплине является интегральным показателем качества теоретических и практических знаний и навыков обучающихся по дисциплине и складывается из оценок, полученных в ходе текущей и промежуточной аттестации.

Текущая аттестация в семестре проводится с целью обеспечения своевременной обратной связи, для коррекции обучения, активизации самостоятельной работы обучающихся.

Промежуточная аттестация предназначена для объективного подтверждения и оценивания достигнутых результатов обучения после завершения изучения дисциплины.

Текущая аттестация осуществляется два раза в семестр:

- контрольная точка № 1 (КТ № 1) – выставляется в электронную ведомость не позднее 8 недели учебного семестра. Включает в себя оценку мероприятий текущего контроля аудиторной и самостоятельной работы обучающегося по разделам/темам учебной дисциплины с 1 по 8 неделю учебного семестра.
- контрольная точка № 2 (КТ № 2) – выставляется в электронную ведомость не позднее 16 недели учебного семестра. Включает в себя оценку мероприятий текущего контроля аудиторной и самостоятельной работы обучающегося по разделам/темам учебной дисциплины с 9 по 16 неделю учебного семестра.

Результаты текущей и промежуточной аттестации подводятся по шкале балльно-рейтинговой системы.

| Этап рейтинговой системы /<br>Оценочное средство | Неделя       | Балл      |           |
|--------------------------------------------------|--------------|-----------|-----------|
|                                                  |              | Минимум*  | Максимум  |
| <b>Текущая аттестация</b>                        | <b>1-16</b>  | <b>36</b> | <b>60</b> |
| <b>Контрольная точка № 1</b>                     | <b>7-8</b>   | <b>18</b> | <b>30</b> |
| <i>Коллоквиум</i>                                | 7            | 18        | 30        |
| <b>Контрольная точка № 2</b>                     | <b>15-16</b> | <b>18</b> | <b>30</b> |
| <i>Контрольная работа</i>                        | 16           | 18        | 30        |

|                                 |          |           |            |
|---------------------------------|----------|-----------|------------|
| <b>Промежуточная аттестация</b> | <b>-</b> | <b>24</b> | <b>40</b>  |
| Экзамен                         | -        |           |            |
| Экзаменационный билет           | -        | 24        | 40         |
| <b>ИТОГО по дисциплине</b>      |          | <b>60</b> | <b>100</b> |

\* Минимальное количество баллов за оценочное средство – это количество баллов, набранное обучающимся, при котором оценочное средство засчитывается, в противном случае обучающийся должен ликвидировать появившуюся академическую задолженность по текущей или промежуточной аттестации. Минимальное количество баллов за текущую аттестацию, в т.ч. отдельное оценочное средство в ее составе, и промежуточную аттестацию составляет 60% от соответствующих максимальных баллов.

Студент считается аттестованным по разделу, зачету или экзамену, если он набрал не менее 60% от максимального балла, предусмотренного рабочей программой.

Студент может быть аттестован по дисциплине, если он аттестован по каждому разделу, зачету/экзамену и его суммарный балл составляет не менее 60.

#### ***Определение бонусов и штрафов***

Бонусы: поощрительные баллы студент может получить к своему рейтингу в конце семестра за присутствие на лекциях, практических и лабораторных занятиях и активную и регулярную работу на занятиях.

Бонус (премиальные баллы) не может превышать 5 баллов, вместе с баллами за текущую аттестацию – не более 60 баллов за семестр.

#### **4. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков**

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»  
**Обнинский институт атомной энергетики –**  
филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»  
**(ИАТЭ НИЯУ МИФИ)**

**ОТДЕЛЕНИЕ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ**

|                               |                                                      |
|-------------------------------|------------------------------------------------------|
| Направление/<br>Специальность | <b>14.05.01 Ядерные реакторы и материалы</b>         |
| Образовательная<br>программа  | <b>Ядерные реакторы</b>                              |
| Дисциплина                    | <b>Общая физика (волны, оптика и атомная физика)</b> |

**ВОПРОСЫ К ЭКЗАМЕНУ**

**«Колебания и волны»**

1. Малые колебания системы около положения равновесия.
2. Уравнение плоской волны, распространяющейся в произвольном направлении.
3. Уравнение Клапейрона-Менделеева.
4. Теплоемкость твердых тел.
5. Сложение взаимно перпендикулярных колебаний. Фигуры Лиссажу.
6. Внутренняя энергия идеального газа.
7. Фазовые переходы первого и второго рода.
8. Уравнение плоской волны, распространяющейся в произвольном направлении.
9. Уравнение собственных затухающих гармонических колебаний.
10. Работа газа при расширении.
11. Уравнение Ван-дер-Ваальса.
12. Сложение взаимно перпендикулярных колебаний. Фигуры Лиссажу.
13. Скорость частиц среды. Относительная деформация. Графическое представление волнового процесса.
14. Теплоемкость. Теплоемкость при постоянном давлении и объеме.
15. Поверхностное натяжение. Давление под изогнутой поверхностью жидкости.
16. Уравнение собственных затухающих гармонических колебаний.
17. Волновое уравнение.
18. Адиабатический процесс.
19. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса.
20. Уравнение вынужденных колебаний. Его решение.
21. Работа, совершаемая газом при различных процессах.
22. Критические величины, критические состояния.
23. Определение амплитуды и начальной фазы из начальных условий.
24. Уравнение плоской бегущей волны, распространяющейся вдоль оси  $x$ . Характеристики волнового процесса.
25. Среднее число столкновений и средняя длина свободного пробега молекул.
26. Энтропия идеального газа.
27. Уравнение стоячей волны. Координаты узлов и пучностей.
28. Определение амплитуды и начальной фазы из начальных условий.
29. Явления переноса. Газокинетическая теория диффузии.

30. Цикл Карно и его КПД для идеального газа.
31. Признаки гармонического осциллятора.
32. Собственные колебания струны.
33. Явления переноса. Газокинетическая теория теплопроводности.
34. Второе начало термодинамики.
35. Величины, характеризующие перенос энергии в волне.
36. Сложение колебаний с помощью векторной диаграммы.
37. Явления переноса. Газокинетическая теория вязкости.
38. Колебательные процессы. Их классификация.
39. Плотность энергии плоской упругой волны.
40. Работа, совершаемая газом при различных процессах.
41. Статистическое толкование второго начала термодинамики.
42. Колебательные процессы. Их классификация.
43. Волновое уравнение.
44. Третье начало термодинамики.
45. Биения. Их амплитуда и период.
46. Уравнение стоячей волны. Координаты узлов и пучностей.
47. Закон Дальтона.
48. Сравнение изотерм Ван-дер-Ваальса и экспериментальных изотерм.
49. Колебательные процессы. Их классификация.
50. Закон равномерного распределения энергии по степеням свободы молекул.
51. Энтропия идеального газа. Неравенство Клаузиуса.
52. Определение амплитуды и начальной фазы из начальных условий.
53. Эффект Допплера.
54. Теплоемкость при постоянном давлении и объеме.
55. Тепловые двигатели и холодильные машины.
56. Распределение Максвелла.
57. Давление под изогнутой поверхностью жидкости.
58. Решение уравнения собственных затухающих гармонических колебаний. Аперидический режим.
59. Уравнение плоской бегущей волны, распространяющейся вдоль оси  $x$ . Характеристики волнового процесса.
60. Кристаллические решетки.
61. Уравнение стоячей волны. Координаты узлов и пучностей.
62. Математический маятник.
63. Смачивание. Капиллярные явления.
64. Физический маятник.
65. Уравнение плоской волны, распространяющейся в произвольном направлении.
66. Закон Больцмана для распределения частиц во внешнем потенциальном поле.
67. Признаки гармонического осциллятора.
68. Политропические процессы.
69. Сложение колебаний с помощью векторной диаграммы.
70. Распределение энергии в бегущей и стоячей волнах.
71. Явления на границе жидкости и твердого тела.
72. Гармонические колебания. Амплитуда, частота, фаза, начальная фаза. Связь между периодом и частотой.
73. Решение уравнения собственных затухающих гармонических колебаний. Аперидический режим.
74. Обратимые и необратимые процессы.
75. Фазовые переходы первого и второго рода.
76. Гармонические колебания. Амплитуда, частота, фаза, начальная фаза. Связь между периодом и частотой.
77. Энергия гармонического осциллятора.
78. Закон Больцмана для распределения частиц во внешнем потенциальном поле.

79. КПД цикла Карно.
80. Гармонический осциллятор. Квазиупругая сила.
81. Уравнение вынужденных колебаний. Его решение.
82. Математический маятник.
83. Основное уравнение молекулярно-кинетической теории идеального газа для давления.
84. Второе начало термодинамики.

### **«Оптика»**

1. Световая волна. Интенсивность света
2. Пространственная и временная когерентность
3. Интерференция поляризованных лучей. Пластинки в  $\lambda/4$ ,  $\lambda/2$  и  $\lambda$
4. Явление интерференции. Интерференция двух цилиндрических волн
5. Когерентность. Способы наблюдения интерференции света. Бипризма Френеля
6. Поляризация света. Закон Малюса. Закон Брюстера.
7. Интерференция света при отражении от тонкой пластинки. Полосы равного наклона
8. Интерференция света при отражении света тонкой пластинки. Полосы равной толщины.
9. Влияние немонохроматичности света на характер интерференционной картины.
10. Явление дифракции. Принцип Гюйгенса – Френеля
11. Дифракция Фраунгофера на одной щели
12. Дифракционная решетка
13. Дифракционная решетка как спектральный прибор. Дисперсия дифракционной решетки.
14. Явление двойного лучепреломления. Построение Гюйгенса для лучей (о) и (е) в положительном кристалле
15. Дифракция Френеля на круглом отверстии. Зоны Френеля
16. Свет естественный и свет поляризованный. Закон Малюса. Закон Брюстера
17. Закон Малюса.
18. Зоны Френеля. Графический метод сложения амплитуд
19. Поглощение излучения веществом. Закон Бугера
20. Зависимость коэффициента поглощения от длины волны для жидкостей, твердых тел, газов и веществ в парообразном состоянии
21. Фазовая и групповая скорости света. Закон Рэлея.
22. Дифракция на круглом экране. Пятно Пуассона.
23. Кольца Ньютона

### **«Атомная физика»**

1. Экспериментальные основы и развитие идей атомной физики.
2. Порядки величин для атомных процессов.
3. Квантовые свойства света. Фотоэффект.
4. Квантовые свойства света. Корпускулярная интерпретация интерференции.
5. Квантовые свойства света. Импульс фотона.
6. Квантовые свойства света. Опыты Комптона.
7. Квантовые свойства света. Теория эффекта Комптона.
8. Квантовые свойства света. Опыты Боте и Гейгера, Комптона и Саймона.
9. Рентгеновское излучение. Дифракция рентгеновских лучей в кристаллах.
10. Методы наблюдения дифракции рентгеновских лучей (Лауэ, Дебая-Шерера).
11. Корпускулярно-волновой дуализм. Гипотеза де Бройля. Волны де Бройля.
12. Корпускулярно-волновой дуализм. Дебройлевская длина волны электрона.
13. Корпускулярно-волновой дуализм. Опыты Томсона и Тартаковского.
14. Корпускулярно-волновой дуализм. Опыты Дэвидсона и Джермера.
15. Корпускулярно-волновой дуализм. Опыты Бибермана, Фабриканта и Сушкина.
16. Дискретность атомных состояний. Спектр атома водорода.
17. Дискретность атомных состояний. Опыты Франка и Герца.
18. Ядерная модель атома. Формула Резерфорда.
19. Опыты Резерфорда.
20. Распределение заряда в атоме и определение заряда ядра.
21. Постулаты Бора. Условия квантования.

22. Квантование круговых орбит электрона в атоме.
23. Серия Пикеринга и спектр ионов гелия.
24. Теория Бора-Зоммерфельда.
25. Принцип соответствия.
26. Недостатки теории Бора.
27. Флуктуации интенсивности светового потока
28. Поляризация фотона
29. Эффект Рамзауэра - Таунсенда.
30. Излучение черного тела. Формула М. Планка
31. Коэффициенты Эйнштейна. Условия равновесия излучения.
32. Атомные спектры. Комбинационный принцип.
33. Спектральные серии атома водорода.
34. Постулаты квантовой механики.
35. Уравнение Шредингера.
36. Принцип суперпозиции состояний.
37. Плотность заряда и плотность тока.
38. Свойства операторов физических величин.
39. Соотношение неопределенности Гейзенберга.
40. Частица в одномерной потенциальной яме.
41. Прохождение частиц через потенциальный барьер.
42. Одномерная яма конечной глубины.
43. Линейный гармонический осциллятор.
44. Теория излучения.
45. Интенсивность излучения
46. Правила отбора для осциллятора.
47. Правила отбора для ротатора.
48. Движение частицы в поле центральной силы. Решение угловой части уравнения Шредингера.
49. Оператор момента импульса, его свойства. Закон сохранения момента импульса при движении в поле центральной силы.
50. Движение частицы в кулоновском поле. Решение радиальной части уравнения Шредингера.
51. Распределение плотности в электронном облаке.
52. Водородоподобные атомы и системы.
53. Модель валентного электрона. Атомы щелочных металлов.
54. Спектральные серии щелочных металлов.
55. Плотность тока вероятности. Орбитальный магнитный момент электрона.
56. Опыты Штерна и Герлаха. Спин электрона.
57. Спин электрона.
58. Спин – орбитальное взаимодействие. Расщепление линий.
59. Магнитомеханические эффекты и спин электрона.
60. Дублетная структура спектров щелочных металлов.
61. Полные механический и магнитный момент
62. Гиромагнитное отношение.
63. Сложение механических орбитальных моментов.
64. Сложение механических спиновых моментов.
65. Полный механический момент атома. Типы связей электронов в атоме.
66. Полный магнитный момент атома.
67. Фактор Ланде.
68. Векторная модель атома.
69. Метод магнитного резонанса.
70. Многоэлектронные атомы. Спектр атома гелия.
71. Мультиплетная структура спектров.
72. Эквивалентные электроны. Принцип Паули.
73. Эффект Зеемана. Расщепление энергетических уровней в магнитном поле.
74. Сложный эффект Зеемана. Расщепление линий излучения в магнитном поле.

75. Простой эффект Зеемана. Эффект Пашена-Бака.
76. Строение электронных оболочек. Химические свойства атомов.
77. Периодическая система элементов Менделеева.
78. Характеристическое рентгеновское излучение. Закон Мозли.
79. Уровни энергии для рентгеновских спектров.
80. Структура рентгеновских спектров.
81. Строение молекул. Адиабатическое приближение.
82. Вращательно – колебательные спектры двухатомных молекул.
83. Электронные спектры молекул.
84. Ионная химическая связь.
85. Природа ковалентной химической связи.
86. Зонные модели металлов, полупроводников, диэлектриков.
87. Проводимость твердых тел. Собственная и примесная проводимость.
88. Сверхпроводимость и ее квантовая природа.
89. Статистические распределения Ферми-Дирака и Бозе-Эйнштейна.
90. Энергия Ферми

#### Критерии оценивания компетенций (результатов):

Отлично/хорошо/удовлетворительно/неудовлетворительно

#### Описание шкалы оценивания:

| Оценка                             | Критерии оценки                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Отлично<br>36–40                   | <b>Студент должен:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– продемонстрировать глубокое и прочное усвоение знаний программного материала;</li> <li>– исчерпывающе, последовательно, грамотно и логически стройно изложить теоретический материал;</li> <li>– правильно формулировать определения;</li> <li>– продемонстрировать умения самостоятельной работы с литературой;</li> <li>– уметь сделать выводы по излагаемому материалу.</li> </ul> |
| Хорошо<br>30–35                    | <b>Студент должен:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– продемонстрировать достаточно полное знание программного материала;</li> <li>– продемонстрировать знание основных теоретических понятий; достаточно последовательно, грамотно и логически стройно излагать материал;</li> <li>– продемонстрировать умение ориентироваться в литературе;</li> <li>– уметь сделать достаточно обоснованные выводы по излагаемому материалу.</li> </ul>  |
| Удовлетворительно<br>24–29         | <b>Студент должен:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– продемонстрировать общее знание изучаемого материала;</li> <li>– показать общее владение понятийным аппаратом дисциплины;</li> <li>– уметь строить ответ в соответствии со структурой излагаемого вопроса;</li> <li>– знать основную рекомендуемую программой учебную литературу.</li> </ul>                                                                                          |
| Неудовлетворительно<br>23 и меньше | <b>Студент демонстрирует:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– незнание значительной части программного материала;</li> <li>– не владение понятийным аппаратом дисциплины;</li> <li>– существенные ошибки при изложении учебного материала;</li> <li>– неумение строить ответ в соответствии со структурой излагаемого вопроса;</li> <li>– неумение делать выводы по излагаемому материалу.</li> </ul>                                        |

## ОТДЕЛЕНИЕ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

|                               |                                                      |
|-------------------------------|------------------------------------------------------|
| Направление/<br>Специальность | <b>14.05.01 Ядерные реакторы и материалы</b>         |
| Образовательная<br>программа  | <b>Ядерные реакторы</b>                              |
| Дисциплина                    | <b>Общая физика (волны, оптика и атомная физика)</b> |

### Вопросы для коллоквиумов

#### *Раздел «Колебания и волны»*

1. Периодические процессы. Гармонические колебания. Амплитуда, частота, фаза колебаний. Представление гармонических колебаний с помощью вектора амплитуды.
2. Сложение гармонических колебаний одного направления. Сложение гармонических колебаний одного направления и близких частот. Биения.
3. Сложение гармонических колебаний одного направления одинаковых частот, имеющих разные значения амплитуд и начальных фаз.
4. Сложение гармонических колебаний одинаковой частоты происходящих во взаимно-перпендикулярных направлениях. Влияние разности фаз на вид результирующего колебания.
5. Сложение гармонических колебаний, происходящих во взаимно перпендикулярных направлениях и имеющих частоты, относящиеся как целые числа. Фигуры Лиссажу.
6. Гармонический осциллятор. Собственные колебания гармонического осциллятора. Вывод дифференциального уравнения гармонического осциллятора на примере пружинного маятника. Собственные колебания гармонического осциллятора. Частота колебаний, амплитуда, начальная фаза. Нахождение амплитуды и начальной фазы колебаний по начальным условиям.
7. Физический маятник. Частота, амплитуда, начальная фаза малых колебаний физического маятника.
8. Период колебаний математического маятника.
9. Период колебаний пружинного маятника.
10. Квазиупругая сила. Потенциальная энергия гармонического осциллятора.
11. Малые колебания системы вблизи положения равновесия. Нахождение частоты малых колебаний.
12. Энергия гармонического осциллятора.
13. Затухающие колебания гармонического осциллятора.
14. Дифференциальное уравнение затухающих колебаний гармонического осциллятора. Частота, амплитуда, начальная фаза колебаний.
15. Затухающие колебания гармонического осциллятора. Коэффициент затухания, логарифмический декремент затухания, добротность.
16. Вынужденные колебания гармонического осциллятора под действием силы, изменяющейся со временем по гармоническому закону.
17. Частота, амплитуда, фаза вынужденных колебаний.

18. Явление резонанса. Амплитудная резонансная кривая. Добротность осциллятора. Полуширина амплитудной резонансной кривой. Резонансная частота, резонансная амплитуда.
19. Автоколебания. Основные элементы автоколебательной системы.
20. Волны. Основные параметры, характеризующие волновой процесс. Волны продольные и поперечные. Уравнение плоской бегущей монохроматической (гармонической) волны. Фаза волны. Волновое число, волновой вектор.
21. Фазовая поверхность, фронт волны, луч.
22. График распределения смещений в плоской бегущей волне для фиксированного момента времени; зависимость смещения от времени в фиксированной точке.
23. Волновое уравнение. Вывод волнового уравнения на примере продольной упругой волны в стержне. Фазовая скорость волны.
24. Решения волнового уравнения. Фазовая скорость распространения волны.
25. Собственные колебания струны с жестко закрепленными концами.
26. Стоячие волны. Спектр частот собственных колебаний.
27. Собственные колебания столба воздуха в трубе. Зависимость спектра собственных частот от условий на концах трубки.
28. Энергия упругой волны. Плотность энергий. Поток энергии, плотность потока энергии. Вектор Умова. Интенсивность волны.
29. Зависимость амплитуды сферической волны от расстояния до источника. Зависимость амплитуды цилиндрической волны от расстояния до источника.
30. Эффект Доплера.

### **Раздел «Оптика»**

1. Световая волна. Интенсивность света.
2. Пространственная и временная когерентность.
3. Интерференция поляризованных лучей. Пластинки в  $\lambda/4$ ,  $\lambda/2$  и  $\lambda$ .
4. Явление интерференции. Интерференция двух цилиндрических волн.
5. Когерентность. Способы наблюдения интерференции света. Бипризма Френеля.
6. Поляризация света. Закон Малюса. Закон Брюстера.
7. Интерференция света при отражении от тонкой пластинки. Полосы равного наклона.
8. Интерференция света при отражении света тонкой пластинки. Полосы равной толщины.
9. Влияние немонохроматичности света на характер интерференционной картины.
10. Явление дифракции. Принцип Гюйгенса – Френеля.
11. Дифракция Фраунгофера на одной щели.
12. Дифракционная решетка.
13. Дифракционная решетка как спектральный прибор. Дисперсия дифракционной решетки.
14. Явление двойного лучепреломления. Построение Гюйгенса для лучей (о) и (е) в положительном кристалле.
15. Дифракция Френеля на круглом отверстии. Зоны Френеля.
16. Свет естественный и свет поляризованный. Закон Малюса. Закон Брюстера.
17. Закон Малюса.
18. Зоны Френеля. Графический метод сложения амплитуд.
19. Поглощение излучения веществом. Закон Бугера.
20. Зависимость коэффициента поглощения от длины волны для жидкостей, твердых тел, газов и веществ в парообразном состоянии.
21. Фазовая и групповая скорости света. Закон Рэлея.
22. Дифракция на круглом экране. Пятно Пуассона.
23. Кольца Ньютона

### **Критерии оценивания компетенций (результатов):**

- уровень освоения обучающимся материала, предусмотренного учебной программой;
- умение обучающегося использовать теоретические знания при выполнении заданий и задач;
- обоснованность, четкость, краткость изложения ответа.

**Описание шкалы оценивания:**

**Отметка «отлично»** (в баллах от 27 до 30) ставится, если:

- изученный материал изложен полно, определения даны верно;
- ответ показывает понимание материала;
- обучающийся может обосновать свои суждения, применить знания на практике, привести необходимые примеры, не только по учебнику и конспекту, но и самостоятельно составленные.

**Отметка «хорошо»** (в баллах от 22 до 26) ставится, если:

- изученный материал изложен достаточно полно;
- при ответе допускаются ошибки, заминки, которые обучающийся в состоянии исправить самостоятельно при наводящих вопросах;
- обучающийся затрудняется с ответами на 1-2 дополнительных вопроса.

**Отметка «удовлетворительно»** (в баллах от 18 до 21) ставится, если:

- материал изложен неполно, с неточностями в определении понятий или формулировке определений;
- материал излагается непоследовательно;
- обучающийся не может достаточно глубоко и доказательно обосновать свои суждения и привести свои примеры;
- на 50% дополнительных вопросов даны неверные ответы.

**Отметка «неудовлетворительно»** (в баллах от 0 до 17) ставится, если:

- при ответе обнаруживается полное незнание и непонимание изучаемого материала;
- материал излагается неуверенно, беспорядочно;
- даны неверные ответы более чем на 50% дополнительных вопросов.

## ОТДЕЛЕНИЕ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

|                               |                                                      |
|-------------------------------|------------------------------------------------------|
| Направление/<br>Специальность | <b>14.05.01 Ядерные реакторы и материалы</b>         |
| Образовательная<br>программа  | <b>Ядерные реакторы</b>                              |
| Дисциплина                    | <b>Общая физика (волны, оптика и атомная физика)</b> |

### Комплект заданий для контрольной работы

Пример заданий:

1. Воспользовавшись формулой Планка, найти: а) число фотонов в  $1 \text{ см}^3$  в спектральных интервалах  $(u, u + du)$  и  $(\lambda, \lambda + d\lambda)$ ; б) полное число фотонов в  $1 \text{ см}^3$  при  $T = 300 \text{ К}$ .
2. Вычислить с помощью формулы Планка при  $T = 1000 \text{ К}$ : а) наиболее вероятную энергию фотонов; б) среднюю энергию фотонов.
3. Показать, что число фотонов теплового излучения, падающих в единицу времени на единичную площадку стенки полости, равно  $pc/4$ , где  $c$  - скорость света;  $p$  — число фотонов в единице объема. Убедиться, что произведение этой величины на среднюю энергию фотона равно энергетической светимости  $M$ .
4. Найти плотность потока фотонов на расстоянии  $r = 1,0 \text{ м}$  от точечного источника света мощностью  $P = 1,0 \text{ Вт}$ , если свет: а) монохроматический с длиной волны  $\lambda = 0,50 \text{ мкм}$ ; б) содержит две спектральные линии с длинами волн  $\lambda_1 = 0,70 \text{ мкм}$  и  $\lambda_2 = 0,40 \text{ мкм}$ , интенсивности которых относятся как 1:2 соответственно.
5. Длины волн фотонов равны  $0,50 \text{ мкм}$ ,  $0,25 \text{ нм}$  и  $2,0 \text{ пм}$ . Вычислить их импульсы  $\text{эВ/с}$ , где  $c$  - скорость света.
6. Найти длину волны фотона, импульс которого равен импульсу электрона с кинетической энергией  $T = 0,30 \text{ МэВ}$ .
7. Показать с помощью корпускулярных представлений, что импульс, переносимый в единицу времени плоским потоком электромагнитного излучения мощностью  $P$ , не зависит от спектрального состава этого излучения. Чему он равен?
8. Лазер излучает в импульсе длительностью  $\tau = 0,13 \text{ мс}$  узкий пучок света энергией  $E = 10 \text{ Дж}$ . Найти среднее за время  $\tau$  давление такого пучка света, если его сфокусировать в пятнышко диаметром  $d = 10 \text{ мкм}$  на поверхности, перпендикулярной пучку, с коэффициентом отражения  $\rho = 0,50$ .

**Критерии оценивания компетенций (результатов):**

| <b>Оценка</b>                           | <b>Критерии оценки</b>                                                                                                                                                            |
|-----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Отлично<br>С 27 до 30 баллов            | – решении заданий изложены полно;<br>– ответ показывает понимание материала;<br>– приведены верно решения всех заданий, допускаются незначительные арифметические ошибки.         |
| Хорошо<br>с 22 до 26 баллов             | – приведенные решения заданий изложен достаточно полно;<br>– при количественной оценке допускаются арифметические ошибки;<br>– приведены верные решения на более чем 80% заданий. |
| Удовлетворительно<br>с 18 до 21 баллов  | – решения заданий изложены неполно, с неточностями в определении понятий или формулировке определений;<br>– на 30-40% заданий даны неверные ответы и приведены неверные решения.  |
| Неудовлетворительно<br>с 0 до 17 баллов | – при решении заданий обнаруживается полное незнание и непонимание изучаемого материала;<br>– приведено неверное решение более чем 50% заданий.                                   |

**Описание шкалы оценивания:**

| <b>Рейтинговый балл по дисциплине за контрольную</b> | <b>Оценка по 5-балльной системе</b> |
|------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| 27 – 30                                              | Отлично                             |
| 22 – 26                                              | Хорошо                              |
| 18 – 21                                              | Удовлетворительно                   |
| <17                                                  | Неудовлетворительно                 |

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
 ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
 «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»  
**Обнинский институт атомной энергетики –**  
 филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования  
 «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»  
**(ИАТЭ НИЯУ МИФИ)**

**ОТДЕЛЕНИЕ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ**

|                               |                                                      |
|-------------------------------|------------------------------------------------------|
| Направление/<br>Специальность | <b>14.05.01 Ядерные реакторы и материалы</b>         |
| Образовательная<br>программа  | <b>Ядерные реакторы</b>                              |
| Дисциплина                    | <b>Общая физика (волны, оптика и атомная физика)</b> |

**Лабораторные работы**

Показатели и критерии оценки выполнения и сдачи лабораторных работ:

| Показатели оценки                                                   | Критерии оценки                                                                                                                                                                                                                                                                     | Баллы<br>(max) |
|---------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| 1. Выполнение всех лабораторных работ                               | - допуск до выполнения работы;<br>- умение работать с приборами;<br>- умение корректно фиксировать показания приборов;<br>- умение правильно оформлять и заносить показания в лабораторный журнал.                                                                                  | 30             |
| 2. Соблюдение требований к оформлению отчета по лабораторной работе | - правильное оформление вводной части отчета;<br>- правильное оформление расчетной части отчета;<br>- четкая и правильная формулировка вывода исходя из полученных результатов;<br>- грамотность и культура изложения;<br>- владение терминологией и понятийным аппаратом проблемы. | 30             |
| 3. Ответы на контрольные вопросы                                    | - грамотно и верно сформулированы ответы на контрольные вопросы.                                                                                                                                                                                                                    | 40             |

**Шкалы оценок:**

90 – 100 баллов – оценка «отлично»;

75 – 89 баллов – оценка «хорошо»;

60 – 74 баллов – оценка «удовлетворительно»;

0 – 59 баллов – оценка «неудовлетворительно».