

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**

Утверждено на заседании

Ученого совета ИАТЭ НИЯУ МИФИ

Протокол от 28.08.2023 № 23.8

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

**по дисциплине**

Физика лазеров

*название дисциплины*

---

для направления подготовки

14.03.02 Ядерные физика и технологии

*код и направления подготовки*

---

образовательная программа

Инновационные ядерные технологии

---

Форма обучения: очная

г. Обнинск 2024 г.

## **Область применения**

Фонд оценочных средств (ФОС) – является обязательным приложением к рабочей программе дисциплины «Физика лазеров» 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 «Физика лазеров» 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 бакалавриата обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

<i>Код компетенций</i>	<i>Наименование компетенции</i>	<i>Код и наименование индикатора достижения компетенции</i>
ПК-1	Способен использовать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования, современные компьютерные технологии и информационные ресурсы в своей предметной области	З-ПК-1 Знать: отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования, современные компьютерные технологии и информационные ресурсы в своей предметной области. У-ПК-1 Уметь: использовать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования, современные компьютерные технологии и информационные ресурсы в своей предметной области. В-ПК-1 Владеть: современными компьютерными технологиями и методами использования информационных ресурсов в своей предметной области.

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

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

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индикатор достижения компетенции	Наименование оценочного средства текущей и промежуточной аттестации
<b>Текущая аттестация, 7 семестр</b>			
1.	1.1. Введение	З-ПК-1; У-ПК-1; В-ПК-1	КР1
2.	1.2. Колебания		
3.	1.3. Волны	З-ПК-1; У-ПК-1; В-ПК-1	КР2
4.	1.4. Теория лазера		
5.	1.5. Типы лазеров		
6.	1.6. Применение лазерного излучения		
<b>Промежуточная аттестация, 7 семестр</b>			
	Зачет с оценкой	З-ПК-1; У-ПК-1; В-ПК-1	Вопросы к зачету

## 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> <i>Все виды компетенций сформированы на высоком уровне в соответствии с целями и задачами дисциплины</i>	Творческая деятельность	<i>Включает нижестоящий уровень.</i> 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/ Отлично/ Зачтено
<b>Продвинутый</b> <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> 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/ Очень хорошо/ Зачтено
			75-84	C/ Хорошо/ Зачтено
<b>Пороговый</b> <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/ Зачтено
			60-64	E/Посредственно /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/ Незачтено

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 / Оценочное средство	Неделя	Балл	
		Минимум*	Максимум**
<b>Текущая аттестация</b>	<b>1-16</b>	<b>36 - 60% от максимума</b>	<b>60</b>
<b>Контрольная точка № 1</b>	<b>7-8</b>	<b>18 (60% от 30)</b>	<b>30</b>
КР1	8	18	30
<b>Контрольная точка № 2</b>	<b>15-16</b>	<b>18 (60% от 30)</b>	<b>30</b>
КР2	15	18	30
<b>Промежуточная аттестация</b>	<b>-</b>	<b>24 – (60% 40)</b>	<b>40</b>
Зачет с оценкой	-		

<i>Вопрос 1</i>	-	12	20
<i>Вопрос 2</i>	-	12	20
<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.

#### **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 подготовки	<b>14.03.02 «Ядерные физика и технологии»</b>
Образовательная программа	<b>«Инновационные ядерные технологии»</b>
Дисциплина	<b>Физика лазеров</b>

**ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ**

1. Квантовая электроника - наука о лазерах. История квантовой электроники. Принцип работы лазера.
2. Элементарная кинетическая модель лазера. Инвертированная среда. Коэффициент усиления. Интенсивность насыщения.
3. Гармонический осциллятор. Комплексная форма представления гармонических колебаний. Интенсивность колебаний. Вынужденные колебания. Резонанс. Сложение гармонических колебаний - когерентное, некогерентное.
4. Бегущие волны. Стоячие волны. Волновой резонанс. Когерентное и некогерентное сложение случайно распределённых гауссовых пучков.
5. Дифракция волн. Гауссовы пучки. Распространение волнового пучка между двумя отражающими поверхностями.
6. Резонатор лазера. Распространение волнового пучка между двумя отражающими поверхностями. "Самовоспроизводящиеся" решения волнового уравнения - моды резонатора.
7. Двухуровневый атом во внешнем поле - резонансное взаимодействие. Нелинейная поляризуемость атома. Интенсивность насыщения.
8. Вектор поляризации лазерной среды. Коэффициент усиления лазерной среды. Форма линии коэффициента усиления. Механизмы уширения линии усиления.
9. Лазер-генератор. Интенсивность стационарной генерации. Зависимость интенсивности от свойств среды и параметров лазера - коэффициента усиления, интенсивности усиления, коэффициентов пропускания зеркал, расстояния между зеркалами резонатора.
10. Лазер-усилитель. Работа усилителя в однопроходном и двухпроходном режимах. Соотношение между интенсивностями выходящего из усилителя и входящего лазерных пучков. Сравнение двух режимов работы усилителя.
11. He-Ne лазер. Неодимовый лазер.
12. Научное применение лазеров - лазерная спектроскопия, лазерное зондирование, нелинейная оптика (генерация гармоник, обращение волнового фронта). Практическое использование лазеров.

**Критерии и шкала оценивания**

Оценка	Критерии оценки
Зачтено	Выставляется при соответствии параметрам экзаменационной

24-40	шкалы на уровнях «отлично», «хорошо», «удовлетворительно».
Незачтено 23 и меньше	Выставляется при соответствии параметрам экзаменационной шкалы на уровне «неудовлетворительно».

**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 подготовки **14.03.02 «Ядерная физика и технологии»**

Образовательная программа **«Инновационные ядерные технологии»**

Дисциплина **Физика лазеров**

**Комплект заданий для контрольных работ**

**Контрольная работа №1.  
Колебания. Волновые процессы.**

Вариант 1.

1. Амплитуды смещений вынужденных гармонических колебаний при частотах  $\omega_1=400$  рад/с и  $\omega_2=600$  рад/с равны между собой. При какой циклической частоте наблюдается резонанс смещения?

Ответ:  $\omega_{рез}=(1/2(\omega_1^2 + \omega_2^2))^{1/2}=510$  рад/с .

2. На струне длины 240 см образовалась стоячая волна, причем все точки струны с амплитудой 7 мм отстоят друг от друга на 30 см. Чему равна длина этой волны? Чему равна максимальная амплитуда точек струны? Какому обертону соответствуют эти колебания?

Ответ:  $\lambda=120$  см.  $A_{max}=10$  мм. Третий обертон.

Вариант 2.

1. Некоторая амплитудная характеристика вынужденных колебаний соответствует осциллятору с логарифмическим декрементом затухания  $\lambda$ . Чему равно для этого осциллятора отношение максимальной амплитуды смещения к амплитуде смещения при очень малой частоте?

Ответ:  $\eta=(1 + \lambda^2/4\pi^2) \pi / \lambda$ .

2. Чему равен коэффициент затухания  $\gamma$  звуковой волны, если на расстояниях  $r_1=10$  м и  $r_2=20$  м от точечного изотропного источника интенсивности звуковой волны отличаются в  $\eta=2,5$  раза?

**Контрольная работа №2.  
Спонтанное и индуцированное излучение. Лазеры. Типы лазеров**

Вариант 1.

1. Найти среднее значение вектора Пойнтинга  $\langle \mathbf{S} \rangle$  для плоской электромагнитной волны  $\mathbf{E}=\mathbf{E}_0\cos(\omega t-\mathbf{k}\mathbf{r})$ .

Ответ:  $\langle S \rangle = k\epsilon_0 c^2 E_0^2 / 2\omega$

2. Определить отношение числа атомов газообразного натрия в состоянии 3P к числу атомов в основном состоянии 3S при температуре  $T=2400\text{K}$ . Известно, что переходу 3P-3S соответствует спектральная линия с длиной волны  $\lambda=589\text{ нм}$ .

Ответ:  $N/N_0 = (g/g_0) / \exp(hc/\lambda kT) = 1,14 \cdot 10^{-4}$ . ( $h$ -обычная постоянная Планка (не приведенная)),  $g=6$ ,  $g_0=2$ -статистические веса.

Вариант 2.

1. Чему равно среднее время жизни возбужденных атомов, если известно, что интенсивность спектральной линии, обусловленной переходом в основное состояние, убывает в  $\eta=25$  раз на расстоянии  $L=2,5\text{ мм}$  вдоль пучка атомов, скорость которых  $v=600\text{ м/с}$ ?

Ответ:  $\tau = L / (v \ln \eta) = 1,3\text{ мкс}$ .

2. В вакууме в направлении оси  $x$  установилась стоячая электромагнитная волна, напряженность электрического поля в которой изменяется по закону  $E = E_0 \cos \omega t \cos kx$ . Найти проекцию вектора Пойнтинга  $S_x(x, t)$  и ее среднее за период колебаний.

Ответ:  $S_x(x, t) = (\epsilon_0 c E_0^2 / 2) \sin 2kx \sin 2\omega t$ .  $\langle S_x(x, t) \rangle = 0$ .

### Критерии и шкала оценивания

Оценка	Критерии оценки
Отлично с 26 до 30 баллов	- задания контрольной работы выполнены более чем на 80%; - продемонстрировано уверенное знание теоретических положений; - допустимо наличие в решениях несущественных неточностей.
Хорошо с 22 до 25 баллов	- задания контрольной работы выполнены более чем на 2/3; - продемонстрированы прочные знания учебного материала; - решения содержат определенные (несущественные) неточности.
Удовлетворительно с 18 до 21 баллов	- задания контрольной работы выполнены более чем на 50%; - знание учебного материала-посредственное.
Неудовлетворительно с 0 до 18 баллов	- решено менее 50% заданий; - в решении задач имеются существенные ошибки; - продемонстрировано незнание значительной части учебного материала.