

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова  
Филиал Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова  
в городе Сарове

УТВЕРЖДАЮ



Директор филиала МГУ в г. Сарове  
член-корреспондент РАН В.В.Воеводин

**Программа  
государственной итоговой аттестации для обучающихся по  
программам магистратуры**

Направление подготовки (специальность) высшего образования  
**03.04.02 «Физика»**

Уровень высшего образования  
**Магистратура**

Направленность (профиль) образовательной программы:  
**Лазерная нелинейная оптика и фотоника**

Саров  
2021 год

В соответствии со ФГОС и ОС МГУ по специальности 03.04.02 Физика (уровень подготовки - магистратура) в программу государственной итоговой аттестации входят:

- подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена по специализации,
- подготовка к защите и защита выпускной квалификационной работы.

Фонд оценочных средств (ФОС) для государственной итоговой аттестации (ГИА) представляет собой совокупность контролирующих материалов для измерений уровня достижения обучающимися установленных результатов обучения. ФОС включает:

- индикаторы достижения компетенций, которыми должны овладеть обучающиеся в результате освоения образовательной программы с описанием показателей и критериев оценивания;
- типовые контрольные задания и иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения, характеризующих этапы формирования компетенций;
- методические указания, определяющие процедуры оценивания результатов освоения образовательной программы.

Для конкретизации результатов обучения, выносимых на ГИА, и разработки соответствующих ФОС в Методические материалы введены итоговые индикаторы достижения компетенций. В приведенных ниже таблицах они соотнесены с умениями и навыками, которые проверяются непосредственно в ходе государственной итоговой аттестации.

**Таблица соотнесения итоговых индикаторов достижения универсальных компетенций и результатов обучения (знания, умения, навыки)**

Итоговый индикатор достижения компетенций	Результаты обучения
<b>УК-1</b> Применяет методологию научного познания в профессиональной деятельности	<b>Владеть:</b> формами и методами научного познания применительно к физике
<b>УК-2</b> Демонстрирует способность к саморазвитию и использованию творческого потенциала	<b>Уметь:</b> критически оценивать собственные достижения в профессиональной сфере деятельности <b>Владеть:</b> способностью к самообразованию в профессиональной сфере деятельности
<b>УК-3</b> Демонстрирует способность работать в коллективе, принимать решения в нестандартных производственных ситуациях и нести за них ответственность	<b>Уметь:</b> ориентироваться в условиях производственной деятельности, находить компромиссный вариант в спорных производственных вопросах и принимать на себя ответственность за принятые решения

**Таблица соотнесения итоговых индикаторов достижения  
общефессиональных компетенций и результатов обучения (знания,  
умения, навыки)**

<b>Итоговый индикатор достижения компетенций</b>	<b>Результаты обучения</b>
<b>ОПК-1</b> Использует результаты комплексных экспериментальных исследований при разработке наукоемкой и высокотехнологичной продукции, инновационных технологий	<b>Владеть:</b> навыками использовать результатов экспериментальных исследований при разработке наукоемкой и высокотехнологичной продукции
<b>ОПК-2</b> Использует современные компьютерные технологии для моделирования физических процессов	<b>Владеть:</b> навыками использования современных вычислительных методов и компьютерных технологий при моделировании физических процессов
<b>ОПК-3</b> Представляет результаты профессиональной деятельности в устной и письменной форме на русском и иностранном языках в соответствии с нормами и правилами, принятыми в профессиональном сообществе и с учетом уровня подготовки слушателей	<b>Владеть:</b> навыками представления результатов своих исследований в устной и письменной формах в соответствии с нормами и правилами, принятыми в научном сообществе
<b>ОПК-4</b> Способен защищать и коммерциализировать права на объекты интеллектуальной собственности	<b>Владеть:</b> навыками проведения патентных исследований
<b>ОПК-5</b> Толерантно воспринимает социальные, этнические, конфессиональные и культурные различия при осуществлении профессиональных функций (в т.ч., в качестве руководителя)	<b>Владеть:</b> навыками делового общения в производственном коллективе

**Таблица соотнесения итоговых индикаторов достижения  
профессиональных компетенций и результатов обучения (знания,  
умения, навыки)**

<b>Итоговый индикатор достижения компетенций</b>	<b>Результаты обучения</b>
<b>ПК-1</b> Проводит поиск информации по тематике прикладного исследования в общих и профессиональных базах данных, критически анализирует сведения из разных источников	<b>Владеть:</b> навыками поиска, критического анализа, обобщения и систематизации научной информации
<b>ПК-2</b> Выбирает методы и способы решения задач на основе критического анализа и систематизации научной информации	<b>Уметь:</b> формулировать цели исследования и выбирать оптимальные способы их достижения на основе критического анализа имеющейся информации

<b>ПК-3.</b> Использует специализированное научное оборудование, современные методы обработки и представления результатов при выполнении практикоориентированных исследований	<b>Владеть:</b> навыками использования данных, полученных на современном научном оборудовании, при выполнении практикоориентированных исследований
<b>ПК-4</b> Формулирует гипотезы, интерпретирует и обобщает результаты научных исследований	<b>Владеть:</b> навыками критического анализа полученных данных, формулировки выводов и рекомендаций по продолжению работ или готовности их результатов к опубликованию

**Таблица соотнесения итоговых индикаторов достижения специализированных профессиональных компетенций и результатов обучения (знания, умения, навыки)**

<b>Итоговый индикатор достижения компетенций</b>	<b>Результаты обучения</b>
<b>СПК-1.</b> Способность использовать знания современных проблем и новейших достижений в области лазерной нелинейной оптики и фотоники в своей научно-исследовательской деятельности	<b>Уметь:</b> применять теоретические основы в области лазерной нелинейной оптики и фотоники при планировании и интерпретации результатов исследований в процессе научной работы
<b>СПК-2</b> Способность организовать и планировать физические исследования, ставить конкретные задачи научных исследований в области лазерной нелинейной оптики и фотоники и решать их с помощью современной аппаратуры, оборудования и информационных технологий	<b>Уметь:</b> организовать и планировать физические исследования, ставить конкретные задачи научных исследований в области лазерной нелинейной оптики и фотоники и решать их с помощью современной аппаратуры, оборудования и информационных технологий
<b>СПК-3</b> Способность свободно владеть профессиональными знаниями для получения и анализа информации в области лазерной нелинейной оптики и фотоники	<b>Владеть:</b> профессиональными знаниями для получения и анализа информации в области лазерной нелинейной оптики и фотоники

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ,**

позволяющие определить выполнение итоговых индикаторов достижения компетенций

<b>Итоговые индикаторы (показатели) достижения компетенции</b>	<b>Элементы ОПОП, на которых проводится контроль выполнения индикаторов</b>	<b>Материалы для оценки</b>	<b>Оценочные средства</b>

<p><b>УК-1</b> Формулирует научно-обоснованные гипотезы, создает теоретические модели явлений и процессов, применяет методологию научного познания в профессиональной деятельности</p>	<p>ГИА, защита ВКР</p>	<p>Текст ВКР, Доклад, ответы на вопросы</p>	<p>Протокол ГЭК по защите ВКР, отзыв руководителя, отзывы рецензентов</p>
<p><b>УК-2</b> Готов к саморазвитию, самореализации, использованию творческого потенциала</p>	<p>Практики, защита ВКР</p>	<p>Защита результатов НИР на научном семинаре кафедры</p>	<p>Развернутая оценка работы руководителем НИР и ВКР (отзыв)</p>
<p><b>УК-3</b> Готов действовать в нестандартных ситуациях, несет социальную и этическую ответственность за принятые решения</p>	<p>Практики, защита ВКР</p>	<p>Защита результатов НИР на научном семинаре кафедры, участие в работе научно-исследовательского семинара</p>	<p>Развернутая оценка работы руководителем НИР и ВКР (отзыв), зачет по дисциплине «Научно-исследовательский семинар»</p>
<p><b>ОПК-1</b> Использует результаты комплексных экспериментальных исследований при разработке наукоемкой и высокотехнологичной продукции, инновационных технологий</p>	<p>ГИА, защита ВКР</p>	<p>Текст ВКР, Доклад, ответы на вопросы</p>	<p>Протокол ГЭК по защите ВКР, отзыв руководителя, отзывы рецензентов</p>
<p><b>ОПК-2</b> Использует современные вычислительные методы и компьютерные технологии для моделирования физических процессов</p>	<p>ГИА, защита ВКР</p>	<p>Текст ВКР, Доклад, ответы на вопросы</p>	<p>Протокол ГЭК по защите ВКР, отзыв руководителя, отзывы рецензентов</p>

<p><b>ОПК-3.</b> Представляет результаты профессиональной деятельности в устной и письменной форме на русском иностранном языках в соответствии с нормами и правилами, принятыми в профессиональном сообществе и с учетом уровня подготовки слушателей</p>	<p>ГИА, защита ВКР</p>	<p>Текст ВКР, Доклад, ответы на вопросы</p>	<p>Протокол ГЭК по защите ВКР, отзыв руководителя, отзывы рецензентов</p>
<p><b>ОПК-4</b> Способен защищать и коммерциализировать права на объекты интеллектуальной собственности</p>	<p>ГИА, защита ВКР</p>	<p>Текст ВКР, Доклад, ответы на вопросы</p>	<p>Протокол ГЭК по защите ВКР, отзыв руководителя, отзывы рецензентов</p>
<p><b>ОПК-5</b> Толерантно воспринимает социальные, этнические, конфессиональные и культурные различия при осуществлении профессиональных функций (в т.ч., в качестве руководителя)</p>	<p>ГИА, защита ВКР</p>	<p>Текст ВКР, Доклад, ответы на вопросы</p>	<p>Протокол ГЭК по защите ВКР, отзыв руководителя, отзывы рецензентов</p>
<p><b>ПК-1</b> Проводит поиск информации по тематике прикладного исследования в общих и профессиональных базах данных, оценивает корректность и достоверность данных из разных источников</p>	<p>ГИА, защита ВКР</p>	<p>Текст ВКР, Доклад, ответы на вопросы</p>	<p>Протокол ГЭК по защите ВКР, отзыв руководителя, отзывы рецензентов</p>
<p><b>ПК-2</b> Выбирает методы и способы решения задач на основе критического анализа и систематизации научной информации</p>	<p>ГИА, защита ВКР</p>	<p>Текст ВКР, Доклад, ответы на вопросы</p>	<p>Протокол ГЭК по защите ВКР, отзыв руководителя, отзывы рецензентов</p>
<p><b>ПК-3</b> Использует специализированное научное оборудование, современные методы обработки и представления результатов при выполнении практикоориентированных исследования</p>	<p>Практики, защита ВКР</p>	<p>Защита результатов НИР на научном семинаре кафедры</p>	<p>Развернутая оценка работы руководителем НИР и ВКР (отзыв), зачеты по практикам</p>

<b>ПК-4</b> Формулирует гипотезы, интерпретирует и обобщает результаты научных исследований	Практики, защита ВКР	отчет о практике	Зачеты по практикам, отзыв руководителя ВКР
<b>СПК-1.</b> использует знания современных проблем и новейших достижений в области лазерной нелинейной оптики и фотоники в своей научно-исследовательской деятельности	ГИА, защита ВКР	Текст ВКР, Доклад, ответы на вопросы	Протокол ГЭК по защите ВКР, отзыв руководителя, отзывы рецензентов
<b>СПК-2</b> организует и планирует физические исследования, ставить конкретные задачи научных исследований в области лазерной нелинейной оптики и фотоники и решать их с помощью современной аппаратуры, оборудования и информационных технологий	ГИА, защита ВКР	Текст ВКР, Доклад, ответы на вопросы	Протокол ГЭК по защите ВКР, отзыв руководителя, отзывы рецензентов
<b>СПК-3</b> свободно владеет профессиональными знаниями для получения и анализа информации в области лазерной нелинейной оптики и фотоники	ГИА, защита ВКР	Текст ВКР, Доклад, ответы на вопросы	Протокол ГЭК по защите ВКР, отзыв руководителя, отзывы рецензентов

### **Государственный экзамен**

Государственный экзамен по специализации (направленности, профилю) предусматривает проверку сформированности общепрофессиональных и профессиональных компетенций, предусмотренных Образовательным стандартом МГУ по направлению подготовки «Физика» (профиль Лазерная нелинейная оптика и фотоника в своей научно-исследовательской деятельности), знаний фундаментально теоретического и прикладного характера, навыков и умений, свидетельствующих о профессиональной подготовленности выпускника специалитета к работе в сфере фундаментальных и прикладных научных исследований по выбранной специализации.

Экзамен проводится в устной форме. Экзаменационный билет включает два вопроса, отражаемых в протоколе. Формулировки вопросов, включенных в билеты, разрабатываются кафедрами в соответствии с программами учебных дисциплин (модулей) и перечнем формируемых компетенций, подлежащих проверке на государственном экзамене.

При итоговой оценке учитываются следующие показатели:

- четкость и логичность изложения материала;
- глубина и полнота освещения вопроса;
- убедительность аргументаций;
- конкретность и точность формулировок;
- доказательность выводов и обоснованность заключений; □ грамотная речь.

Результаты сдачи государственного экзамена определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» и «неудовлетворительно».

- Оценка «**неудовлетворительно**» выставляется, если экзаменуемый не может изложить материал и ответить на общеобразовательные вопросы,
- оценка «**удовлетворительно**» ставится в случае связного изложения подготовленного материала и отсутствии правильных ответов на поставленные вопросы;
- оценка «**хорошо**» выставляется, если экзаменуемый достаточно полно и верно ответил на вопросы билета и большинство дополнительных вопросов; оценка «**отлично**» ставится, если выпускник демонстрирует свободное владение материалом, грамотно и четко отвечает на дополнительные вопросы.

## ВОПРОСЫ ДЛЯ ГОСУДАРСТВЕННОГО ЭКЗАМЕНА

### *Теоретические вопросы*

1. Уравнения Максвелла для световых импульсов в диспергирующих средах. Диэлектрическая проницаемость для идеальных металлов и диэлектриков. Зависимость диэлектрической проницаемости от частоты. Соотношения Крамерса-Кронига.
2. Лазерная спектроскопия с временным разрешением. Предел спектрального разрешения.
3. Критическая мощность самофокусировки лазерных пучков. Форм-фактор. Формула Марбургера.
4. Распространение светового импульса в прозрачной изотропной среде. Спектральноограниченный и фазово-модулированный импульсы. Понятие длительности, ширины спектра и спектральной плотности импульса.
5. Локальные и нелокальные нелинейные восприимчивости и оптические эффекты в нелинейной изотропной гиротропной среде. Материальные уравнения.
6. Методы получения импульсного и непрерывного терагерцового излучения. Основные приложения терагерцовой спектроскопии.
7. Генерация второй гармоники в поле коротких световых импульсов. Описание с помощью метода медленно меняющихся амплитуд.
8. Механизмы нелинейного оптического поворота и деформации эллипса поляризации света в кристаллах.
9. Методы нелинейной лазерной спектроскопии в исследовании биомолекул.
10. Параметрическая генерация сверхкоротких световых импульсов: система уравнений в приближении ММА.
11. Акустические и оптические фононы. Оптика фононов. Эффекты неупругого рассеяния света на фононах.
12. Формирование протяженного лазерного филамента. Модель движущихся фокусов



13. Измерение длительности сверхкоротких световых импульсов на основе автокорреляционной функции интенсивности второго порядка.
14. Принципы генерации предельно коротких световых импульсов. Синхронизация мод. Компрессия импульсов.
15. Генерация суперконтинуума и конической эмиссии в лазерном филаменте. Частотноугловой спектр суперконтинуума.
16. Мощные сверхкороткие световые импульсы: методы усиления, стретчеры и компрессоры.
17. Моды волновода. Дисперсионные соотношения.
18. Объемные плазмоны: дисперсионное уравнение, способы возбуждения.
19. Синхронизация мод в резонаторе. Пассивная и активная синхронизации.
20. Связанные моды в волноводах. Запрещенная фотонная зона.
21. Поверхностные плазмоны-поляритоны: дисперсионное уравнение, способы возбуждения.
22. Система уравнений Максвелла-Блоха для взаимодействия ультракоротких импульсов со средой двухуровневых атомов. Линейное приближение - модель Лоренца. Уравнение дисперсии. Запрещенная область частот.
23. Физические основы регистрации сверхкоротких импульсов. Частотные гребенки.
24. Фотонные кристаллы: дисперсионное уравнение для одномерных фотонных кристаллов, фотонные запрещенные зоны.
25. Нестационарная КАРС спектроскопия молекулярных газов.
26. Акустооптическое управление фазой лазерного импульса. Управление модой излучения с помощью адаптивных систем.
27. Вырожденное спонтанное параметрическое рассеяние. Бифотоны.
28. Основные характеристики эллиптически поляризованной плоской волны. Интенсивность, степень эллиптичности, угол поворота эллипса поляризации и угол ориентации вектора напряженности электрического поля. Параметры Стокса.
29. Диэлектрическая проницаемость плазмы. Нормальный и аномальный скин-эффект.
30. Формирование квадратурно-сжатого света. Нелинейно-оптические процессы, реализующие это преобразование.

### ***Защита результатов выпускной квалификационной работы***

Защита ВКР проходит на заседании государственной экзаменационной комиссии (ГЭК). Целью ВКР является установление уровня сформированности компетенций, заявленных в ОС МГУ по специальности «Физика», готовности выпускника к профессиональной деятельности или последующему обучению в аспирантуре. Защита является публичным мероприятием, в котором могут принять участие все желающие.

Защита ВКР проходит в следующем порядке:

Студент в порядке очередности выступает с кратким докладом о своей дипломной работе, в котором должны быть отражены актуальность проблемы и степень ее изученности, цели и задачи работы, основное ее содержание, полученные результаты и выводы. Иллюстрации к докладу могут быть представлены в виде компьютерной презентации и/или раздаточного материала. После выступления студента члены ГЭК или иные присутствующие на защите лица задают вопросы по представленной ВКР, на которые студент должен дать четкие и грамотные ответы. В случае возникновения публичной дискуссии, студенту предоставлено право участия в ней и защиты положений своей работы. По окончании ответов на вопросы и дискуссии слово предоставляется научному руководителю и рецензенту. В случае их отсутствия по уважительной причине, зачитываются имеющиеся отзывы. После

выступлений научного руководителя и рецензента выделяется время для краткого обмена мнениями, в котором могут принять участие все присутствующие на защите.

В завершение процедуры защиты студенту предоставляется заключительное слово, в том числе, для ответов на замечания, высказанные рецензентом и членами ГЭК. После заключительного слова студента защита ВКР считается оконченной.

ГЭК принимает решение об оценках защищенных работ после выступления всех дипломников, представивших работы на заседании, простым большинством голосов членов ГЭК, участвующих в заседании. При равном числе голосов председатель комиссии обладает правом решающего голоса

Ход и результаты защиты ВКР оформляются протоколом. После принятия решения и оглашения результатов заседание ГЭК считается завершённым.

Результаты защиты ВКР определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» и «неудовлетворительно».

При оценке работы выпускника учитываются следующие параметры:

- полнота обзора литературы;
- обоснованность выбора методов исследования;
- логичность и аргументированность изложения полученных результатов;
- полнота анализа и обсуждения результатов;
- научная новизна и практическая значимость работы;
- достоверность и обоснованность выводов;
- качество оформления работы и представления иллюстративного материала.

Оценка **«отлично»** выставляется за ВКР, которая включает грамотно изложенную теоретическую часть, логичное, последовательное представление результатов собственных исследований с соответствующими выводами и обоснованными предложениями. При защите работы дипломник демонстрирует глубокое знание темы, свободно оперирует результатами исследования и легко ориентируется в источниках информации, владеет современными методами исследования. Во время выступления использует наглядный материал, включая презентацию, четко и логично отвечает на поставленные вопросы. ВКР имеет положительные отзывы научного руководителя и рецензента.

**Оценка «хорошо»** выставляется за ВКР, которая включает грамотно изложенную теоретическую часть, последовательное представление результатов собственных исследований с соответствующими выводами, однако с не вполне обоснованными предложениями. При её защите автор показывает знание темы, ориентируется в источниках информации, но испытывает некоторые затруднения при ответе на поставленные вопросы. ВКР имеет положительные отзывы научного руководителя и рецензента.

**Оценка «удовлетворительно»** выставляется за ВКР, если в отзывах научного руководителя и рецензента имеются замечания по содержанию работы и качеству полученных результатов, в работе просматривается непоследовательность и неполнота изложения материала, представлены не вполне обоснованные заключения. При защите работы дипломник проявляет неуверенность, показывает слабое знание вопросов темы, не дает аргументированных и четких ответов на заданные вопросы.

**Оценка «неудовлетворительно»** выставляется за ВКР, которая не отвечает требованиям, изложенным в «Методических рекомендациях и требованиях к оформлению дипломных работ и подготовке документов к защите». В работе нет выводов, либо они носят декларативный характер. При защите работы обучающийся

затрудняется ответить на поставленные вопросы, при ответе допускает существенные ошибки либо не отвечает на поставленный вопрос, не может его понять. В отзывах научного руководителя и рецензента имеются серьезные критические замечания, не устраненные на момент защиты.

Решение ГЭК об итоговой оценке основывается на:

- оценке научного руководителя за ВКР;
- оценке рецензента ВКР в целом;
- оценке членов ГЭК за оформление и содержание работы, её защиту, включая доклад, ответы на вопросы и замечания членов ГЭК, научного руководителя и рецензента.

Решения ГЭК объявляются ее председателем публично присутствующим в аудитории слушателям в то же день после оформления протокола заседания ГЭК.