

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
(ВлГУ)



УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор, проректор по
научной и инновационной работе
В.Г. Прокошев

« 3 » _____ 2015 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ФИЗИКА

(наименование дисциплины)

Направление подготовки 03.06.01 Физика и астрономия

Направленность (профиль) подготовки Лазерная физика

Уровень высшего образования Подготовка кадров высшей квалификации

Квалификация выпускника Исследователь. Преподаватель-исследователь

Форма обучения Очная

Курс	Трудоем- кость зач. ед, час.	Лек- ции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	СРС, час.	Форма промежуточного контроля (экз./зачет)
2	3/108	36			72	зачет
Итого	3/108	36			72	зачет

г. Владимир 2015 г.

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения дисциплины (модуля) «Вычислительная физика» изучение основных понятий теоретической физики, приемов построения математических моделей различных физических систем и методов их численного исследования. Курс призван продемонстрировать аспирантам специфику решения физических задач численными методами, обеспечение овладением соответствующим аппаратным и программным обеспечением.

Основной задачей, решаемой для достижения цели освоения дисциплины, является получение аспирантами практических навыков работы в области вычислительной физики, основанных на знании теоретических основ и понимании принципов построения вычислительных моделей. При этом можно выделить следующие подзадачи, решаемые в ходе изучения данного курса:

- Изучение принципов построения математических моделей при решении физических задач;
- Освоение численных методов решения основных классов вычислительных задач в области физики.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Одной из основных тенденций современного общества является быстрый рост роли наукоемких технологий во всех сферах человеческих отношений. Физика является той наукой, на основе которой разрабатываются принципиально новые устройства для обработки и хранения информации, материалов с новыми уникальными свойствами и многое другое. В основе всех этих приложений лежит использование сложных физических процессов, для понимания которых необходимо прибегать к численному моделированию и компьютерному эксперименту. Поэтому знание основных подходов вычислительной физики для современного исследователя является совершенно необходимым.

В соответствии с учебным планом, дисциплина «Вычислительная физика» относится к дисциплинам по выбору вариативной части ОПОП подготовки аспирантов по направленности «Лазерная физика» и предполагает последующее углубление и дифференциацию профессиональных компетенций при осуществлении подготовки аспирантов.

Курс базируется на сочетании образовательной, специальной и практической подготовки и требует базовых знаний и навыков в областях:

- Общая физика;
- Математический анализ;
- Численные методы;
- Системное и прикладное программное обеспечение;
- Языки и методы программирования;
- Архитектура компьютеров;
- Иностранный язык.

Дисциплина формирует знания и навыки, необходимые в практической деятельности исследователя, а также преподавателя-исследователя в области информатики и вычислительной техники. В рамках учебного процесса может быть использована при

выполнении научных исследований и при подготовке к государственной итоговой аттестации.

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате освоения программы аспирантуры у выпускника должны быть сформированы следующие компетенции:

УК-5 способностью планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития;

УК-1 способностью к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях;

ОПК-1 способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий;

ПК-4 готовность применять современные математические методы при анализе процессов лазерной физики, квантовой оптики, фотоники и лазерных нанотехнологий.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие результаты образования:

Знать: типовые задачи вычислительной физики; принципы построения математических моделей для решения физических задач; основные подходы к численному решению физических задач (УК-1); современные математические методы для анализа физических процессов (ПК-4); современные методы исследования и информационно-коммуникационные технологии (ОПК-1); современные методы и технологии научной коммуникации на государственном и иностранном языках (УК-5);

Уметь: работать с информацией из различных источников, включая сетевые ресурсы сети Интернет, для решения профессиональных и социальных задач (ОПК-1); в составе производственного коллектива решать задачи профессиональной деятельности (УК-5, ОПК-1); критически переосмысливать накопленный опыт, изменять при необходимости вид и характер своей профессиональной деятельности (УК-1); собирать, обрабатывать и интерпретировать данные современных научных исследований, необходимые для формирования выводов по соответствующим научным, профессиональным, социальным и этическим проблемам (ПК-4); планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития (УК-5); самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий (ОПК-1);

Владеть: способностью строить математические модели объектов исследования и выбирать численный метод их моделирования, разрабатывать новый или выбирать готовый алгоритм решения задачи (ПК-4); способностью к интеллектуальному, культурному, нравственному, физическому и профессиональному саморазвитию, повышению своей квалификации и мастерства (УК-1); способностью приобретать новые научные и профессиональные знания, используя современные образовательные и информационные технологии (ОПК-1); способностью составлять и контролировать план выполняемой работы, планировать необходимые для выполнения работы ресурсы, оценивать результаты собственной работы (ПК-4, УК-5).

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 часов.

№ п/п	Раздел (тема) дисциплины	Курс обучения	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу аспирантов и трудоемкость (в часах)					Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра), форма промежуточной аттестации (по семестрам)
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	СРА	КР/КП	
1.	Метод Лагранжа в физике. Метод интегралов движения	2	12	-	-	24	-	тестирование
2.	Метод Гамильтона. Канонические уравнения	2	12	-	-	24	-	тестирование
3.	Метод Монте-Карло в вычислительной физике	2	12	-	-	24	-	тестирование
Итого		2	36	-	-	72	-	зачет

СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тема 1. Метод Лагранжа в физике. Метод интегралов движения

Обобщенные координаты, принцип наименьшего действия, функция Лагранжа и уравнение Лагранжа. Законы сохранения, метод интегралов движения. Движение в центральном поле. Задача двух тел. Колебательное движение физических систем, собственные частоты, теория возмущения.

Тема 2. Метод Гамильтона. Канонические уравнения

Канонические уравнения. Уравнение Гамильтона, скобки Пуассона, уравнение Гамильтона-Якоби. Введение в электродинамику. Система уравнений Максвелла. Постановка задачи, начальные и граничные условия, материальные уравнения. Потенциалы электромагнитного поля, калибровочная инвариантность. Электромагнитные волны. Монохроматическая плоская волна. Немонохроматические волны. Физическая и математические модели. Излучение электромагнитных волн. Запаздывающие потенциалы. Дипольное и квадрупольное излучение. Функции Грина дифференциальных операторов. Переход от задач в дифференциальном виде к задачам в интегральном виде. Решение интегральных уравнений Фредгольма 2-го рода в задачах электродинамики (двумерный случай, прямой алгоритм). Решение интегральных уравнений Фредгольма 2-го рода в задачах электродинамики (двумерный случай, многоэтапный метод).

Тема 3. Метод Монте-Карло в вычислительной физике

Интегральное уравнение в трехмерных задачах электродинамики. Метод Монте-Карло для вычисления интегралов и решения задач статистической физики. Метод Монте-Карло в задаче о случайном блуждании.

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Проведение лекционных занятий обеспечено специализированными аудиториями, оборудованными компьютерами и электронными проекторами, что позволяет сопровождать чтение лекций демонстрацией компьютерных слайдов.

Освоение дисциплины «Вычислительная физика» предполагает использование следующих инновационных форм проведения занятий:

- Опережающее обучение (темы 1-3);
- Проблемное обучение (темы 1-3);

- Методы групповой работы (темы 1-3).
- Технология проблемного обучения (case-study). При рассмотрении вопросов практического применения рассмотренного теоретического материала, используется диалог со студентами на предмет возможных способов решения поставленной задачи;
- Встречи с учеными, работающими в области лазерной физики и лазерной диагностики.

6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ АСПИРАНТОВ

Перечень вопросов для тестирования

1. Линейно поляризованное излучение He-Ne лазера с шириной спектра 20 МГц направляется в интерферометр Маха-Цендера. В одном из плеч интерферометра стоит полуволновая пластинка, без потерь поворачивающая поляризацию на 90°. Какой должна быть разность плеч, чтобы на выходе интерферометра свет был неполяризован во втором порядке по полю?
2. Как с помощью кристалла ниобата лития сделать неполяризованным линейно поляризованное излучение светодиода с центральной длиной волны 500 нм и шириной спектра 30 нм? Какой длины нужно взять кристалл? Обыкновенный и необыкновенный показатели преломления на длине волны 500 нм равны, соответственно, 2,34 и 2,24.
3. В течение какого времени (по порядку величины) солнечный свет можно считать поляризованным?
4. То же, для светодиода, излучающего в диапазоне 30 нм с максимумом на 500 нм?
5. Какая корреляционная функция Глаубера измеряется в эксперименте по наблюдению «скрытой поляризации»? Записать выражение.
6. Недиагональные элементы матрицы когерентности равны нулю. Означает ли это, что свет неполяризован?
7. Можно ли по виду вектора Джонса определить, является ли свет полностью или частично поляризованным? Ответ обосновать.
8. Какова должна быть толщина кварцевой пластинки, ориентированной (оптической осью) под углом 45 градусов к вертикали, чтобы горизонтально поляризованное излучение титан-сапфирового лазера с длиной волны 800 нм и длительностью импульса 100 фс на выходе из пластинки становилось
 - а) вертикально поляризованным;
 - б) неполяризованным. Двупреломление кварца считать равным 0.01.
9. Докажите, что матрицы вида $\begin{pmatrix} t & r \\ -r^* & t^* \end{pmatrix}$, $|t|^2 + |r|^2 = 1$ образуют группу по отношению к операции умножения.
10. Показать, что векторы Джонса для правоциркулярной и левоциркулярной поляризации ортогональны.
11. Сколькими вещественными параметрами характеризуется произвольный двухмодовый светоделитель? Фазовая пластинка? Ротатор? Ответ обосновать.
12. Как преобразуется вектор Джонса, когда вектор Стокса поворачивается на π вокруг оси σ_3 ? Запишите матрицу Джонса.
13. Коммутативны ли поляризационные преобразования? Ответ обосновать.

14. Можно ли придумать набор фазовых пластинок или ротаторов, который любое поляризационное состояние преобразовывал бы в ортогональное?

15. (а) Как должен быть поляризован свет, чтобы произвольный ротатор не менял его состояния поляризации? (б) Каким должен быть ротатор, чтобы он не менял произвольного состояния поляризации света?

16. Как из пластинок $\frac{\lambda}{2}$ и $\frac{\lambda}{3}$ сделать пластинку $\frac{\lambda}{6}$?

17. Имеются четвертьволновые пластинки для излучения YAG:Nd лазера с длиной волны 1064 нм. Будут ли две такие пластинки работать как одна полуволновая пластинка? Будет ли одна такая пластинка работать как полуволновая пластинка для излучения второй гармоники того же лазера?

18. Свет, поляризованный линейно по x , падает на систему из 5 пластин $\lambda/2$, причем оси всех четных пластин направлены под углом $+1^\circ$ к оси x , а оси всех нечетных - под углом -1° к ней. Как будет поляризован свет на выходе? А если все пластинки ориентированы одинаково - под углом $+1^\circ$ к оси x ?

19. Два ортогонально поляризованных монохроматических пучка света проходят через одинаковые фазовые пластинки, а затем сбиваются на экране. Будет ли наблюдаться интерференция? Ответ обосновать.

20. Найти степень поляризации для однофотонного состояния.

21. Как измерить параметр Стокса S_1 ?

22. Нарисовать установку для измерения комбинации параметров Стокса S_1+S_2 .

23. Вычислить коммутатор $[S_1, S_2]$.

24. Составляют ли группу операторы Стокса? Ответ обосновать.

25. Вычислить параметры Стокса для состояния $|\mathbf{vac}\rangle + c|2, 0\rangle$, генерируемого при СПР первого типа. Какие параметры Стокса могут быть измерены одновременно для этого состояния?

26. Доказать соотношение $S_0^2 = S_1^2 + S_2^2 + S_3^2$.

27. Найти среднее значение оператора $S^2 = (\mathbf{S}, \mathbf{S})$ в однофотонном состоянии.

28. Найти коммутатор $[S^2, S_1]$.

29. Покажите, что признак неклассичности $D_k(0) = \frac{g_{k-1}g_{k+1}}{g_k^2} < 1$, $g_k \equiv \frac{G_m^{(k)}}{G_m^{(1)k}}$, не

выполняется для теплового (гауссовского) излучения.

30. Выполняется ли этот признак для когерентного излучения?

31. Найти объем когерентности для излучения диодного лазера-указки с длиной волны 650 нм, шириной спектра 10 нм, диаметром пучка 3 мм и дифракционной расходимостью. (Зачем здесь упоминается дифракционная расходимость?) При какой мощности лазерной указки в объеме когерентности будет один фотон?

32. Чему равна Р-функция для вакуума? А функция Вигнера?

33. Какие величины надо измерить в эксперименте, чтобы убедиться в неклассичности двухфотонного света? Нарисовать схему эксперимента.

34. Найти параметр группировки (нормированную КФ второго порядка) $g^{(2)}$ для состояния $\alpha|0\rangle + \beta|2\rangle$, $|\alpha|^2 + |\beta|^2 = 1$. При каком условии свет в таком состоянии будет обладать антигруппировкой?

35. Какого порядка должна быть нелинейность у среды, чтобы в ней возможна была генерация трехфотонного света? Запишите гамильтониан.

36. Какие физические величины измеряются при проверке неравенства Белла в форме Клаузера-Хорна-Шимони-Хольта?

37. Показать, что для света в белловском состоянии (хотя бы одном из четырех),

$$\Psi^{\pm} \equiv (a_1^{\dagger} b_2^{\dagger} \pm b_1^{\dagger} a_2^{\dagger}) |vac\rangle,$$

$$\Phi^{\pm} \equiv (a_1^{\dagger} a_2^{\dagger} \pm b_1^{\dagger} b_2^{\dagger}) |vac\rangle,$$

где a^{\dagger}, b^{\dagger} - операторы рождения в поляризаационных модах x, y , а индексы 1, 2 обозначают пространственные моды, свет в каждой из пространственных мод полностью неполяризован (степень поляризации равна нулю).

38. При абсолютной калибровке фотодетекторов с помощью бифотонного поля (по методу Клышко) один из детекторов выбирается более широкополосным (как по углу, так и по частоте), чем другой. Какой из двух детекторов при этом калибруется?

39. Если бы у детей капитана Гранта был маятник Фуко с чрезвычайно малым затуханием, на какой угол бы отклонилась плоскость качаний после кругосветного путешествия по 37й параллели? Продолжительность путешествия - 365 дней.

40. На какой угол поворачивается плоскость качаний маятника Фуко в Санкт-Петербурге за сутки?

41. На какой угол поворачивается поляризация света при прохождении через 3 витка световода, закрученного в виде спирали с радиусом 5 см и шагом 1 см?

42. Свет, поляризованный линейно по X , преобразуется в состояние с линейной поляризацией под 45° а) ротатором, б) пластинкой $\lambda/2$. В каком случае будет больше набег геометрической фазы? Ответ обосновать.

43. То же, найти набег геометрической фазы.

44. Свет, поляризованный правоциркулярно, пропускают через пластинку $\lambda/2$, ориентированную оптической осью под углом χ к вертикали, а затем через точно такую же пластинку, ориентированную оптической осью под углом $-\chi$ к вертикали. Найти изменение геометрической фазы.

44. Оцените чувствительность квантового магнетометра.

45. Как с помощью фазовой пластинки сделать 50% светоделитель для x - и y -поляризаационных мод?

46. То же, для полуволновой и четвертьволновой пластинки. Для пластинки $\lambda/3$?

47. неполяризованное излучение, приготовленное из x -поляризованного излучения теплового источника (как?) пропускают через полуволновую пластинку, ориентированную под углом 22.5° к x , затем с помощью призмы Глана, выделяющей x - и y -поляризацию, направляют на два одномодовых детектора (что это значит?). Как измерить нормированную корреляционную функцию g_{xy} ? Чему она будет равна?

48. Будет ли проявляться эффект «скрытой поляризации» для солнечного света?

49. Определение корреляционной функции второго порядка G_{++} . Как ее измерить?

50. Определение и схема измерения корреляционной функции $G_{xx}^{(2)}$.

51. Укажите два независимых инварианта преобразований поляризации второго порядка по полю и один инвариант четвертого порядка по полю.

52. Один человек (назовем его X) утверждает, что когда двухфотонный свет падает на 50-% светоделитель, оба фотона всегда направляются в один выход. Прав ли X ?

53. Найдите $\langle a^2 \rangle$ в состоянии “сжатого вакуума” $|0\rangle + c|2\rangle$, $c \ll 1$.
54. Покажите, что для сжатого вакуума $\langle a^2 \rangle$ отлично от нуля, а $\langle a \rangle$ равно нулю.
55. Найдите нормированную корреляционную функцию второго порядка $g^{(2)}$ в состоянии “сжатого вакуума” $|0\rangle + c|2\rangle$, $c \ll 1$.
56. Нарисуйте схему эксперимента по наблюдению амплитудного сжатия.
57. Нарисуйте схему эксперимента по наблюдению квадратурного сжатия.
58. Запишите преобразования Боголюбова для невырожденного параметрического усилителя. Покажите, что они сохраняют коммутационные соотношения.
59. Изобразите на фазовой плоскости следующие состояния света
 - 1) сжатое по координате;
 - 2) сжатое по фазе;
 - 3) сжатое по числу фотонов;
 - 4) сжатое по фазе и координате одновременно.
60. Как получить в эксперименте двухфотонный свет, не используя спонтанное параметрическое рассеяние?
61. Как получить в эксперименте свет с антигруппировкой, используя спонтанное параметрическое рассеяние?

Самостоятельная работа аспирантов

Предполагает ознакомление с вопросами теоретической части курса, а также выполнение практических заданий. Варианты заданий:

1. Решение уравнений Лагранжа для физического маятника. Исследование зависимости периода колебания от параметров системы.
2. Решение уравнений Лагранжа для двух связанных физических маятников. Выяснение условий финитного и не финитного движения. Исследование зависимости периода колебаний от параметров системы.
3. Решение уравнения Гельмгольца сведением его к интегральному уравнению в задаче дифракции электромагнитных волн (одномерный случай, прямой и многоэтапный алгоритмы).
4. Решение уравнения Гельмгольца сведением его к интегральному уравнению в задаче дифракции электромагнитных волн (двумерный случай, прямой алгоритм).
5. Метод Монте-Карло в задаче случайного блуждания.

Задания выполняются на компьютере с использованием системы математических и инженерных расчётов MATLAB (или иных аналогичных средств по выбору аспиранта).

Вопросы для подготовки к зачету

1. Обобщенные координаты, принцип наименьшего действия, функция Лагранжа и уравнение Лагранжа.
2. Законы сохранения, метод интегралов движения.
3. Движение в центральном поле. Задача двух тел.
4. Колебательное движение физических систем, собственные частоты, теория возмущения.
5. Канонические уравнения. Уравнение Гамильтона, скобки Пуассона, уравнение Гамильтона-Якоби.
6. Введение в электродинамику. Система уравнений Максвелла. Постановка задачи, начальные и граничные условия, материальные уравнения.
7. Потенциалы электромагнитного поля, калибровочная инвариантность.

8. Электромагнитные волны. Монохроматическая плоская волна. Немонохроматические волны. Физическая и математические модели.

9. Излучение электромагнитных волн. Западающие потенциалы. Дипольное и квадрупольное излучение.

10. Функции Грина дифференциальных операторов. Переход от задач в дифференциальном виде к задачам в интегральном виде.

11. Решение интегральных уравнений Фредгольма 2-города в задачах электродинамики. (двумерный случай, прямой алгоритм)

12. Решение интегральных уравнений Фредгольма 2-города в задачах электродинамики. (двумерный случай, многоэтапный метод)

13. Интегральное уравнение в трехмерных задачах электродинамики.

14. Метод Монте-Карло для вычисления интегралов и решения задач статистической физики.

15. Метод Монте-Карло в задаче о случайном блуждании.

16. Физическая кинетика. Уравнение Больцмана, интеграл столкновений.

17. Физика плазмы. Уравнение Власова.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ «ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ФИЗИКА»

а) основная литература:

1) Численные методы [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Е.В. Карманова. - 2-е изд., стер. - М.: ФЛИНТА, 2015. – 172 с.

2) Численные методы [Электронный ресурс] / Н. С. Бахвалов, Н. П. Жидков, Г. М. Кобельков. - 8-е изд. (эл.). - М.: БИНОМ, 2015. - (Классический университетский учебник). - 639 с.

3) Функциональный анализ [Электронный ресурс]: учебное пособие / В.Л. Крепкогорский - Казань: Издательство КНИТУ, 2014. -116 с.

б) дополнительная литература:

1) Методы математической физики [Электронный ресурс] / Барашков В.А. - Красноярск: СФУ, 2012. – 152с.

2) Вычислительные методы. Теория и практика в среде MATLAB: курс лекций [Электронный ресурс]: Учебное пособие для вузов / Плохотников К.Э. - 2-е изд., испр. - М.: Горячая линия - Телеком, 2013. -496с.

3) Ландау Л. Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика: Учеб. Пособ.: Для вузов. В 10 т. Т I. Механика. - 5-е изд., стереот. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2012. - 224 с. - ISBN 978-5-9221-0819-5

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебный сервер во внутренней сети университета, на котором функционирует сайт дисциплины. Кроме того, на сервере студенты размещают результаты выполнения самостоятельных работ.

Комплект мультимедийных презентаций по 3-му разделу курса. В случае отсутствия возможности проведения занятий в уже оборудованной мультимедийным проектором аудитории используются переносной экран и проектор, имеющиеся на кафедре ФиПМ.

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 03.06.01 Физика и астрономия и направленности (профилю) подготовки Лазерная физика

Рабочую программу составил доцент каф. ФиПМ Заякин А.А.
(ФИО, подпись)

Рецензент

(представитель работодателя) Алипов А.А. зав. спец. научно-тех. отдела
(место работы, должность, ФИО, подпись)

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ФиПМ

Протокол № 138 от 5.06.15 года

Заведующий кафедрой

(ФИО, подпись)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии направления 03.06.01 Физика и астрономия и направленности (профилю) подготовки Лазерная физика

Протокол № 138 от 5.06.15 года

Председатель комиссии

(ФИО, подпись)

ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ

Рабочая программа одобрена на 16 - 17 учебный год

Протокол заседания кафедры № 1 от 31.08.16 года

Заведующий кафедрой

Рабочая программа одобрена на 17 - 18 учебный год

Протокол заседания кафедры № 1 от 30.08.17 года

Заведующий кафедрой

Рабочая программа одобрена на 18 - 19 учебный год

Протокол заседания кафедры № 1 от 03.09.18 года

Заведующий кафедрой