

Белорусский государственный университет

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе
Белорусского государственного универси-
тета



А.П. Толстик

(дата утверждения)

Регистрационный № УД- 3476 /уч.

Лаборатория специализации
«ПРАКТИКУМ ПО ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ФИЗИКЕ. Ч. 3»
Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальности:
1-31 04 01 Физика (по направлениям),
направлению специальности
1-31 04 01-01 Физика (научно-исследовательская деятельность);

Минск 2016

Учебная программа составлена на основе Образовательного стандарта ОСВО 1-31 04 01-2013, утвержденного и введенного в действие постановлением Министерства образования Республики Беларусь от 30.08. 2013 № 88; учебных планов №G31-163/уч., №G31и-174/уч., утвержденных 30.05.2013.

СОСТАВИТЕЛИ:

А.В. Минкевич — профессор кафедры теоретической физики и астрофизики Белорусского государственного университета, доктор физико–математических наук, профессор;

С.Я. Килин — профессор кафедры теоретической физики и астрофизики Белорусского государственного университета, доктор физико–математических наук, профессор

Р.Г. Шуляковский — доцент кафедры теоретической физики и астрофизики Белорусского государственного университета, кандидат физико–математических наук, доцент;

Г.Н. Борздов — профессор кафедры теоретической физики и астрофизики Белорусского государственного университета, доктор физико–математических наук, профессор;

Г. С. Шуляковский — доцент кафедры теоретической физики и астрофизики Белорусского государственного университета, кандидат физико–математических наук, доцент;

Я.М. Шнир - профессор кафедры теоретической физики и астрофизики Белорусского государственного университета, доктор физико–математических наук, профессор.

В.И. Кувшинов — профессор кафедры теоретической физики и астрофизики Белорусского государственного университета, доктор физико–математических наук, профессор.

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой теоретической физики и астрофизики Белорусского государственного университета (протокол № 10 от 23.05.2016 г.);

Советом физического факультета Белорусского государственного университета (протокол № 10 от 09.06.2016);

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Целью лаборатории специализации «Практикум по теоретической физике. Ч.3» является приобретение студентами практическими навыками вычислений по тематике спецкурсов, которые читаются в 8 семестре в рамках специализации по теоретической физике.

Задача лаборатории специализации состоит в том, чтобы рассмотреть решение ряда конкретных задач, иллюстрирующих общие вопросы, которые изучаются в спецкурсах с детальными расчетами и физической интерпретацией полученных результатов. Некоторые вопросы студенты должны изучить самостоятельно при работе с рекомендуемыми учебниками, учебными пособиями.

В результате изучения дисциплины студент должен:

знать:

- основные цели и задачи, которые были поставлены в указанных спецкурсах
- математический аппарат для описания распространения электромагнитных волн, конкретных физических полей, применяемых в теории фундаментальных физических взаимодействий, современную теорию гравитационного поля;

уметь: – использовать методы, рассмотренные в спецкурсах, при решении конкретных практических проблем в рамках изученной тематики;

владеть: - навыками физической интерпретации полученных решений.

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

- Уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач.
- Владеть системным и сравнительным анализом.
- Владеть исследовательскими навыками.
- Уметь работать самостоятельно.
- Быть способным порождать новые идеи (обладать креативностью).
- Владеть междисциплинарным подходом при решении проблем.
- Иметь навыки, связанные с использованием технических устройств, управлением информацией и работой с компьютером.
- Обладать навыками устной и письменной коммуникации.
- Уметь учиться, повышать свою квалификацию в течение всей жизни.
- Быть способным к социальному взаимодействию.
- Обладать способностью к межличностным коммуникациям.
- Быть способным к критике и самокритике.
- Уметь работать в команде.
- Применять знания теоретических и экспериментальных основ физики, современных технологий и материалов, методы исследования физических

объектов, методы измерения физических величин, методы автоматизации эксперимента.

– Использовать новейшие открытия в естествознании, методы научного анализа, информационные образовательные технологии, физические основы современных технологических процессов, научное оборудование и аппаратуру.

– Проводить планирование и реализацию физического эксперимента, оценивать функциональные возможности сложного физического оборудования.

– Пользоваться глобальными информационными ресурсами, компьютерными методами сбора, хранения и обработки информации, системами автоматизированного программирования, научно-технической и патентной литературой.

– Осуществлять поиск, систематизацию и анализ информации по перспективным направлениям развития отрасли, инновационным технологиям, проектам и решениям.

– Применять полученные знания фундаментальных положений физики, экспериментальных, теоретических и компьютерных методов исследования, планирования, организации и ведения научно-исследовательской, научно-производственной и научно-педагогической работы.

– Применять знания физических основ современных технологий, средств автоматизации, методов планирования и организации производства, правового обеспечения хозяйственной деятельности и налоговой системы, современного предпринимательства, государственного регулирования экономики и экономической политики.

Общее количество часов, отводимое на изучение учебной дисциплины — 188, из них количество аудиторных часов — 110.

Форма получения высшего образования — очная, дневная,

Аудиторные занятия проводятся в виде лабораторных занятий.

Занятия проводятся на 4-м курсе в 8-м семестре.

Формы текущей аттестации по учебной дисциплине — зачет.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

1. Вывод уравнений ПКТТ исходя из общего выражения гравитационного лагранжиана.
2. Сферически-симметричное неоднородное и однородное пространство-время Римана-Картана.
3. Наиболее важные достижения и проблемы современной космологии (инфляционная космология и теория ранней Вселенной, объяснение анизотропии реликтового излучения, возникновение крупномасштабной структуры Вселенной, проблема космологической сингулярности, проблемы темной материи и темной энергии).
4. Обобщенные космологические уравнения Фридмана в ПКТТ и гравитационное взаимодействие в экстремальных условиях (экстремально большие плотности энергии).
5. Ускорение космологического расширения в современную эпоху и существующие попытки его объяснения.
6. Общее выражение гравитационного лагранжиана и гравитационные уравнения ПКТТ.
7. Исследование геометрической структуры 4-мерного сферически - симметричного неоднородного и однородного пространства-времени Римана-Картана.
8. Эффект гравитационного отталкивания в экстремальных условиях в ПКТТ.
9. Решение уравнений ПКТТ для однородных изотропных моделей с двумя функциями кручения и космологические проблемы темной материи и темной энергии.
10. Вывод формулы потенциала «чистого $2n$ – поля».
11. Доказательство теоремы о тензоре квадрупольного электрического момента. Оператор квадрупольного взаимодействия ядра с электроном.
12. Вычисление интенсивностей мультипольных излучений.
13. Вычисление матричных элементов.
14. Поля мультиполей в свободном пространстве.
15. Соленоидальная калибровка.
16. Поля мультиполей при наличии источников.
17. Свойства операторов рождения и уничтожения.
18. Расчет корреляционной функции электромагнитного поля 1-го порядка. Классическая интерференционная схема.
19. Расчет корреляционной функции электромагнитного поля 1-го порядка. Эффект Хэнбери-Брауна-Твисса.
20. Поле классического тока. Когерентные состояния как максимально квантовые состояния, генерируемые классическим образом.
21. Расчет характеристических функций и функций квази-распределения для когерентных состояний и их суперпозиций.

22. Группировка и антигруппировка фотонов. Параметр Манделя. Неклассические свойства состояний с субпуассоновской статистикой.
23. Динамика сжатых состояний.
24. Многомодовые сжатые состояния. Сжатие компонент поля.
25. Матрица (оператор) плотности и ее свойства.
26. Собственные волны в магнитных анизотропных и гиротропных средах
27. Тензоры показателей преломления и внутренних импедансов в магнитных анизотропных средах.
28. Спектральное разложение оператора показателей преломления.
29. Основные свойства операторов нормальной рефракции и поверхностных импедансов в анизотропных и гиротропных средах.
30. Операторы отражения и пропускания границы раздела анизотропных сред.
31. Полное внутреннее отражение. Волны Федорова-Петрова.
32. Метод характеристических матриц.
33. Операторы отражения и пропускания систем анизотропных и гиротропных слоев.
34. Вычисление функции Грина гармонического осциллятора методом стационарной фазы
35. Инстантонные траектории в одномерной квантовомеханической системе с двукратным потенциалом
36. Вычисление функционального детерминанта и вклада окрестности инстантонных траекторий в амплитуду подбарьерного перехода.
37. Расщепление спектра энергии в одномерной задаче с периодическим потенциалом, вклад функционального детерминанта
38. Вычисление функции Грина в задаче о частице на окружности
39. Эффект Казимира в 1+1 мерной системе, вычисление энергии Казимира
40. Вычисление спектра энергетических уровней в планарной квантовомеханической задаче о динамике заряженной частицы в ортогональном магнитном поле методами функционального интегрирования
41. Вычисление следов произведений матриц Дирака.
42. Получение формулы Клейна – Нишины – Тамма для комптоновского рассеяния.
43. Получение формулы Мота и формулы Резерфорда для рассеяния на кулоновском потенциале.
44. Получение кулоновского потенциала и потенциала Юкавы в рамках нерелятивистского предела в квантовой теории поля.
45. Оценка степени расходимости неприводимых диаграмм в КЭД.
46. Вычисление петлевых интегралов методом фейнмановской параметризации.

47. Расходимости в членах ряда теории возмущений.
48. Основные квантовоэлектродинамические процессы в низших порядках теории возмущений.
49. Перенормировка массы электрона.
50. Перенормировка заряда электрона.
51. Антиккоммутирующие супергенераторы и параметры
52. Вспомогательные поля и их свойства
53. Лагранжиан суперполя
54. Локальная суперсимметрия как калибровочная группа.
55. Лагранжиан супергравитации и его свойства

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСР	Литература	Формы контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное			
1	2	3	4	5	6		7	8	9
1	Вывод уравнений ПКТТ исходя из общего выражения гравитационного лагранжиана.				2			[1-3]	
2	Сферически-симметричное неоднородное и однородное пространство-время Римана-Картана.				2			[1-3]	
3	Наиболее важные достижения и проблемы современной космологии (инфляционная космология и теория ранней Вселенной, объяснение анизотропии реликтового излучения, возникновение крупномасштабной структуры Вселенной, проблема космологической сингулярности, проблемы темной материи и темной энергии).				2			[1-3]	
4	Обобщенные космологические уравнения Фридмана в ПКТТ и гравитационное взаимодействие в экстремальных условиях (экстремально большие плотности энергии).				2			[1-3]	
5	Ускорение космологического расширения в современную эпоху и существующие попытки его объяснения.				2			[1-3]	
6	Общее выражение гравитационного лагранжиана и гравита-				2			[1-3]	

	ционные уравнения ПКТТ.								
7	Исследование геометрической структуры 4-мерного сферически - симметричного неоднородного и однородного пространства-времени Римана-Картана.				2			[1-3]	
8	Эффект гравитационного отталкивания в экстремальных условиях в ПКТТ.				2			[1-3]	
9	Решение уравнений ПКТТ для однородных изотропных моделей с двумя функциями кручения и космологические проблемы темной материи и темной энергии.				2			[1-3]	Контрольная работа
10	Вывод формулы потенциала «чистого $2n -$ поля».				2			[4-6]	
11	Доказательство теоремы о тензоре квадрупольного электрического момента. Оператор квадрупольного взаимодействия ядра с электроном.				2			[4-6]	
12	Вычисление интенсивностей мультипольных излучений.				2			[4-6]	
13	Вычисление матричных элементов.				2			[4-6]	
14	Поля мультиполей в свободном пространстве.				2			[4-6]	
15	Соленоидальная калибровка.				2			[4-6]	
16	Поля мультиполей при наличии источников				2			[4-6]	
17	Свойства операторов рождения и уничтожения.				2			[7-9]	
18	Расчет корреляционной функции электромагнитного поля 1-го порядка. Классическая интерференционная схема.				2			[7-9]	
19	Расчет корреляционной функции электромагнитного поля 1-го порядка. Эффект Хэнбери-Брауна-Твисса.				2			[7-9]	

20	Поле классического тока. Когерентные состояния как максимально квантовые состояния, генерируемые классическим образом.				2			[7-9]	
21	Расчет характеристических функций и функций квази-распределения для когерентных состояний и их суперпозиций.				2			[7-9]	
22	Группировка и антигруппировка фотонов. Параметр Мандела. Неклассические свойства состояний с субпуассоновской статистикой.				2			[7-9]	
23	Динамика сжатых состояний.				2			[7-9]	
24	Многомодовые сжатые состояния. Сжатие компонент поля.				2			[7-9]	
25	Матрица (оператор) плотности и ее свойства.				2			[7-9]	Контрольная работа
26	Собственные волны в магнитных анизотропных и гиротропных средах				2			[10-12]	
27	Тензоры показателей преломления и внутренних импедансов в магнитных анизотропных средах.				2			[10-12]	
28	Спектральное разложение оператора показателей преломления.				2			[10-12]	
29	Основные свойства операторов нормальной рефракции и поверхностных импедансов в анизотропных и гиротропных средах.				2			[10-12]	
30	Операторы отражения и пропускания границы раздела анизотропных сред.				2			[10-12]	
31	Полное внутреннее отражение. Волны Федорова-Петрова.				2			[10-12]	

32	Метод характеристических матриц.				2			[10-12]	
33	Операторы отражения и пропускания систем анизотропных и гиротропных слоев.				2			[10-12]	Контрольная работа
34	Вычисление функции Грина гармонического осциллятора методом стационарной фазы				2			[13-15]	
35	Инстантонные траектории в одномерной квантовомеханической системе с двукратным потенциалом				2			[13-15]	
36	Вычисление функционального детерминанта и вклада окрестности инстантонных траекторий в амплитуду подбарьерного перехода.				2			[13-15]	
37	Расщепление спектра энергии в одномерной задаче с периодическим потенциалом, вклад функционального детерминанта				2			[13-15]	
38	Вычисление функции Грина в задаче о частице на окружности				2			[13-15]	
39	Эффект Казимира в 1+1 мерной системе, вычисление энергии Казимира				2			[13-15]	
40	Вычисление спектра энергетических уровней в планарной квантовомеханической задаче о динамике заряженной частицы в ортогональном магнитном поле методами функционального интегрирования				2			[13-15]	
41	Вычисление следов произведений матриц Дирака.				2			[16-18]	
42	Получение формулы Клейна – Нишины – Тамма для комптоновского рассеяния.				2			[16-18]	
43	Получение формулы Мота и формулы Резерфорда для рассеяния на кулоновском потенциале.				2			[16-18]	

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Перечень рекомендуемой литературы

1. Вайнберг Стивен. Космология / С. Вайнберг – М. УРСС, 2013, 608 с.
2. Горбунов Д.С. Введение в теорию ранней Вселенной: Теория горячего Большого взрыва / Д.С. Горбунов, В.А.Рубаков – М., 2006, 465 с.
3. Лукаш В.Н. Физическая космология / В.Н. Лукаш, Е.В. Михеева -- М. ФизМатЛит, 2010.
4. Биденхарн, Л. Угловой момент в квантовой физике / Л. Биденхарн, Дж. Лаук — М.: Мир, 1984. — Т.1 — 302 с., Т.2 — 648 с.
5. Мультипольное разложение в классической и в квантовой теории поля и излучения / В.М. Дубовик, А.А. Чешков // ЭЧАЯ — 1974. — Т.5, № 3. — С. 791 — 837.
6. Rose, M. Elementary theory of angular momentum / M. Rose — John Wiley, 1957. — 248 p.
7. С. Я. Килин. Квантовая оптика: поля и их детектирование. Минск, 1990.
8. Walls D.F., Milburn G.J. Quantum optics. Springer, 1994.
9. М. О. Скалли, М. С. Зубайри. Квантовая оптика. Москва, Физматлит, 2003 [перевод].
10. Федоров, Ф.И. Теория гиротропии / Ф.И. Федоров. – Мн.: Наука и техника, 1976. – 456 с.
11. Барковский, Л.М. Операторные методы описания оптических полей в сложных средах / Л.М. Барковский, А.Н. Фурс. – Мн.: Белорусская наука, 2003. – 285 с.
12. Бреховских, Л.М. Волны в слоистых средах / Л.М. Бреховских – М.: Наука, 1973. – 343 с.
13. Kiselev, V.G., Shnir, Ya.M., Tregubovich, A.Ya. Introduction to Quantum Field Theory – London: CRS press, 2015 (2nd ed).
14. Zinn-Justin, J. Quantum Field Theory and Critical Phenomena, 6th ed. – Oxford: University Press, 2018.
15. Kleinert, H., Path Integrals in Quantum Mechanics, Statistics, and Polymer Physics, 6nd ed. — Singapore: World Scientific, 2014.
16. Ахиезер, А.И. Квантовая электродинамика / А.И. Ахиезер, В.Б. Берестецкий. — М.: Наука, 1981 — 432 с.
17. Боголюбов, Н.Н. Квантовые поля / Н.Н. Боголюбов, Д.В. Ширков. — М.: Наука, 1993 — 320 с.
18. Боголюбов, Н.Н. Введение в теорию квантованных полей / Н.Н. Боголюбов, Д.В. Ширков. — М.: Наука, 1984 — 603 с.
19. П. Уэст, Введение в суперсимметрию и супергравитацию, М., Мир. 1989.
20. Ю. Весс, Дж. Беггер, Суперсимметрия и супергравитация, М., Мир. 1986.

Методические рекомендации по организации и выполнению самостоятельной работы студентов

Основой методики организации самостоятельной работы студентов по д является предоставление студентам необходимой для работы информации, а также обеспечение регулярных консультаций преподавателя и периодичной отчетности по различным видам учебной и самостоятельной деятельности.

В открытом доступе для студентов размещается следующая информация:

- программа курса со списком основной и дополнительной литературы;
- учебно-методические материалы для лабораторных занятий;
- график консультаций преподавателя;
- вопросы для проведения зачета;
- сроки проведения контрольных работы
- примерный перечень тем заданий для контрольной работы.

Перечень используемых средств диагностики результатов учебной деятельности

1. Контрольные работы

Примерный перечень мероприятий для контроля качества усвоения знаний по учебной дисциплине

Рекомендуемая тема контрольной работы №1: Пространственно однородные изотропные модели (ОИМ) в 4-мерном пространстве-времени Римана-Картана.

Примерный перечень заданий:

1. Векторы Киллинга и структура метрического тензора и тензора кручения.
2. Гравитационные уравнения для ОИМ, соответствующие выбору гравитационного лагранжиана в общем виде, содержащем помимо скалярной кривизны всевозможные квадратичные по кривизне и кручению инварианты,
3. Геометрическая структура пространства-времени в вакууме.

Рекомендуемая тема контрольной работы №2: Проблема измерения. Редукция состояний при измерении. Оператор плотности и неполное знание о квантовом состоянии

Примерный перечень заданий:

1. Доказать невозможность детерминированного безошибочного различения двух когерентных состояний.
2. Определить зависимость от времени вероятности перехода двухуровневой системы в возбужденное состояние под воздействием когерентного возбуждения и периодического измерения (демонстрация квантового эффекта Зено на модельной системе).

3. Рассчитать оператор плотности для подсистем при заданном (коррелированном) состоянии составной системы.

Рекомендуемая тема контрольной работы №3: Метод характеристических матриц.

Примерный перечень вопросов:

1. Найти характеристическую матрицу пластинки, вырезанной из одноосного кристалла параллельно оптической оси. Провести ее блочную диагонализацию.
2. Найти характеристическую матрицу пластинки, вырезанной из двуосного кристалла параллельно оптическим осям. Провести ее блочную диагонализацию.
3. Найти операторы отражения и пропускания пластинки, вырезанной из двуосного кристалла параллельно оптическим осям.

Рекомендации по контролю качества усвоения знаний и проведению аттестации

Для текущего контроля качества усвоения знаний по дисциплине рекомендуется использовать контрольные работы. Контрольные работы проводятся в соответствии с учебно-методической картой дисциплины. В случае неявки на контрольное мероприятие по уважительной причине студент вправе по согласованию с преподавателем выполнить его в дополнительное время. Для студентов, получивших неудовлетворительные оценки за контрольные мероприятия, либо не явившихся по неуважительной причине, по согласованию с преподавателем и с разрешения заведующего кафедрой мероприятие может быть проведено повторно.

Контрольные работы проводятся в письменной форме и включают в себя от 2 до 5 задач. Каждая задача в соответствии с ее сложностью оценивается от 2 до 3 баллов (максимальная сумма баллов за все задачи в контрольной работе равна 10). Количество баллов за каждую решенную задачу выставляется в зависимости от правильности, полноты и оригинальности ее решения. Нерешенная или решенная полностью неправильно задача оценивается в 0 баллов. Оценка за контрольную работу рассчитывается как сумма баллов, полученных за каждую задачу.

На выполнение контрольной работы отводится 90 мин. По согласованию с преподавателем на контрольной работе разрешается использовать справочные научные и учебные печатные издания, а также электронные ресурсы.

Оценка текущей успеваемости рассчитывается как среднее оценок за каждую контрольную работу. При оценке текущей успеваемости 4 балла и более студенты допускаются к зачету. При оценке ниже 4 баллов решением кафедры студенты не допускаются к зачету, и им назначается срок выполнения контрольных работ.

Текущая аттестация по учебной дисциплине проводится в форме зачета.

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ УВО

Название дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы по изучаемой учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
Клсморгия и астрофизика	Кафедра теоретической физики и астрофизики	Оставить содержание учебной дисциплины без изменения	Рекомендовать к утверждению учебную программу в представленном варианте (протокол №10 от 23.05.2016)
Квантовая оптика. Квантовая электродинамика	Кафедра теоретической физики и астрофизики	Оставить содержание учебной дисциплины без изменения	Рекомендовать к утверждению учебную программу в представленном варианте (протокол №10 от 23.05.2016)
Функциональное интегрирование в квантовой теории поля	Кафедра теоретической физики и астрофизики	Оставить содержание учебной дисциплины без изменения	Рекомендовать к утверждению учебную программу в представленном варианте (протокол №10 от 23.05.2016)
Электродинамика сплошных сред. Мультipoльное излучение	Кафедра теоретической физики и астрофизики	Оставить содержание учебной дисциплины без изменения	Рекомендовать к утверждению учебную программу в представленном варианте (протокол №10 от 23.05.2016)
Суперсимметричные полевые теории	Кафедра теоретической физики и астрофизики	Оставить содержание учебной дисциплины без изменения	Рекомендовать к утверждению учебную программу в представленном варианте (протокол №10 от 23.05.2016)