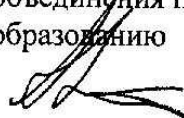


**Министерство образования Республики Беларусь  
Учебно-методическое объединение по естественнонаучному образованию**

**УТВЕРЖДАЮ**

Председатель учебного  
объединения по  
образованию



*пр. N 8255*

*24 октября 2012 г.*

**СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О СТРОЕНИИ МАТЕРИИ**

**Учебная программа**

**для высших учебных заведений по специальностям**

- 1-31 80 05 – физика;**
- 1-31 81 01 - физика конденсированного состояния;**
- 1-31 81 02 – фотоника;**
- 1-31 81 03 - функциональные наноматериалы;**
- 1-31 81 04 - современные методы и аппаратура физических измерений**

Минск 2012

Учебная программа составлена на основе Образовательных стандартов ОСВО 1-31 80 05-2012, ОСВО 1-31 81 01-2012, ОСВО 1-31 81 02-2012, утвержденных и введенных в действие постановлением Министерства образования Республики Беларусь от 24.08.2012 № 108; учебных планов №G31-040/уч., №G31-039/уч., №G31-038/уч., утвержденных 30.05.2012.

#### **СОСТАВИТЕЛИ:**

**А.В. Минкевич** - профессор кафедры теоретической физики и астрофизики физического факультета БГУ, доктор физико-математических наук, профессор;

**Р.Г. Шуляковский** – директор Института прикладной физики Национальной академии наук Беларуси, кандидат физико-математических наук, доцент.

#### **РЕЦЕНЗЕНТЫ:**

**Е.А. Толкачёв** – главный научный сотрудник лаборатории теоретической физики Института физики Национальной академии наук Беларуси, доктор физико-математических наук, профессор;

**И.Я. Дубовская** – доцент кафедры ядерной физики физического факультета Белорусского государственного университета, кандидат физико-математических наук, доцент.

#### **РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:**

Кафедрой теоретической физики и астрофизики физического факультета  
Белорусского государственного университета  
(протокол № 10 от 16.05. 2018 г.);

Советом физического факультета Белорусского государственного университета (протокол № 11 от 01.06.2018 г.);

### ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Учебная дисциплина «Современные представления о строении материи» является важной составляющей образовательного процесса магистрантов-физиков. Дисциплина состоит из двух разделов: «Современные представления о структуре микромира» и «Современная астрофизика и космология», тесно связанных друг с другом и составляющих основу современного понимания о строения и эволюции Вселенной на микро- и макро-уровнях.

Целью учебной дисциплины является освоение магистрантами современных представлений о физике элементарных частиц и адронов, эволюции Вселенной и населяющих ее объектов и современных методов их исследований, а также основ математического аппарата, используемого для их описания.

Задачи учебной дисциплины состоят в изучении основных этапов космологического расширения в модели Большого Взрыва, принципиальных проблем релятивистской космологии и астрофизики и попыток их решения.

Материал учебной дисциплины базируется на знаниях и представлениях, заложенных в общих и теоретических курсах механики, квантовой механики, статистической физики и термодинамики, теории групп и др.

По современным представлениям все наблюдаемые в природе объекты состоят из относительно небольшого набора элементарных частиц: кварков, лептонов и калибровочных бозонов. Свойства этих частиц достаточно хорошо описываются квантовой теорией поля (так называемой Стандартной моделью), являющейся синтезом квантово-механических представлений и специальной теории относительности. Физика элементарных частиц и их простейших комбинаций (адронов) – бурно развивающееся направление науки: только за последние 20 лет был сделан ряд крупных открытий (экспериментальное обнаружение топ-кварка, тау-лептонного нейтрино, установление существования ненулевой массы нейтрино и др.). Возможно, в ближайшие месяцы будет объявлено об открытии бозона Хиггса (единственного недостающего «звена» Стандартной модели) на Большом адронном коллайдере. В ближайшем будущем можно ожидать новой информации о существовании различных гипотетических частиц (суперпартнёры; слабовзаимодействующие массивные частицы, так называемые «вимпы», и т.п.), что может быть важным для объяснения проблемы тёмной материи и тёмной энергии (ниже об этом будет сказано подробнее) и потребует уточнения или пересмотра Стандартной модели. Таким образом, овладение основами математического аппарата квантовой теории поля является важным для концептуального понимания современной физической картины микромира.

Развитие наблюдательных возможностей дальнего Космоса и теории эволюции Вселенной позволили в последнее десятилетие совершить прорыв в понимании её строения и эволюции. Было надёжно установлено, что Вселенная состоит в основном из неизвестной формы материи (тёмной материи) и так называемой тёмной энергии, характеризующейся необычным состоянием вещества, создающего отрицательное давление. Представляется, что в ближайшее время может быть решена задача установления природы этих форм материи, что явится исключительно важным событием в общем процессе познания Вселенной. Помимо этого, исследование эволюции Вселенной и строения заполняющих ее объектов является на настоящем этапе основным стимулом и экспериментальным полигоном исследования основных физических законов. В частности, только изучение ранних этапов эволюции Вселенной позволит в ближайшем будущем изучать фундаментальные законы физики элементарных частиц и полей, поскольку построение ускорителей на требуемые для этого энергии становятся совершенно нереальным. Кроме того, достаточно высокие плотности, температуры, физические поля достигаются только на ранних этапах Большого Взрыва и в плотных астрофизических объектах.

Важным направлением современной теоретической физики является попытка построения единой теории («теории всего»), объединяющей Стандартную модель и теорию

гравитацию. Такое обобщение возможно в рамках теории суперструн, согласно которой фундаментальным объектом является струна размером порядка  $10^{-35}$  м (т. е. планковской длины), различные моды колебаний которой соответствуют частицам, считающимися сегодня элементарными.

Помимо всего перечисленного, исследования элементарных частиц и Космоса являются в настоящее время одним из существенных стимулов развития новых технологий в области сверхпроводимости, создания сильных полей, космической техники, детектирующей аппаратуры, передачи и обработки информации и т.п.

В результате усвоения учебной дисциплины магистрант должен

**знать:**

- основные принципы построения релятивистской квантовой теории и её применение для описания физики элементарных частиц;
- классификацию элементарных частиц и их возможные взаимодействия и распады, а также основные идеи описания адронов в терминах элементарных частиц;
- современную общепринятую концепцию эволюции и строения Вселенной.

**уметь:**

- использовать диаграммную технику Фейнмана для описания процессов физики элементарных частиц в рамках теории возмущений;
- рассчитать и оценивать величины сечений и вероятностей распадов в реакциях по столкновению частиц высоких энергий на современных ускорителях;
- оперировать с основными космологическими характеристиками Вселенной и делать оценочные расчёты космологических процессов.

**владеть:**

- методами решения космологических уравнений, а также уравнений релятивистской астрофизики

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Академические компетенции:

- Осуществлять самостоятельную научно-исследовательскую деятельность (включая анализ, сопоставление, систематизацию, абстрагирование, моделирование, проверку достоверности данных, принятие решений и др.);
- Применять методологические знания и исследовательские умения, обеспечивающие постановку и решение задач научно-исследовательской, научно-педагогической, управленческой и инновационной деятельности;
- Использовать междисциплинарный подход при решении проблем;
- Применять технические устройства и компьютеры для решения профессиональных задач в области физики и техники;
- Постоянно повышать свою квалификацию.

Социально-личностные компетенции:

- Анализировать и принимать решения по научным и техническим проблемам, возникающим в профессиональной деятельности.

Профессиональные компетенции:

Научно-педагогическая и учебно-методическая деятельность

- Преподавать физико-математические дисциплины на современном научно-теоретическом и методическом уровнях;
- Управлять самостоятельной работой обучающихся, организовывать их учебно-исследовательскую деятельность;
- Проводить учебные занятия в учреждениях среднего специального и высшего образования;
- Разрабатывать и использовать современное учебно-методическое обеспечение;

Научно-исследовательская деятельность

- Формулировать и решать задачи в области физического эксперимента;
- Квалифицированно проводить теоретические исследования в области физики;

- Использовать новейшие открытия в естествознании, физические основы современных технологических процессов, включая нанотехнологии;
- Пользоваться глобальными информационными ресурсами;

Производственно-технологическая деятельность

- Применять знания теоретических и экспериментальных основ физики, методов исследования физических объектов, методов измерения физических величин, методов автоматизации эксперимента, методов планирования, организации и ведения научно-производственной, производственно-технической, опытно-конструкторской работы;
  - Осуществлять на основе методов математического моделирования оценку эксплуатационных параметров материалов и технологических процессов их получения;
  - Пользоваться компьютерными методами сбора, хранения и обработки информации, системами автоматизированного программирования, технической и патентной литературой;
  - Взаимодействовать со специалистами смежных профилей; - Принимать оптимальные управленческие решения;
  - Осваивать и реализовывать управленческие инновации в сфере высоких технологий;
- Инновационная деятельность
- Осуществлять поиск, систематизацию и анализ информации по перспективам развития физики и техники, инновационным технологиям, проектам и решениям;
  - Определять цели инноваций и способы их достижения.

Общее количество часов, отводимое на изучение учебной дисциплины — 108, из них количество аудиторных часов — 34.

Форма получения высшего образования — очная, дневная.

Аудиторные занятия проводятся в виде лекций и УСП в 1 семестре. На лекции отводится 32 часа, на УСП – 2 часа.

Формы текущей аттестации по учебной дисциплине — экзамен.

## СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

### 1. Введение. Фундаментальные взаимодействия и элементарные частицы.

Известные на сегодняшний день элементарные частицы (кварки, лептоны и калибровочные бозоны), адроны: барионы и мезоны, гипотетические частицы (хиггсовский бозон, гравитон, суперпартнёры и т.п.) и возможность их обнаружения. Основные вехи в развитии физики элементарных частиц. Взаимодействия элементарных частиц.

### 2. Релятивистская инвариантность. Свободные поля. Уравнения Лагранжа-Эйлера. Симметрии и законы сохранения.

Группа Пуанкаре. Представления групп. Скалярные, векторные, спинорные свободные поля. Уравнения Клейна–Фока, Максвелла и Дирака. Связь симметрий и законов сохранения. Теорема Нётер. Динамические инварианты. Пространственно-временные и внутренние симметрии.

### 3. Квантование свободных полей.

Свободное поле, как совокупность невзаимодействующих гармонических осцилляторов. Бозонные и фермионные поля: различие в процедурах квантования. Хронологические и нормальные произведения. Функции Грина уравнений свободных полей.

### 4. Взаимодействующие поля. Понятие о диаграммах Фейнмана.

Принцип локальной калибровочной инвариантности. Теория возмущений. Матрица рассеяния. Теория возмущений по малой константе связи. Теорема Вика. Амплитуда рассеяния. Понятие о диаграммах Фейнмана. Вероятность распада и сечение рассеяния.

### 5. Квантовая электродинамика.

Простейшие процессы: эффект Комптона, рассеяние Баба, мёллеровское рассеяние, электрон-позитронная аннигиляция в два фотона, рассеяние во внешних полях и др.

#### **6. Теория электрослабых взаимодействий. Механизм Хиггса генерации масс.**

Спонтанное нарушение глобальной калибровочной инвариантности, голдстоуновский бозон. Спонтанное нарушение локальной калибровочной инвариантности, бозон Хиггса. «Лево-правая» асимметрия слабых взаимодействий. Распады частиц.

#### **7. Квантовая хромодинамика. Конфайнмент и асимптотическая свобода.**

Невозможность использования теории возмущений при описании сильных взаимодействий. Конфайнмент, адронизация и другие непертурбативные эффекты. Асимптотическая свобода, успехи в описании жёстких процессов.

#### **8. Стандартная модель: экспериментальная проверка, успехи и трудности теории.**

Лагранжиан Стандартной модели. Экспериментальный статус хиггсовского бозона. Возможные расширения Стандартной модели. Непертурбативные эффекты в теории поля (монополи, инстантоны, солитоны).

#### **9. За пределами Стандартной модели: теория великого объединения, суперсимметрия, теория суперструн.**

«Бегущие» константы связи. Модель Джорджи – Глэшоу. Группа суперсимметрии. Теория суперструн. Дополнительные измерения и их компактификация.

#### **10. Современная наблюдательная картина Вселенной. Расширение Вселенной.**

Современное состояние наблюдательных и теоретических исследований Космоса. Пространственно-временные масштабы Вселенной.

Крупномасштабная структура Вселенной. Гравитационная неустойчивость (теория Джинса). Формирование звездных скоплений, галактик, скоплений и сверхскоплений галактик. Квазары и активные ядра галактик.

Концепция Большого Взрыва. Доказательство существования Большого Взрыва. Однородность и изотропия Вселенной. Закон Хаббла. Реликтовое излучение.

#### **11. Описание расширения Вселенной на основе общей теории относительности.**

Уравнение Фридмана. Закон изменения масштабного фактора на разных этапах эволюции Вселенной и его связь с красным смещением. Эра преобладания вещества во Вселенной. Рекомбинация водорода.

Описание термодинамических характеристик релятивистской плазмы. Спиновые степени свободы релятивистской плазмы. Первичный нуклеосинтез. Бариогенезис. Планковский масштаб величин и масштаб Великого Объединения и их роль в стандартном сценарии расширения Вселенной.

#### **12. Проблемы стандартного сценария Большого Взрыва. Инфляционная модель**

Метафизические проблемы стандартного сценария. Проблемы плоскостности и размеров Вселенной. Разрешения метафизических проблем инфляционной моделью. Свойства скалярного поля и его роль в инфляционной модели. Горизонт событий и горизонт частиц. Спектр возмущений плотности в инфляционной модели.

#### **13. Состав Вселенной и анизотропия реликтового излучения. Темная энергия и темная материя.**

Описание и наблюдение анизотропии реликтового излучения. Связь спектра анизотропии реликтового излучения с основными параметрами Вселенной.

#### **14. Поиски темной энергии и темной материи.**

Проявления темной материи в динамике галактик и скоплений галактик. Возможная природа темной материи. Кинетика аннигиляции и остаточная плотности массивных слабовзаимодействующих частиц. Поиски темной материи. Влияние темной энергии на

яркость сверхновых типа 1А. Закон расширения Вселенной в присутствии темной энергии. Уравнение Фридмана с космологической постоянной. Связь темной энергии с космологической постоянной.

### **15. Сверхплотные состояния вещества космических объектов.**

Звезды третьего поколения и их роль в образовании структур во Вселенной. Белые карлики. Уравнение состояния вырожденного электронного газа. Чандрасекхаровский предел массы белого карлика. Пикноядерные реакции. Остывание белых карликов. Превращение белого карлика в сверхновую. Сверхновые I и II типов. Нуклеосинтез в сверхновых. Нейтринное излучение сверхновых и его детектирование. Нейтронные звезды. Нейтронные звезды, пульсары, магнетары. Нейтронизация плотного вещества. Уравнения состояния ядерного вещества. Пионный и каонный конденсаты, странное и кварковое вещество в плотных звездах.

### **16. Черные дыры**

Образование черных дыр при коллапсе звезд. Параметры и свойства черных дыр. Первичные черные дыры и хокинговское излучение. Черные дыры в центрах галактик. Наблюдение черных дыр. Возможность существования, роль и способы поиска дополнительных измерений, первичных черных дыр, монополей, струн, доменных стенок.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА 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	Введение. Фундаментальные взаимодействия и элементарные частицы.	2						[1], [2], [3], [12]	
2	Релятивистская инвариантность. Свободные поля. Уравнения Лагранжа-Эйлера. Симметрии и законы сохранения.	2						[4], [7], [24]	
3	Квантование свободных полей.	2						[3], [4], [18]	
4	Взаимодействующие поля. Понятие о диаграммах Фейнмана.	2					1	[7], [8], [19]	Коллоквиум
5	Квантовая электродинамика.	2						[3], [4], [18]	
6	Теория электрослабых взаимодействий. Механизм Хиггса генерации масс.	2						[20], [21], [22]	
7	Квантовая хромодинамика. Конфайнмент и асимптотическая свобода.	2						[9], [10], [18], [25]	
8	Стандартная модель: экспериментальная проверка, успехи и трудности теории.	2						[25], [27]	
9	За пределами Стандартной модели: теория великого объединения, суперсимметрия, теория суперструн.	2						[28], [29]	
10	Современная наблюдательная картина Вселенной. Расширение Вселенной.	2					1	[25], [27], [28], [29]	Коллоквиум
11	Описание расширения Вселенной на основе общей теории относительности.	2						[25], [27], [28], [29]	
12	Проблемы стандартного сценария Большого Взрыва. Инфляционная	2						[2], [10],	



	модель							[14], [15]	
13	Состав Вселенной и анизотропия реликтового излучения. Темная энергия и темная материя.	2						[2], [11], [14]	
14	Поиски темной энергии и темной материи.	2						[2], [11], [14]	
15	Сверхплотные состояния вещества космических объектов.	2						[14], [16], [17]	
16	Черные дыры	2						[10], [13], [16], [17]	
	<b>Всего</b>	<b>32</b>					<b>2</b>		<b>Экзамен</b>

## ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### Перечень основной литературы

1. Окунь Л.Б. Физика элементарных частиц. 2-е изд., переработанное и дополненное. М.: «Наука». Главная редакция физико-математической литературы, 1988. – 272 с.
2. Грин Б. Элегантная вселенная. Суперструны, скрытые размерности и поиски окончательной теории. М., 2007. – 288 с.
3. Пескин М., Шредер Д. Введение в теорию поля. Ижевск, Регулярная и хаотическая динамика, 2001. – 784 с.
4. Вайнберг С. Квантовая теория поля. М., Физматлит. 2003. – 648 с. (том 1), 528 с. (том 2).
5. Хуанг К. Кварки, лептоны и калибровочные поля. М., Мир, 1985. – 382 с.
6. Рубаков В.А. Классические калибровочные поля. М., Эдиториал УРСС, 1999. – 336 с.
7. Райдер Л. Квантовая теория поля. М., Мир, 1987. – 512 с.
8. Ченг Т.-П., Ли Л.-Ф. Калибровочные теории в физике элементарных частиц. М. Мир.1987. – 624 с.
9. Уэст П. Введение в суперсимметрию и супергравитацию. М., Мир, 1989. – 325 с.
10. Rich, J. Fundamentals of Cosmology / J. Rich – Springer-Verlag. 2001. – 302 p.
11. Физика космоса. Маленькая энциклопедия. 2-е изд., М.: Сов. энциклопедия, 1986 – 783 с.
12. Клапдор-Клайнротхаус, Г.В. Астрофизика элементарных частиц / Г.В.Клапдор-Клайнротхаус, К. Цюбер. – Ред. Журн. УФН, 2000. – 496 с.
13. Шапиро, С. Черные дыры, белые карлики и нейтронные звезды / С.Шапиро, С. Тьюколски. ТТ.1,2. – М.: Мир. 1985.
14. Мизнер, Ч. Гравитация / Ч. Мизнер, К.Торн, Дж. Уилер. ТТ. 1-3. – М.: Мир. 1977.
15. Линде, А. Физика элементарных частиц и инфляционная космология / А. Линде. – М.: Наука, 1990. — 280 с.
16. Долгов А.Д. Космология ранней вселенной / А.Д. Долгов, Я.Б. Зельдович, М.В. Сажин. – М.: Изд. МГУ. 1988. – 199 с.
17. Mukhanov, V. Physical Foundations of Cosmology / V. Mukhanov. – Cambridge University Press, 2005. – 442 p.

### Перечень дополнительной литературы

18. Ахиезер А.И., Берестецкий В.Б. Квантовая электродинамика. 4-е изд. М., Наука, 1981. – 432 с.
19. Бьёркен Дж., Дрелл С. Релятивистская квантовая теория. Том 2. Релятивистские квантовые поля. М., Наука, 1978. – 408 с.
20. Рамон П. Теория поля. Современный вводный курс. М., Мир, 1984. – 408 с.
21. Богущ А.А. Введение в полевую теорию элементарных частиц. Мн., Наука и техника, 1981. – 390 с.
22. Богущ А.А. Введение в калибровочную полевую теорию электрослабых взаимодействий. Мн., Наука и техника, 1987. – 360 с.
23. Генденштейн Л.Э., Криве И.В. Суперсимметрия в квантовой механике. УФН, т.146, вып. 4, 1985. С. 553 – 590.
24. Ландау, Л.Д. Статистическая физика / Л.Д.Ландау, Е.М.Лифшиц. Ч. 1. – М.: Наука, 1976. – 584 с.
25. Вайнберг, С. Гравитация и космология / С.Вайнберг. 1985.
26. Зельдович, Я.Б. Избранные труды. Частицы, ядра, Вселенная / Я.Б.Зельдович. – М.: Наука, 1985.
27. Саакян, Г.С. Физика нейтронных звезд / Г.С.Саакян. – Дубна. ОИЯИ, 1995. – 448 с.
28. Сурдин, В.Г. Рождение звезд / В.Г.Сурдин. 3-е изд. – М.: УРСС, 2001. – 264 с.

29. Сажин М.В. Современная космология / М.В. Сажин. – М.: УРСС, 2002. – 240 с.

### **Перечень используемых средств диагностики результатов учебной деятельности**

#### 1. Коллоквиумы.

#### **Мероприятия для контроля управляемой самостоятельной работой**

Для контроля УСР используются коллоквиумы, которые проводятся в письменной форме.

#### **Рекомендуемые темы коллоквиумов**

Коллоквиум № 1. Использование диаграммной техники Фейнмана для построения амплитуд вероятностей процессов сильного и электрослабого взаимодействий.

Примерный перечень вопросов:

1. Понятие амплитуды взаимодействия
2. Понятие ширины распада
3. Сечение реакции рассеяния двух частиц

Коллоквиум № 2. Расширение Вселенной и Теория Большого Взрыва: основные экспериментальные наблюдения и их теоретическое описание.

Примерный перечень вопросов:

1. Основные этапы космологического расширения, нуклеосинтез, реликтовое излучение
2. Образование крупномасштабной структуры Вселенной
3. Темная материя и темная энергия

#### **Методические рекомендации по организации и выполнению самостоятельной работы студентов**

Основой методики организации самостоятельной работы студентов по курсу 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 с указанием основной и дополнительной литературы;
- учебно-методические материалы;
- график консультаций преподавателя;
- вопросы для проведения экзамена;
- сроки проведения контрольных мероприятий по различным видам учебной деятельности;
- для дополнительного развития творческих способностей одаренных студентов организуются:
  - студенческие научно-практические конференций, конкурсы;
  - студенческие олимпиады.

#### **Рекомендации по контролю качества усвоения знаний и проведению аттестации**

Для текущего контроля качества усвоения знаний по дисциплине рекомендуется использовать коллоквиумы. Контрольные мероприятия 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 кон-

трольные мероприятия, либо не явившихся по неуважительной причине, по согласованию с преподавателем и с разрешения заведующего кафедрой мероприятие может быть проведено повторно.

Коллоквиумы проводятся в письменной форме, на выполнение каждого коллоквиума отводится 45 мин. По согласованию с преподавателем разрешается использовать справочные, научные и учебные печатные издания. Каждый вопрос в соответствии с его сложностью оценивается от 1 до 3 баллов (максимальная сумма баллов за все вопросы в коллоквиуме равна 10). Количество баллов за каждый вопрос выставляется в зависимости от правильности и полноты его изложения. Отсутствие ответа, а также полностью неправильный ответ на теоретический вопрос оценивается в 0 баллов. Оценка за коллоквиум рассчитывается как сумма баллов, полученных за ответ на каждый теоретический вопрос.

Оценка текущей успеваемости рассчитывается как среднее оценок за коллоквиумы. При оценке текущей успеваемости 4 балла и более студенты допускаются к экзамену. При оценке ниже 4 баллов решением кафедры студенты не допускаются к экзамену, и им назначается срок выполнения контрольных мероприятий.

Итоговая аттестация по учебной дисциплине проводится в форме экзамена. Экзаменационная оценка и оценка текущей успеваемости служат для определения рейтинговой оценки по дисциплине, которая рассчитывается как средневзвешенная оценка текущей успеваемости и экзаменационной оценки. Весовой коэффициент для оценки текущей успеваемости — 0,3; для экзаменационной оценки — 0,7.

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ  
ПО ИЗУЧАЕМОЙ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ  
С ДРУГИМИ ДИСЦИПЛИНАМИ СПЕЦИАЛЬНОСТИ

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)
Теоретическая механика	Кафедра теоретической физики и астрофизики	Оставить содержание учебной дисциплины без изменения	Рекомендовать к утверждению учебную программу в представленном варианте (протокол №10 от 16.05.2018)
Квантовая механика	Кафедра теоретической физики и астрофизики	Оставить содержание учебной дисциплины без изменения	Рекомендовать к утверждению учебную программу в представленном варианте (протокол №10 от 16.05.2018)
Термодинамика и статистическая физика	Кафедра теоретической физики и астрофизики	Оставить содержание учебной дисциплины без изменения	Рекомендовать к утверждению учебную программу в представленном варианте (протокол №10 от 16.05.2018)
Теория непрерывных групп	Кафедра теоретической физики и астрофизики	Оставить содержание учебной дисциплины без изменения	Рекомендовать к утверждению учебную программу в представленном варианте (протокол №10 от 16.05.2018)

ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ  
ПО ИЗУЧАЕМОЙ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ  
на 2019/2020 учебный год

№ № пп	Дополнения и изменения	Основание

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры  
теоретической физики астрофизики  
(протокол № \_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 2019 г.)

Заведующий кафедрой  
теоретической физики и астрофизики  
д.ф.-м.н., доцент

\_\_\_\_\_ А.Н. Фурс

УТВЕРЖДАЮ  
декан физического факультета  
д.ф.-м.н., профессор

\_\_\_\_\_ В.М. Анищик