

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

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Наименование дисциплины:

Релятивистские столкновения тяжелых ионов

Уровень высшего образования:

Магистратура

Направление подготовки:

03.04.02 Физика

Направленность (профиль) ОПОП:

Теоретическая физика

Квалификация «Магистр»

Форма обучения: Очная

Саров 2021 г.

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки 03.04.02 Физика в редакции приказа по МГУ от 30 декабря 2020 г. №1366.

Разработчик (разработчики) программы:
д.ф.-м.н., проф. РАН И.П. Лохтин;
к.ф.-м.н., н.с. Е.Е. Забродин

1. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО:

Дисциплина “*Релятивистские столкновения тяжелых ионов*” реализуется на втором курсе магистратуры в третьем семестре (курс по выбору)

2. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия (если есть):

Знание ядерной физики и физики элементарных частиц, термодинамики и статистической физики, квантовой теории.

3. Результаты обучения по дисциплине (модулю):

В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы:	
Формируемые компетенции (код компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)
<ul style="list-style-type: none">Способность использовать знания современных проблем и новейших достижений в области теоретической физики в своей научно-исследовательской деятельности (СПК-1).	<p>ЗНАТЬ основные законы и направления современных научных исследований в области теоретической физики.</p> <p>УМЕТЬ на основе фундаментальных знаний в области теоретической физики, определять возможные направления научных исследований.</p> <p>ВЛАДЕТЬ необходимой информацией из современных отечественных и зарубежных источников по тематике избранного направления исследования области теоретической физики.</p>
<ul style="list-style-type: none">Способность организовать и планировать физические исследования, ставить конкретные задачи научных исследований в области теоретической физики и решать их с помощью современной аппаратуры, оборудования и информационных технологий (СПК-2).	<p>ЗНАТЬ базовые принципы организации научных исследований с использованием информационных технологий, основные методики работы на современном научном оборудовании.</p> <p>УМЕТЬ используя знания в области теоретической физики проводить научные исследования.</p> <p>ВЛАДЕТЬ навыками планирования научного исследования, анализа получаемых результатов, обобщения, оформления и публичного представления полученных результатов.</p>
<ul style="list-style-type: none">Способность определять основные направления внедрения научных результатов в области теоретической физики (СПК-3).	<p>ЗНАТЬ основные направления инновационного развития в области теоретической физики.</p> <p>УМЕТЬ проводить необходимый анализ современных тенденций научных инноваций в области теоретической физики для подготовки предложений по внедрению полученных научных результатов.</p> <p>ВЛАДЕТЬ методами обоснования возможного применения полученных научных результатов с учетом современных достижений в области теоретической физики.</p>

4. Объем дисциплины (модуля) составляет 2 з.е.

5. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий:

5.1. Структура дисциплины (модуля) по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий (в строгом соответствии с учебным планом)

Наименование разделов и тем дисциплины (модуля), Форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) Виды контактной работы, академические часы		Самостоятельная работа обучающегося, академические часы	Всего академических часов	Форма текущего контроля успеваемости* (наименование)
	Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа			
Тема 1. Описание сильных взаимодействий	1	1	2	4	
Тема 2. Современные ускорители релятивистских тяжелых ионов	1	1	2	4	
Тема 3. Релятивистская кинематика	1	1	2	4	
Тема 4. Кварк-глюонная плазма	1	1	2	4	
Тема 5. Статистические модели множественного рождения частиц	1	1	2	4	
Тема 6. Гидродинамика	2	2	4	8	

ческие модели для описания ядерных столкновений	2	2	4	8	
Тема 7. Транспортные струнные модели для описания адронных и ядерных столкновений	2	2	4	8	
Тема 8. Коллективный поток в соударениях тяжелых ионов и в малых нуклонных системах	2	2	4	8	
Тема 9. КГП и тяжелые кварки.	2	2	2	6	
Тема 10. Поиск КГП в релятивистских соударениях тяжелых ионов. А) Мягкие процессы					
Тема 11. Поиск КГП в РСТИ. Б) Жесткие процессы					
Тема 12. Скан по энергиям. Поиск критической точки фазовой диаграммы					

КХД					
Другие виды самостоятельной работы (при наличии) :	—				—
<i>Например, Курсовая работа</i>	—				—
<i>Творческая работа (эссе) ...</i>	—				—
Промежуточная аттестация (зачет) и экзамен	—		4	4	—
Итого	18	18	36	72	—

** Примеры форм текущего контроля успеваемости:*

опрос;

тестирование;

контрольная работа;

коллоквиум;

реферат и и.д.

5.2. Содержание разделов (тем) дисциплины

№ п/п	Наименование разделов (тем) дисциплины	Содержание разделов (тем) дисциплин
1.	Тема 1. Описание сильных взаимодействий	Кварковая и партонная модели. Деконфайнмент и асимптотическая свобода кварков. Адронные струи. Экспериментальный статус исследования сильных взаимодействий.
2.	Тема 2. Современные ускорители релятивистских тяжелых ионов.	Коллайдер RHIC. Большой адронный коллайдер (LHC) и экспериментальные комплексы на LHC. Проект NICA.

3.	Тема 3. Релятивистская кинематика	Преобразование Лоренца. Система центра масс и лаб-система. Мандельштамовские переменные. Переменные светового конуса.
4.	Тема 4. Кварк-глюонная плазма	Переменные быстроты и псевдобыстроты. Фейнмановская переменная и гипотеза скейлинга.
5.	Тема 5. Статистические модели множественного рождения частиц	Возможность достижения деконфайнмента ядерной материи в квантовой хромодинамике. Фазовая диаграмма КХД. Фазовые переходы 1-го и 2-го рода.
6.	Тема 6. Гидродинамические модели для описания ядерных столкновений	Кроссовер. Уравнение состояния. Модель кварковых мешков.
7.	Тема 7. Транспортные струнные модели для описания адронных и ядерных столкновений	Статистическая модель Ферми. Уравнение состояния идеального газа. Модель адронного резонансного газа. Учет собственного объема адронов по типу газа Вандер-Ваальса.
8.	Тема 8. Коллективный поток в соударениях тяжелых ионов и в малых нуклонных системах	Гидродинамическая модель Ландау.
9.	Тема 9. КГП и тяжелые кварки.	Идеальная адронная жидкость. Модель Бьеркена. Транспортные коэффициенты.
10.	Тема 10. Поиск КГП в соударениях тяжелых ионов. А) Мягкие процессы.	Современные гидродинамические модели.
11.	Тема 11. Поиск КГП в РСТИ Б) Жесткие процессы.	Модель струны. Механизмы возбуждения и фрагментации цветковых струн. Основные характеристики
12.	Тема 12. Скан по энергиям. Поиск критической точки фазовой диаграммы КХД	современных моделей, использующихся для описания столкновений тяжелых ионов при

		<p>релятивистских энергиях.</p> <p>Коллективный поток адронов. Компоненты анизотропного потока (направленный, эллиптический, триангулярный). Конституэнтный кварковый скейлинг.</p> <p>Тяжелые ароматы кварков. Рождение кваркония (чармония и боттомония) в РСТИ. Динамика диссоциации кваркония в КГП.</p> <p>Сигналы КГП: повышенный выход странности, сдвиговая вязкость, поляризация гиперонов, флуктуации сохраняющихся зарядов</p> <p>Физика адронных струй. Потеря энергии партонами в горячей и плотной среде.</p> <p>Обзор экспериментов BES и экспериментов на строящемся ускорителе NICA (ОИЯИ). Завихренность материи в нецентральных РСТИ. Флуктуации вблизи критической точки.</p>
--	--	---

6. Фонд оценочных средств (ФОС, оценочные и методические материалы) для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю).

- а) Тематический опрос, в форме ответов на вопросы по тематике предыдущей лекции
- б) Собеседование, в форме беседы, дискуссии по тематике изучаемой дисциплины
- в) Тестирование, для оценки фактических знаний студента по изученной теме

6.1. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения текущего контроля успеваемости, критерии и шкалы оценивания (в отсутствие утвержденных соответствующих локальных нормативных актов на факультете)

Примеры контрольных вопросов и домашних заданий

1. Фундаментальные взаимодействия. Сильные взаимодействия. Адроны. Кварки и глюоны. 2. Современные ускорители и эксперименты с тяжелыми ионами на них. Строящиеся и планируемые коллайдеры.
3. Что такое кварк-глюонная плазма? Перечислить ее основные характеристики.
4. Релятивистские инварианты.
5. Основные экспериментальные комплексы на Большом адронном коллайдере: названия и специфика каждого.
6. Основные принципы статистических моделей для описания множественного рождения частиц.
7. Гидродинамические модели. В чем разница между моделью Ландау и моделью Бьеркена?
8. Струнный механизм множественного рождения частиц. Образование и распад струн.
9. Уравнение состояния адронной материи.
10. Что такое критическая точка на фазовой диаграмме КХД?

6.2. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения промежуточной аттестации по дисциплине (модулю), критерии и шкалы оценивания (в отсутствие утвержденных соответствующих локальных нормативных актов на факультете)

1. Сильные взаимодействия. Барионы и мезоны, сохраняющиеся заряды. Кварковая модель.
2. Основные этапы исследований столкновений тяжелых ионов.
3. Особенности различных детекторных комплексов на Большом Адронном Коллайдере.
4. Классификация характеристик множественного рождения частиц в адронных и ядро-ядерных взаимодействиях.
5. Основные фазы соударения тяжелых ионов при релятивистских энергиях.
6. Экспериментальное проявление кварковых и глюонных степеней свободы.
7. Тяжелые ароматы кварков в кварк-глюонной плазме.
8. Статистические модели. Химические потенциалы барионного заряда и странности.
9. Гидродинамические модели. Модели Ландау и Бьеркена.
10. Транспортные струнные модели. Сходство и различия.
11. Экспериментальные сигналы формирования кварк-глюонной плазмы.
12. Компоненты анизотропного коллективного потока адронов.

7. Ресурсное обеспечение:

7.1. Перечень основной и дополнительной литературы

Основная литература

1. «Эффекты кварк-глюонной плазмы в столкновениях релятивистских ионов», В.Л. Коротких, Москва, Изд. КДУ, 2018.
2. «Введение в физику микромира — физика частиц и ядер», Л.И. Сарычева, Москва, Изд. УНЦ ДО, 2005.

Дополнительная литература

1. «Ultrarelativistic Heavy Ion Collisions», R. Vogt, Elsevier Science, Amsterdam, 2007.
2. "The Physics of the Quark-Gluon Plasma", S. Sarkar, H. Satz, B. Since (editors), Lecture Notes in Physics 785, Springer, Berlin Heidelberg, 2010.

Перечень лицензионного программного обеспечения, в том числе отечественного производства

При реализации дисциплины может быть использовано следующее программное обеспечение:

1. Программный продукт Red Hat Enterprise Linux Server for HPC Compute Node for Power, LE, Self-support 4 шт. №5540331
2. Программный продукт Red Hat Enterprise Linux Server for HPC Head Node for Power, LE, Standard 1 шт. №5540332
3. Операционная система SUSE Linux Enterprise Server 11 SP4 for x86_64 16 шт.
4. Операционная система Red Hat Enterprise Linux Server 5.0 for x86_64 14шт.
5. Операционная система SUSE Linux Enterprise Server 10 SP3 for ppc64 7 шт.
6. Операционная система Ubuntu 18.04.
7. Программное обеспечение для виртуализации Oracle VM VirtualBox
8. Операционная система ALTLinuxMATEStarterkit 9 лицензияGPL
9. Программный продукт JetBrains IntelliJ IDEA Community Edition Free Educational Licenses
10. Программный продукт JetBrains PyCharm Community Edition Free Educational Licenses
11. Программный продукт JetBrains CLion Community Edition Free Educational Licenses
12. Программный продукт UPPAAL (<http://www.uppaal.org/>) академическая лицензия
13. Программный продукт Java 8 (64-bit) Oracle Corporation
14. Программный продукт Java SE Development Kit 8(64-bit) Oracle Corporation
15. Программный продукт NetBeans IDE 8.2 NetBeans.org
16. Программный продукт Dev-C++ Bloodshed Software
17. Программный продукт CodeBlocks The Code::Blocks Team
18. Программный продукт Free Pascal 3.0.0 Free Pascal Team
19. Программный продукт Python 3.5.1 (64-bit) Python Software Foundation
20. Программный продукт R for Windows 3.2.2 R Core Team
21. Программный продукт Haskell Platform 7.10.3 Haskell.org
22. Операционная система Microsoft Windows 7 корпоративная академическая лицензия
23. Операционная система Microsoft Windows 10 Education академическая лицензия
24. Программный продукт Microsoft Project Professional 2013 академическая лицензия
25. Программный продукт Microsoft Visio Professional 2013 академическая лицензия

26. Программный продукт Microsoft Visual Studio Professional 2013 - RUS [Русский (Россия)]
академическая лицензия

Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем

1. <http://www.edu.ru> – портал Министерства образования и науки РФ
2. <http://www.ict.edu.ru> – система федеральных образовательных порталов «ИКТ в образовании»
3. <http://www.openet.ru> - Российский портал открытого образования
4. <http://www.mon.gov.ru> - Министерство образования и науки Российской Федерации
5. <http://www.fasi.gov.ru> - Федеральное агентство по науке и инновациям

7.4. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

7.5. Описание материально-технического обеспечения.

аудитория на 15 мест, доска, мел, тряпка; опционально: ноутбук, проектор и экран.

8. Соответствие результатов обучения по данному элементу ОПОП результатам освоения ОПОП указано в Общей характеристике ОПОП.