

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:

Уравнения состояния вещества при высоких сжатиях
и температурах и их применение в астрофизике

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.

1. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплина «Уравнения состояния вещества при высоких сжатиях и температурах и их применение в астрофизике» реализуется на 1-м курсе во 2-ом семестре и является составной частью профессионального блока вариативной части (дисциплина по выбору).

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

Владение основами курсов «Математический анализ», «Молекулярная физика», «Термодинамика и статистическая физика», «Методы математической физики».

3.

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	<p>ЗНАТЬ базовые принципы организации научных исследований с использованием информационных технологий, основные методики работы на современном научном оборудовании.</p> <p>УМЕТЬ</p>

<p>области теоретической физики и решать их с помощью современной аппаратуры, оборудования и информационных технологий (СПК-2).</p>	<p>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 в зачетных единицах с указанием количества академических или астрономических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся (указывается согласно рабочему плану): Объем дисциплины составляет 2 зачетных единицы, всего 72 часа. Дисциплина по выбору читается в 3м семестре

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

Наименование и краткое содержание разделов и	Всего,	В том числе
--	--------	-------------

тем дисциплины, форма промежуточной аттестации по дисциплине	часы	Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них					Самостоятельная работа обучающегося, часы из них			
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Групповые консультации	Индивидуальные консультации	Учебные занятия, направленные на проведение текущего контроля успеваемости и коллоквиумы, практические контрольные занятия и др.*	Всего	Выполнение домашних заданий	Подготовка рефератов и т.п.	Всего
1. Уравнение состояния идеального газа. Изменение числа частиц за счет ионизации. Предельное уравнение состояния при полной ионизации. Статистическая сумма и определение термодинамических характеристик, исходя из СС. Расчет числа свободных электронов.	10	3	3				6	4		4

2. Энергия состояний сжатого атома и уравнение состояния твердых (конденсированных) тел. Уравнение состояния Ми-Грюнаизена, Урс Бёрча-Мурнагана, Урс Вине. Модели расчета постоянной Грюнаизена: Ландау-Слэтера, Дугдейла-Макдональда, Зубарева-Ващенко.	14	3	3				6	8		8
3. Термодинамика излучения. Энергии и давления излучения. Уравнение состояния в релятивистском пределе. Превращение атомов водорода в нейтроны при сжатии.	10	3	3				6	4		4
4. Ударные волны. Ударная адиабата. Определение параметров уравнения состояния из измерений в ударных волнах. Фазовые переходы в УВ. Стационарные детонационные волны. Процессы в детонационной волне. Условие Чепмена-Жуге. Уравнения состояния взрывчатых веществ и продуктов взрыва.	10	3	3				6	4		4

5. Эксперименты с высокими статическими давлениями. Исследования П.Бриджмена. Алмазные наковальни и дальнейшие перспективы исследования высоких давлений. Физика и химия высоких давлений.	12	3	3				6	6		6
6. Уравнения состояния водорода и гелия применительно к описанию гигантских планет (Юпитер, Сатурн, Уран). Модели внутреннего строения гигантских планет..	12	3	3				6			6
Промежуточная аттестация: контрольная работа.	4					4				4
Итого	72	18	18				36			36

* Текущий контроль успеваемости может быть реализован в рамках занятий семинарского типа, групповых или индивидуальных консультаций

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине:
учебные пособия, интернет-ресурсы.

7. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине
(приводятся типовые вопросы, тесты, темы рефератов и пр., а также таблица оценивания учебных достижений)

Типовые задачи по курсу (домашние задания):

1. Найти давление в зависимости от температуры в полностью ионизованном уране, железе, водороде.

2. Найти степень ионизации водорода в зависимости от плотности при температуре 2эВ, 10 эВ, 100 эВ, 1000 эВ.
3. Сравнить полуэмпирические уравнения Ми-Грюнайзена, Бёрча-Мурнагана, Вине.
4. Сравнить материальное давление и энергию с давлением и энергией излучения. Определить плотность и температуру, при которых они сравниваются.
5. Используя экспериментальную зависимость скорости ударной волны от массовой скорости за фронтом волны, найти зависимость между давлением и плотностью за фронтом волны.
6. Стационарные детонационные волны. Условие Чепмена-Жуге.
7. Эксперименты с высокими статическими давлениями, алмазные наковальни.
8. Модели внутреннего строения гигантских планет.

8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная литература

1. Л.Д. Ландау, Е.И. Лифшиц. Статистическая физика. Ч. 1. М.: Наука, 1979.
2. Я. Б. Зельдович, Ю. П. Райзер. Физика ударных волн и высокотемпературной плазмы. М.: Наука, 1966.
3. Я. Б. Зельдович, И.Д. Новиков. Релятивистская астрофизика. М.: Наука, 1967.
4. В. Н. Жарков, В. А. Калинин. Уравнение состояния твердых тел при высоких давлениях и температурах. М.: Наука, 1968.

Дополнительная литература

1. А.А. Абрикосов. *Астрономический журнал*. **31**, 112, 1954.
2. Л.В. Альтшулер. *Успехи Физических Наук* **85** (2), 197, 1965 .
3. Б.А. Надыкто. *Успехи Физических Наук* **163** (9), 37, 1993

9. Таблица оценивания учебных достижений

Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения				
	1	2	3	4	5
Знать основы современной теории сильных взаимодействий элементарных частиц; уметь рассчитывать в ее рамках основные адронные процессы; владеть соответствующим математическим аппаратом и иметь опыт самостоятельного решения задач.	Отсутствие знания основ теории.	Фрагментарное знание и неумение решать простые задачи.	Знание некоторых основ теории, но слабое владение математическим аппаратом, позволяющее решать лишь простейшие задачи.	В целом успешное освоение теории и умение решать стандартные задачи, но наличие отдельных пробелов.	Уверенное владение основами теории и ее математическим аппаратом, умение решать как стандартные задачи, так и задачи повышенной сложности.

10. Перечень ресурсов Интернет, необходимых для освоения дисциплины:

1. http://theorphys.phys.msu.ru/education/fiz_fund_vz.html
2. <http://pdg.lbl.gov/>
3. <http://arxiv.org/>

11. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины:

сообщаются во время групповых и индивидуальных консультаций (дополнительная литература для решения отдельных задач, книги и оригинальные статьи для углубленного изучения избранных разделов курса по запросу обучающихся).

12. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости):

преподавание дисциплины в форме авторского курса по программе, составленной с учетом результатов исследований научных школ МГУ и ведущих мировых научных центров; дискуссии по актуальным проблемам современной физики элементарных частиц с использованием интернет-ресурсов (см.: http://library.web.cern.ch/particle_physics_information); программное обеспечение: Scientific WorkPlace, Maple.

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 JetBrainsPyCharm Community Edition Free Educational Licenses
11. Программный продукт JetBrainsCLion 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

13. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине: аудитория на 15 мест, доска, мел, опционально: ноутбук, проектор и экран.