

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики
Российской академии наук» (ИПФ РАН)

УТВЕРЖДАЮ:



Зам. директора по научной работе

М.Ю. Глявин

« 15 » апреля 2022 г.

Рабочая программа дисциплины
Современные проблемы физики

Уровень образования

высшее образование – подготовка кадров высшей квалификации

Группа научных специальностей:

1.3. Физические науки

Научные специальности:

1.3.4. Радиофизика

1.3.7. Акустика

1.3.9. Физика плазмы

1.3.19. Лазерная физика

Форма обучения

очная

Нижний Новгород
2022

1. Место и цели дисциплины в структуре программы подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре

Дисциплина «Современные проблемы физики» относится к числу дисциплин программы подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (далее – программы аспирантуры), является обязательной для освоения и изучается на первом и втором году обучения, в первом и третьем семестрах.

Освоение дисциплины опирается на знания, умения и навыки, сформированные на двух предшествующих уровнях образования. Результаты освоения дисциплины предназначены для использования при сдаче кандидатского экзамена по группе научных специальностей 1.3. Физические науки.

Основной целью освоения дисциплины является формирование у аспирантов умений самостоятельно разбираться и не предвзято ориентироваться в передовых идеях и самых последних достижениях современной теоретической и экспериментальной физики.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Аспирант, освоивший дисциплину «Современные проблемы физики», должен:

Знать наиболее перспективные и быстро развивающиеся направления разделов физики, затрагиваемых настоящим курсом; основные нерешенные научные проблемы; недавние и планируемые новаторские эксперименты; а также активно действующие в рамках рассматриваемых тематик научные коллективы.

Уметь разбираться и извлекать требуемую информацию из научных статей, публикуемых в ведущих научных журналах по затрагиваемым разделам физики и относящихся к профессиональной (в том числе, узкопрофессиональной) литературе; доносить суть физической проблемы, постановки физической задачи, предлагаемых путей решения и достижений до аудитории исследователей-физиков, включающей не только узких специалистов.

Владеть навыками получения релевантной информации о состоянии конкретной научной проблемы, включая поиск научных публикаций по теме и беглый анализ их значимости; расширения научного кругозора в областях, не совпадающих с непосредственной исследовательской задачей обучаемого.

3. Структура и содержание дисциплины.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы, всего 152 часа, из которых 68 часов составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (2 часа занятия лекционного типа, 62 часа занятия семинарского типа – семинары и научно-практические занятия, в т.ч. мероприятия текущего контроля успеваемости, 4 часа мероприятия промежуточной аттестации), 84 часа составляет самостоятельная работа обучающегося.

Таблица 1:

Структура дисциплины

Наименование раздела дисциплины	Всего, часов	В том числе			
		Контактная работа, часов			Самостоятельная работа обучающегося, часов
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Всего	
Введение	2	2		2	0
1. Колебательно-волновые эффекты в физике космоса	24		10	10	14
2. Физические явления в лазерных и аналогичных им системах	24		10	10	14

3. Квантовые и классические проблемы современной физики конденсированных сред и электроники	24		10	10	14
Аттестация по дисциплине – зачет	2			2	
Вводный семинар ко второй части	2		2	2	0
4. Некоторые вопросы физики атмосферы и гидросферы	24		10	10	14
5. Экзотические вопросы физики плазмы	24		10	10	14
6. Задачи акустики сложных сред	24		10	10	14
Аттестация по дисциплине – дифференцированный зачет	2			2	
Итого			152		

Таблица 2:

Содержание дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (темы)	Форма проведения занятий (лекции, семинары и т.д.)
Введение		Введение в «Современные проблемы физики»	лекция
Раздел 1: Колебательно-волновые эффекты в физике космоса			
1	Космические лучи сверх-высоких энергий	Свойства космических лучей, их возможные источники. Механизмы ускорения. Установки и методы наблюдения	семинар, сам.раб.
2	Строение протона и проблема стандартной модели	Высокоточное измерение электрического и магнитного форм-факторов протона. Аномалия размера протона. Поляризация глюонов в протоне. Двойной безнейтринный бета-распад.	семинар, сам.раб.
3	Нейтрино и их астрофизические источники	Космические и галактические нейтрино. Излучение нейтрино при гамма-всплесках. Осцилляции нейтрино. Нейтринные обсерватории (IceCube и другие). Реакторные нейтрино и эксперименты с ними.	семинар, сам.раб.
4	Чёрные дыры	Решение Шварцшильда. Вращающаяся черная дыра. Термодинамика черных дыр. Эффект Унру и излучение Хокинга. Испарение черных дыр. Информационный парадокс.	семинар, сам.раб.
5	Тёмная материя	Темная материя в космологии: косвенные наблюдения, свойства. Взаимодействие с темной материей на галактических масштабах. Проблема каспов. Эксперименты по поиску частиц тёмной материи	семинар, сам.раб.
6	Некоторые проблемы расширения Вселенной	Метрика Робертсона-Уокера и динамика расширения Вселенной (теоретический подход). Измерение космологических расстояний, сверхновые Ia как стандартные свечи	семинар, сам.раб.
7	Самые крупные структуры вселенной	Гравитационная неустойчивость Джинса. Аппроксимации Зельдовича и Пресса-Шехтера. Космическая паутина. Сверхскопления. «Наше» сверхскопление ланиакея. «Великие стены».	семинар, сам.раб.
Раздел 2: Физические явления в лазерных и аналогичных им системах			
1	Классическая электродинамика	Перспективы генерации когерентного рентгеновского и гамма-излучения	семинар, сам.раб.
2	Фазовые переходы	Бозе-эйнштейновская конденсация в различных физических системах	семинар, сам.раб.
3	Квантовая электродинамика	Коллективные квантовые эффекты в излучении ансамблей осцилляторов	семинар, сам.раб.
4	Сверхизлучающие лазеры	Лазер на экситон-поляритонных модах. Лазер на квантовых точках в полупроводниковых структурах.	семинар, сам.раб.

5	Рамановский лазер на алмазе	Экспериментальная реализация и свойства алмазного лазера использующего вынужденное рамановское рассеяние.	семинар, сам.раб.
Раздел 3: Квантовые и классические проблемы современной физики конденсированных сред и электроники			
1	Квазидвумерные фазовые переходы	Фазовый переход Дике. Двуслойные квантовые ямы	семинар, сам.раб.
2	Перепутанность в квантовых системах	Разделение переменных в квантовой механике. Принцип неопределенности и сжатые состояния (сжатый свет). Реализация запутанности в макроскопических системах	семинар, сам.раб.
3	Неразрушающие квантовые измерения	Мысленные эксперименты, границы применимости. Неразрушающее детектирование наличия фотона в резонаторе и состояния сверхпроводящего кубита	семинар, сам.раб.
4	Квантовый компьютер	Реализации квантового компьютера. Алгоритм отжига на квантовом и классическом компьютере.	семинар, сам.раб.
5	Эксперименты с фазовыми переходами 2 рода	Наблюдение квантовых вихрей в Бозе-Эйнштейновском конденсате. Фазовые переходы в спинорном конденсате.	семинар, сам.раб.
Вводный семинар ко второй части			
Раздел 4: Некоторые вопросы физики атмосфера и гидросфера			
1	Колмогоровские и неколмогоровские спектры и структуры в турбулентности (гидро- и МГД)	Гипотеза Колмогорова. Неколмогоровская турбулентность, обратный каскад	семинар, сам.раб.
2	Методы описания турбулентности	Описание турбулентности через функции распределения частиц. Метод статистических моментов для полей скоростей	семинар, сам.раб.
3	Молнии	Проблема инициации молний. Развитие разряда. Гамма-каскады в молниях. Экспериментальные наблюдения шаровой молнии. Молнии в атмосферах других планет.	семинар, сам.раб.
4	Экзопланеты	Методы обнаружения экзопланет и их ожидаемые свойства. Наблюдательные оценки магнитных полей. Атмосферы экзопланет. Динамика атмосферы и глобальные климатические модели.	семинар, сам.раб.
Раздел 5: Экзотические вопросы физики плазмы			
1	Ударные волны в бесстолкновительной плазме	Физические механизмы формирования ударных волн. Методы описания их эволюции.	семинар, сам.раб.
2	Самосогласованные токовые слои в плазме	1) Токовый слой хвоста земной магнитосферы. 2) Аналитическое описание токовых слоев в ультрарелятивистской бесстолкновительной плазме	семинар, сам.раб.
3	Самоканалирование волн в плазме	Конкуренция процессов самофокусировки и дисперсии при филаментации. Экспериментальные реализации долгоживущих каналов.	семинар, сам.раб.
4	Механизмы перезарядки современных аккумуляторов; солнечные батареи	Быстрая перезарядка литий-феррофосфатных аккумуляторов – микроскопические экспериментальные наблюдения. Солнечные сверхпоглотители. Люминесценция солнечной батареи как метод увеличения эффективности ее работы.	семинар, сам.раб.
5	Взаимодействие лазера и плазмы в лабораторной физике и астрофизике	Нанопотоника в применении к достижению сверхвысоких плотностей энергий. Эксперименты по инерциальному термоядерному синтезу с лазерным поджигом на National Ignition Facility. Лабораторное моделирование джетов.	семинар, сам.раб.
Раздел 6: Задачи акустики сложных сред			
1	Объекты-невидимки на основе метаматериалов	Пассивная акустическая и оптическая невидимость. Трансформационная оптика. Активная невидимость.	семинар, сам.раб.

		Временное сокрытие.	
2	Апериодичные неустойчивости типа мягкой моды в физике плазмы и физике твердого тела	Современные представления о природе сегнетоэлектричества. Акусто-электрические моды в сегнетоэлектриках. Антиферроэлектрический переход в газе двухуровневых молекул.	семинар, сам.раб.
3	Вибронная когерентность и механизмы фотосинтеза	Вибронная когерентность в биологических макромолекулах. Значение квантовой когерентности для эффективного преобразования солнечной энергии в процессе фотосинтеза. Конструирование цепей переноса электронов, более эффективных, чем при природном фотосинтезе.	семинар, сам.раб.

4. Образовательные технологии.

Основными видами образовательных технологий дисциплины «Современные проблемы физики» являются семинары и самостоятельная работа аспиранта. Для активизации познавательного процесса слушателям даются задания по самостоятельной подготовке отдельных фрагментов тем занятий. Основной акцент воспитательной работы делается на добросовестном, профессиональном выполнении всех учебных заданий.

В качестве подготовки к выступлению каждый аспирант должен разобрать и по возможности развить предложенные ему научные работы (статьи), а также представить руководителю курса краткий реферат по данной научной проблеме.

5. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы аспирантов.

Используются виды самостоятельной работы аспиранта: в читальном зале библиотеки, в учебных кабинетах, на рабочих местах с доступом к ресурсам Интернет и в домашних условиях. Порядок выполнения самостоятельной работы соответствует программе дисциплины и контролируется в ходе семинарских занятий. Самостоятельная работа подкрепляется учебно-методическим и информационным обеспечением, включающим рекомендованную литературу.

6. Критерии и процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине. Описание шкал оценивания.

В первом семестре зачет по дисциплине каждому аспиранту ставится в результате оценки его выступления по предложенным работам, составленного им реферата и его активности в процессе обсуждения выступлений других участников семинарских занятий.

Зачтено	Аспирант принял участие в работе большей части семинаров, подготовил и провел выступление по теме, согласованной с руководителем семинара, подготовил реферат об обозреваемой научной проблеме, способен отвечать на общие вопросы по темам проведенных семинаров. Доклад обучающегося должен быть понятным по форме и содержать краткое введение в рассматриваемую научную проблему, четко сформулированные новые научные результаты, изложенные в предоставленном для изучения материале, и описание использованных для их получения методов. Реферат по своему содержанию должен соответствовать устному выступлению обучающегося. Он должен включать иллюстративный материал, необходимый для понимания существа затрагиваемой научной проблемы, а также список источников, использованных обучающимся.
Не зачтено	Аспирант пропустил более половины семинарских занятий и не способен отвечать на общие вопросы по темам пропущенных занятий. Аспирант не выступил на семинаре с докладом по теме, согласованной с руководителем семинара. Аспирант не подготовил реферат обозреваемой теме.

В третьем семестре для оценивания сформированности компетенций используется промежуточная аттестация в форме дифференцированного зачета (зачет с оценкой). Зачет состоит из индивидуального собеседования и решения практических контрольных заданий. По результа-

там сдачи зачета выставляется итоговая оценка по следующей шкале: «Неудовлетворительно», «Удовлетворительно», «Хорошо» и «Отлично».

Критерии оценок:

Неудовлетворительно	Обучающийся не продемонстрировал представления об основных разделах дисциплины и не показал удовлетворительных практических навыков решения контрольных заданий
Удовлетворительно	Обучающийся продемонстрировал изложение только формулировок основных теоретических положений дисциплины без их обоснования и с использованием наводящих вопросов от преподавателя, и продемонстрировал наличие практических навыков решения лишь самых простых задач
Хорошо	Обучающийся продемонстрировал связное изложение основных теоретических положений дисциплины и их обоснование, с незначительными наводящими вопросами преподавателя, и успешно продемонстрировал практические навыки решения задач, но не смог ответить на дополнительный вопрос или решить дополнительную задачу
Отлично	Обучающийся продемонстрировал высокий уровень в самостоятельном изложении всех теоретических положений дисциплины и их обосновании, успешно продемонстрировал практические навыки решения задач, и смог ответить на дополнительный вопрос или решить дополнительную задачу повышенной трудности

Контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения.

Вопросы для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины:

1. Каковы используемые методы регистрации космических лучей? Что в рамках этих методов можно сказать о направлении прихода космического луча?
2. Каковы представления о том, как спин поделен между компонентами протона?
3. Какие пути генерации высокоэнергетичных нейтрино предполагаются в астрофизике?
4. Какое поведение демонстрируют кривые вращения разных типов галактик с различными красными смещениями?
5. Какими способами можно сделать ловушки для удержания бозе-конденсата существенно негармоническими?
6. Как осуществляется генерация запутанных фотонов?
7. Каково определение фрактальной размерности и каковы способы ее оценки?
8. Опишите распространение молниевых разрядов в терминах теории перколяции.
9. Опишите нетранзитные методы наблюдения экзопланет и условия их успешного применения.
10. В чем состоят балк-механизм, одночастичный и многочастичный механизмы перезарядки аккумуляторной батареи?
11. Опишите механизм неустойчивости Релея-Тейлора, мешающей сильному сжатию мишени.
12. Опишите конструкцию акустического "плаща-невидимки" и критерии, ограничивающие создаваемую им область сокрытия.
13. Какова роль диполь-дипольного взаимодействия между ионами для сегнетоэлектрической неустойчивости?
14. Каковы характерные длительности процессов при вибронном механизме передачи энергии?

Задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины:

С использованием материала, предоставленного каждому обучающемуся индивидуально:

- изучить предложенные научные статьи, посвященные одной из актуальных задач или проблем современной физики ;
- составить и реализовать план подготовки доклада, включающий консультации со специалистами по выбранной тематике ;
- подготовить доклад по актуальной научной проблеме, базируясь на предоставленном материале;

- представить подготовленный доклад, изложить письменно его краткое содержание;
- организовать дискуссию по теме доклада ;
- участвовать в обсуждении докладов по темам, выходящим из области профессиональных интересов.

Вопросы для проведения собеседования.

Вопросы задаются слушателями семинара (как обучающимися, так и состоявшимися научными работниками) в процессе или сразу после выступления обучающегося.

Пример типовых вопросов:

1. До каких энергий предположительно могут ускоряться частицы в пузырях Ферми?
2. Как проводилась регистрация радиуса протона в мюонном водороде?
3. Как на станции IceCube селективируют определяют направление прихода космического луча? Какого порядка точность?
4. В каких масштабах гипотетическое введение самовзаимодействия для частиц темной материи может поменять кривые вращения?
5. Как реализовать пространственное разделение бозе-конденсата и термального облака?
6. Каковы аргументы за и против того, что вычисления на D-Wave Two выполняются по квантовому (а не классическому) сценарию?
7. Проводились ли прямые эксперименты, в которых генерировался и фиксировался обратный каскад турбулентности?
8. Почему для развития отрицательного стримера требуется поле в два раза больше, чем то, что нужно для положительного стримера?
9. Метод MassSpec, позволяющий оценить массу экзопланеты только по наблюдениям ее транзита, на данный момент хорошо пригоден только для горячих юпитеров. Чем они выделены? Обобщения метода для каких классов экзопланет стоит ожидать скорее всего?
10. Как реализована микроскопия на синхротронной дифракции, позволившая наблюдать в динамике процесс заряда аккумулятора?
11. Чем и из каких соображений управляется процесс подстройки формы лазерного импульса, обжимающего мишень в экспериментах в high-foot режиме на установке NIF?
12. Какие эксперименты демонстрируют, что вибронные степени свободы могут не разрушать когерентность, а, наоборот, делать ее более долгоживущей?
13. Как для фазового перехода 2 рода "упростить" описание типа "мягкой моды" до описания классическим функционалом Ландау?
14. Как может быть устроен метаматериал, обладающий для определенных частот отрицательной величиной диэлектрической проницаемости? магнитной проницаемости?

7. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

Рекомендуемая литература.

а) основная литература:

1. Багров В.Г., Борисов А.В., Горбунов И.В., Демиденко В.С., Демкин В.П., Мельникова Н.В. Современные проблемы физики: Учебное пособие. Томский государственный университет. [Электронный ресурс. Единое окно доступа к образовательным ресурсам] <http://window.edu.ru/resource/228/49228>
2. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа, М.: Дрофа, 2003 – 7 экз.
3. Звелто О. Принципы лазеров. - М: Мир, 1990. /// Звелто О. Принципы лазеров 4-е издание. Пер. с англ. /Под. ред. Т.А. Шмаонова. С.Пб.:Лань. 2008 – 4 экз.

б) дополнительная литература:

1. Биттенкорт Ж.А. Основы физики плазмы, М.: Физматлит, 2009 – 3 экз.
2. Ярив А. "Квантовая электроника": Пер. с англ. / Под ред. Я.И. Ханина, Изд. Наука, 1980. - 448 с. – 3 экз.
3. Топтыгин И.Н. Современная электродинамика, Москва-Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2005 – 2 экз.

4. Ханин Я.И. Основы динамики лазеров, М.: Наука-Физматлит, 1999. – 2 экз.
5. Периодические издания, посвященные современным проблемам физики, подпиской на электронные версии которые обладает институт, в том числе:
- журналы издательства APS (American Physical Society),
 - журналы издательства OSA (Optical Society of America),
 - журналы издательства Cambridge University Press,
 - Успехи физических наук

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины.

- Специальные помещения для проведения занятий: лекционного типа, семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы обучающихся, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет";
- лицензионное программное обеспечение (*Windows, Microsoft Office*);
- обучающиеся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья обеспечиваются (при необходимости) электронными и (или) печатными образовательными ресурсами в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья.

Автор _____ член-корреспондент РАН Вл.В. Кочаровский