

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский национальный исследовательский государственный университет»**

**Физический факультет
Кафедра физики элементарных частиц**



Рабочая программа дисциплины
ВЫДАЮЩИЕСЯ ЭКСПЕРИМЕНТЫ В ФВЭ

**Направление подготовки: 03.03.02 Физика
направленность (профиль): Общая и фундаментальная физика**

Форма обучения
Очная

Семестр	Общий объем	Виды учебных занятий (в часах)				Промежуточная аттестация (в часах)				
		Контактная работа обучающихся с преподавателем			Самостоятельная работа, не включая период сессии	Самостоятельная подготовка к промежуточной аттестации	Контактная работа обучающихся с преподавателем			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия			Консультации	Зачет	Дифференцированный зачет	Экзамен
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
8	72	16	16		38				2	
Всего 72 часа / 2 зачётные единицы, из них: - контактная работа 34 часа										
Компетенции ПК-1										

Ответственный за образовательную программу,
д.ф.-м.н., профессор

С.В. Цыбуля

Новосибирск, 2022

Оглавление

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы.	3
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы	3
3. Трудоёмкость дисциплины в зачётных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу.	4
4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий.....	5
5. Перечень учебной литературы.	7
6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.....	7
7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.	8
8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.	8
9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.	8
10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.....	9

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы.

Основная цель курса – познакомить студентов с важнейшими экспериментами по физике частиц, результаты которых стали основой современной физики элементарных частиц.

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника следующих профессиональной компетенции:

Результаты освоения образовательной программы (компетенции)	Индикаторы	Результаты обучения по дисциплине
ПК-1 Способность использовать специализированные знания в области физики при построении теоретических моделей физических явлений и процессов в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования	ПК 1.1 Применяет специализированные знания в области физики при воспроизведении учебного материала с требуемой степенью научной точности и полноты. ПК 1.2 Использует специализированные знания при проведении научных изысканий в избранной области	Знать фундаментальные составляющие современной физики элементарных частиц и источники знаний о них; знать основные методики и постановки экспериментов в области физики элементарных частиц. Уметь проводить оценки различных параметров, важных при проектировании и проведении экспериментов в области физики элементарных частиц; уметь проектировать эксперименты в области физики элементарных частиц. Владеть методами работы с научными публикациями в области физики элементарных частиц; владеть основными методиками анализа данных и оценки ошибки в экспериментах в области физики элементарных частиц.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Выдающиеся эксперименты в ФВЭ» является одной из дисциплин по выбору по направлению подготовки **03.03.02 Физика, направленность «Общая и фундаментальная физика»**. Дисциплина изучается студентами третьего курса бакалавриата физического факультета. Дисциплина в первую предназначена для студентов кафедры физики элементарных частиц. Дисциплина дает студентам необходимые знания,

навыки и предоставляет инструменты для выполнения исследований в области физики элементарных частиц в рамках подготовки квалификационной дипломной работы.

3. Трудоемкость дисциплины в зачётных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу.

Семестр	Общий объем	Виды учебных занятий (в часах)				Промежуточная аттестация (в часах)				
		Контактная работа обучающихся с преподавателем			Самостоятельная работа, не включая период сессии	Самостоятельная подготовка к промежуточной аттестации	Контактная работа обучающихся с преподавателем			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия			Консультации	Зачет	Дифференцированный зачет	Экзамен
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
8	72	16	16		38				2	
Всего 72 часа / 2 зачётные единицы, из них: - контактная работа 34 часа										
Компетенции ПК-1										

Курс рассчитан на один семестр. Реализация дисциплины предусматривает практическую подготовку при проведении следующих видов занятий, предусматривающих участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью: лекции, практические занятия, самостоятельная работа студента, дифференциальный зачет.

Теоретический материал курса освещается в ходе лекций. В лекциях обсуждается как теоретические аспекты, так и реальные примеры использования обсуждаемых методов и технологий из практики наиболее известных экспериментов в мировой науке. Все лекционные занятия проводятся в интерактивной форме. В ходе лекций поощряются вопросы слушателей, часть тем обсуждается в форме дискуссий. Материал всех лекций доступен в электронном виде. В ходе лекций широко используются компьютерные демонстрации. Для чтения отдельных лекций (в особенности, по темам из дополнительного раздела курса) рекомендуется приглашать специалистов, занимающихся активной научной и практической деятельностью в соответствующей области знаний.

Отдельным этапом курса является подготовка доклада. Это задание выполняется самостоятельно и представляется перед всей группой. При подготовке доклада слушатель должен продемонстрировать понимание всего комплекса приобретенных знаний. Тема доклада может быть связана с научной работой, выполняемой слушателем в ходе подготовки дипломной работы. При подготовке доклада студент должен углубленно изучить тему, ознакомиться с соответствующими публикациями в научных журналах и подготовить 20–30 минутный доклад.

Итоговая оценка формируется из оценки на дифференциальном зачете и оценки за доклад. Возможно выставление отличной итоговой оценки без зачета при отличной посещаемости, активном участии в дискуссиях в ходе лекции и демонстрации глубокого понимания широкого круга вопросов, связанных с применением информационных технологий в физическом эксперименте, во время презентации доклада.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля:

Текущий контроль: решение задач из задания для самостоятельного решения, защита студентами докладов по избранной теме.

Промежуточная аттестация: дифференциальный зачет.

Общая трудоемкость рабочей программы дисциплины составляет 2 зачетную единицу.

- занятия лекционного типа – 16 часов;
- практические занятия – 16 часов;
- самостоятельная работа в течение семестра, не включая период сессии – 38 часов;
- промежуточная аттестация (дифференцированный зачет) – 2 часа;

Объем контактной работы обучающегося с преподавателем (занятия лекционного типа, практические занятия, дифференцированный зачет) составляет 34 часов.

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

Дисциплина «Выдающиеся эксперименты в ФВЭ» представляет собой полугодовой курс, читаемый на 4-м курсе физического факультета НГУ в весеннем семестре. Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетную единицу, 72 часа.

№ п/п	Раздел дисциплины	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Промежуточная аттестация (в часах)
			Всего	Аудиторные часы		Сам. работа в течение семестра (не включая период сессии)	
				Лекции (кол-во часов)	Практические занятия (кол-во часов)		
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Введение (ст. модель. и др)	1-2	8	2		4	
2	Детекторные технологии	3-4	8	2		4	
3	Эксперименты по физике элементарных частиц: Открытие J/ψ-частицы, Открытие Υ-частицы, Открытие τ-лептона, Открытие нейтральных токов слабого взаимодействия,	5-8	16	4	12	8	

	Открытие промежуточных W и Z бозонов, Открытие Хиггсовского бозона						
4	Физика протон –протонных (антипротонных) столкновений	9-10	8	2		4	
5	Электрон-протонные столкновения	11-12	8	2		4	
6	Открытие несохранения CP-четности в распадах K-мезонов. Несохранение CP-четности в распадах B-мезонов. Электрический дипольный момент нейтрона. Измерение аномального магнитного момента мюона. Поиски двойного безнейтринного β -распада.	13-14	8	2	2	4	
7	Дополнительные главы	15-16	8	2	2	4	
8	Самостоятельная подготовка обучающегося к зачету	17	6				6
9	Дифференцированный зачет	17	2				2
	Итого по курсу:		72	16	16	32	8

Программа курса лекций

1. Введение (ст. модель. и др) (2 часа).
2. Детекторные технологии (2 часа)
3. Эксперименты по физике элементарных частиц (4 часа). Открытие J/ ψ -частицы, Открытие Y-частицы, Открытие τ -лептона, Открытие нейтральных токов слабого взаимодействия, Открытие промежуточных W и Z бозонов, Открытие Хиггсовского бозона
4. Физика протон –протонных (антипротонных) столкновений (2 часа).
5. Электрон-протонные столкновения (2 часа).
6. Открытие несохранения CP-четности в распадах K-мезонов (2 часа). Несохранение CP-четности в распадах B-мезонов. Электрический дипольный момент нейтрона. Измерение аномального магнитного момента мюона. Поиски двойного безнейтринного β -распада.
7. Дополнительные главы (2 часа).

Программа практических занятий

1. Эксперименты по физике элементарных частиц (12 часов):
Открытие J/ ψ -частицы, Открытие Y-частицы, Открытие τ -лептона, Открытие нейтральных токов слабого взаимодействия, Открытие промежуточных W и Z бозонов, Открытие хиггсовского бозона, Обнаружение t-кварка, Масса нейтрино, Измерение числа поколений нейтрино, Наблюдение осцилляций нейтрино, Открытие несохранения CP-четности в распадах K-мезонов, Несохранение CP-четности в распадах B-мезонов, Электрический дипольный момент нейтрона, Измерение аномального магнитного момента

- мюона, Поиски двойного безнейтринного β -распада, Экспериментальные свидетельства существования глюонов, Поиск распада протона и модели Великого Объединения,
2. Экспериментальные исследования, выполненные в ИЯФ СО РАН: наблюдение двойного тормозного излучения на накопителе ВЭПП-2, обнаружение ρ -мезонного резонанса в e^+e^- аннигиляции на ВЭПП-2, прецизионное измерение масс частиц с помощью метода резонансной деполяризации пучков, обнаружение электрических дипольных распадов ϕ -мезона на ВЭПП-2М, наблюдение эффекта «расщепления» фотона в поле ядра на ВЭПП-4 (2 часа).
 3. Астрофизические исследования (2 часа):
Космические лучи сверхвысоких энергий,
Проблема солнечных нейтрино,
Проблема атмосферных нейтрино,
Проблема скрытой массы во Вселенной,
Измерение параметров реликтового теплового излучения.

Самостоятельная работа студентов (38 часов)

Перечень занятий на СРС	Объем, час
Разбор материала лекций	30
Решение задач	8

5. Перечень учебной литературы.

5.1. Основная литература

1. Цитович, Александр Павлович (физик). Экспериментальные методы ядерной физики: [Учебное пособие для физ. и инж.- физ. фак. вузов] / Под ред. М.С. Козодаева. [Ч.]2. Ядерная радиоэлектроника/ А.П. Цитович. М. : Наука, 1967. 535 с. : ил.

5.2. Дополнительная литература

1. Перкинс, Дональд. Введение в физику высоких энергий / Пер.с англ.А.В.Беркова ; Под ред.Б.А.Долгошеина. М. : Энергоатомиздат, 1991. 427 с. : ил. ISBN 5283024679

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.

1. Barnes V.E. et al. Phys.Rev.Lett. **12**(1964) 204.
2. Shafer R.E. et al. Phys.Rev.Lett. **14**(1965) 923.
3. Aubert J.J. et al. Phys.Rev.Lett. **33**(1974) 1404, Augustin J.-E. et al. Phys.Rev.Lett. **33**(1974) 1406, Abrams G.S. et al. Phys.Rev.Lett. **33**(1974) 1453,
4. Захаров В.И., Иоффе Б.Л., Окунь Л.Б. УФН **117**(1975) 227. Рихтер Б. УФН **125**(1978) 201. Тинг С. УФН **125**(1978) 227.
5. Азимов Я.И., Докшицер Ю.Л., Хозе В.А. УФН **132**(1980) 443.
6. Ледерман Л. УФН **128**(1979) 693, Блум Э.Д., Фелдман Г.Дж. УФН **139**(1983) 529,
7. Волошин М.Б., Зайцев Ю.М. УФН **152**(1987) 361.

8. Хозе В.А., Шифман М.А. УФН **140**(1983) 3, Шифман М.А. УФН **151**(1987) 193, Голутвин А.И., Данилов М.В., Зайцев Ю.М. УФН **157**(1987) 369.
9. Джорджи Х. УФН **136**(1982) 287, Вайнберг С. УФН **137**(1982) 151.
10. Балакин В.Е., кандидатская диссертация, библиотека ИЯФ.
11. Перл М. УФН **129**(1979) 671, Азимов Я.И., Хозе В.А. УФН **132**(1980) 379.
12. Шатунов Ю.М., Скринский А.Н. Particle World **1**(1990) 35.
13. Pound R.V., Rebka G.A. Phys.Rev.Lett. **4**(1960) 337, Pound R.V., Sneider J.L. Phys.Rev. **140**(1965) B788.
14. Bailey J. et al. Phys.Lett. **B55**(1975) 420, Bailey J. et al. Phys.Lett. **B67**(1977) 225, Филд Дж., Пикассо Э., Комбли Ф. УФН **127**(1979) 553, Combley F. et al. Phys.Reports. **68**(1981) 93.
15. Van Dyck R.S. et al. Phys.Rev. Lett.**38**(1977) 310.
16. Miller P.D. et al. Phys.Rev.Lett. **19**(1967) 381.
17. Несохранение четности в бета-распаде. Сборник: Новые свойства симметрии элементарных частиц. М.: Иностранная литература, 1957.

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

Для освоения дисциплины используются следующие ресурсы:

- электронная информационно-образовательная среда НГУ (ЭИОС);
- образовательные интернет-порталы;
- информационно-телекоммуникационная сеть Интернет.

Интернет-ресурсы:

1. Веб-страница кафедры физики элементарных частиц <https://hepdep.inp.nsk.su/>

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Для обеспечения реализации дисциплины используется стандартный комплект программного обеспечения (ПО), включающий регулярно обновляемое лицензионное ПО Windows.

Использование специализированного программного обеспечения для изучения дисциплины не требуется.

9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для реализации дисциплины используются специальные помещения:

1. Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, практических занятий, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля, промежуточной и итоговой аттестации.
2. Помещения для самостоятельной работы обучающихся.

Учебные аудитории укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду НГУ.

Для проведения занятий лекционного типа предлагаются следующие наборы демонстрационного оборудования и учебно-наглядных пособий:

- комплект лекций-презентаций по темам дисциплины.

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине для обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется согласно «Порядку организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в Новосибирском государственном университете».

10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.

10.1 Порядок проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине

Текущий контроль

Текущий контроль осуществляется в ходе семестра защитой студентами докладов по выбранной теме.

Промежуточная аттестация

Освоение компетенций оценивается согласно шкале оценки уровня сформированности компетенции. Положительная оценка по дисциплине выставляется в том случае, если заявленная компетенция ПК-1 сформирована не ниже порогового уровня.

Окончательная оценка работы студента в течение семестра происходит на дифференцированном зачете. Вопросы к зачету подбираются таким образом, чтобы проверить уровень сформированности компетенции ПК-1.

Вывод об уровне сформированности компетенций принимается преподавателем. Ответ на вопрос на зачете оценивается от 0 до 5 баллов. Положительная оценка ставится, когда все компетенции освоены не ниже порогового уровня. Оценки «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» означают успешное прохождение промежуточной аттестации.

Соответствие индикаторов и результатов освоения дисциплины

Таблица 10.1

Индикатор	Результат обучения по дисциплине	Оценочные средства
<p>ПК 1.1 Применяет специализированные знания в области физики при воспроизведении учебного материала с требуемой степенью научной точности и полноты.</p>	<p>Знать фундаментальные составляющие современной физики элементарных частиц и источники знаний о них; знать основные методики и постановки экспериментов в области физики элементарных частиц.</p>	<p>Проведение контрольных работ, дифференцированный зачет.</p>
<p>ПК 1.2 Использует специализированные знания при проведении научных изысканий в избранной области</p>	<p>Уметь проводить оценки различных параметров, важных при проектировании и проведении экспериментов в области физики элементарных частиц; уметь проектировать эксперименты в области физики элементарных частиц. Владеть методами работы с научными публикациями в области физики элементарных частиц; владеть основными методиками анализа данных и оценки ошибки в экспериментах в области физики элементарных частиц.</p>	<p>Проведение контрольных работ, дифференцированный зачет.</p>

10.2 Описание критериев и шкал оценивания индикаторов достижения результатов обучения по дисциплине «Выдающиеся эксперименты в ФВЭ».

Таблица 10.2

Критерии оценивания результата в обучения	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Уровень освоения компетенции			
		Не сформирован (0 баллов)	Пороговый уровень (3 балла)	Базовый уровень (4 балла)	Продвинутый уровень (5 баллов)
1	2	3	4	5	6
Полнота знаний	ПК 1.1	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имеют место грубые ошибки.	Демонстрирует общие знания базовых понятий по темам/разделам дисциплины. Допускается значительное количество негрубых ошибок.	Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины. Допускается несколько негрубых/ не существенных ошибок. Не отвечает на дополнительные вопросы.	Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины. Свободно и аргументированно отвечает на дополнительные вопросы.
Наличие умений	ПК 1.2	Отсутствие минимальных умений. Не умеет решать стандартные задачи. Имеют место грубые ошибки.	Продемонстрированы частично основные умения. Решены типовые задачи. Допущены негрубые ошибки.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задания с негрубыми ошибками или с недочетами.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задания в полном объеме без недочетов и ошибок.

10.3 Типовые контрольные задания и материалы, необходимые для оценки результатов обучения

Примеры тем докладов студентов:

Дополнительные размерности
Суперсимметрия
Ограничения на массу Хиггсовского бозона из прецизионных экспериментов
Прямые поиски Хиггсовского бозона
Кварк-глюонная плазма (плавление J/ψ)
Поиск темной материи
Распад протона (теоретические оценки, эксперименты по поиску)
Гравитационные волны
Мюонные коллайдеры
Осцилляции нейтрино (эксперимент Superkamiokando)
Осцилляции нейтрино (эксперимент SNO)

Билеты к дифференцированному зачету:

1. Эксперименты по физике элементарных частиц:
2. Открытие J/ψ -частицы,
3. Открытие Y -частицы,
4. Открытие τ -лептона,
5. Открытие нейтральных токов слабого взаимодействия,
6. Открытие промежуточных W и Z бозонов,
7. Обнаружение t -кварка,
8. Масса нейтрино,
9. Измерение числа поколений нейтрино,
10. Наблюдение осцилляций нейтрино,
11. Открытие несохранения CP -четности в распадах K -мезонов,
12. Несохранение CP -четности в распадах B -мезонов,
13. Электрический дипольный момент нейтрона,
14. Измерение аномального магнитного момента мюона,
15. Открытие хиггсовского бозона,
16. Поиски двойного безнейтринного β -распада,
17. Экспериментальные свидетельства существования глюонов,
18. Поиск распада протона и модели Великого Объединения,
19. Экспериментальные исследования, выполненные в ИЯФ СО РАН: наблюдение двойного тормозного излучения на накопителе ВЭПП-2, обнаружение ρ -мезонного резонанса в e^+e^- -аннигиляции на ВЭПП-2, прецизионное измерение масс частиц с помощью метода резонансной деполаризации пучков, обнаружение электрических дипольных распадов ϕ -мезона на ВЭПП-2М, наблюдение эффекта «расщепления» фотона в поле ядра на ВЭПП-4.
20. Астрофизические исследования:
21. Космические лучи сверхвысоких энергий,
22. Проблема солнечных нейтрино,
23. Проблема атмосферных нейтрино,
24. Проблема скрытой массы во Вселенной,
25. Измерение параметров реликтового теплового излучения,

Форма билета для проведения дифференцированного зачета представлена на рисунке

<p><i>МИНОБРНАУКИ РОССИИ</i></p> <p><i>Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет» (Новосибирский государственный университет, НГУ)</i></p> <p><i>Физический факультет</i></p>
<p style="text-align: center;">БИЛЕТ № _____</p> <p>1.</p> <p>Составитель _____ /Ф.И.О. преподавателя/ (подпись)</p> <p>« ____ » _____ 20 г.</p>

Оценочные материалы по промежуточной аттестации, предназначенные для проверки соответствия уровня подготовки по дисциплине требованиям СУОС, хранятся на кафедре-разработчике РПД в печатном и электронном виде.

**Лист актуализации рабочей программы
по дисциплине «Выдающиеся эксперименты в ФВЭ»**

по направлению подготовки 03.03.02 Физика

Профиль «Общая и фундаментальная физика»

№	Характеристика внесенных изменений (с указанием пунктов документа)	Дата и № протокола Учёного совета ФФ НГУ	Подпись ответственного