

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»

Кафедра электрофизических установок и ускорителей

“УТВЕРЖДАЮ”
ДЕКАН ФТФ

к.ф-м.н. Корель И. И.

“ ____ ” _____ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Экспериментальные методы ядерной физики

Образовательная программа: 03.04.02 Физика, магистерская программа: Экспериментальная физика

Курс: 1, семестры : 1 2

Физико-технический факультет,

		Семестр	
№	Вид деятельности	1	2
1	Всего зачетных единиц (кредитов)	3	2
2	Всего часов	108	72
3	Всего занятий в контактной форме, час.	58	40
4	Лекции, час.	18	18
5	Практические занятия, час.	36	18
6	Лабораторные занятия, час.	0	0
7	из них в активной и интерактивной форме, час.	18	18
8	Аттестация, час.	2	2
9	Консультации, час.		
10	Самостоятельная работа, час.	50	32
11	Виды самостоятельной работы (курсовой проект, курсовая работа, РГЗ, подготовка к контрольной работе)	контр.	контр.
12	Вид аттестации	Э	Э

Рабочая программа составлена на основании федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению (специальности): 03.04.02 Физика

ФГОС введен в действие приказом №913 от 28.08.2015 г. , дата утверждения: 23.09.2015 г.

Место дисциплины в структуре учебного плана: Блок 1, базовая

Рабочая программа разработана на основе компетентностной модели выпускника по направлению (специальности): 03.04.02 Физика

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры

ЭФУиУ, протокол заседания кафедры №4 от 20.06.2017

Утверждена на совете физико-технического факультета, протокол № 3 от 21.06.2017

Программу разработал:

доцент, к.ф-м.н. Барняков А. Ю.

Заведующий кафедрой:

с.н.с., д.ф-м.н. Бурдаков А. В.

Ответственный за образовательную программу:

заведующий кафедрой Бурдаков А. В.

1. Внешние требования

Таблица 1.1

Компетенция ФГОС: ОПК.5 способность использовать свободное владение профессионально-профилированными знаниями в области компьютерных технологий для решения задач профессиональной деятельности, в том числе находящихся за пределами направленности (профиля) подготовки; в части следующих результатов обучения:
у1. уметь использовать современные методы обработки и интерпретации физической информации при проведении научных и производственных физических исследований
Компетенция ФГОС: ОПК.6 способность использовать знания современных проблем и новейших достижений физики в научно-исследовательской работе; в части следующих результатов обучения:
з3. понимать современные проблемы физики и использовать фундаментальные физические представления в сфере профессиональной деятельности
у4. иметь навыки практического использования методов физики для решения практических задач
Компетенция ФГОС: ОПК.7 способность демонстрировать знания в области философских вопросов естествознания, истории и методологии физики; в части следующих результатов обучения:
з3. знать историю и методологию физических наук, расширяющие общепрофессиональную, фундаментальную подготовку

2. Требования НГТУ к результатам освоения дисциплины

Таблица 2.1

Результаты изучения дисциплины по уровням освоения (иметь представление, знать, уметь, владеть)	Формы организации занятий
<i>Экспериментальные методы ядерной физики</i>	
ОПК.5.у1 уметь использовать современные методы обработки и интерпретации физической информации при проведении научных и производственных физических исследований	
1. Многократное рассеяние. Радиационные единицы. Формула Росси. Теория Мольера. Среднеквадратичный угол. Поперечное смещение.	Лекции; Самостоятельная работа
2. Угловое распределение электронов при фотоэффекте, эффекте Комптона, рождении пар.	Лекции; Самостоятельная работа
3. Эффект Комптона, расчёт энергии рассеянного фотона.	Лекции; Самостоятельная работа
4. Черенковские счётчики. Расчёт числа фотоэлектронов. Оценка допороговой эффективности.	Лекции; Самостоятельная работа
5. Сцинтилляционные счётчики. Расчёт амплитудного и временного разрешения. Схемы питания ФЭУ.	Лекции; Самостоятельная работа
6. Принцип работы дрейфовых камер.	Лекции; Самостоятельная работа
ОПК.6.з3 понимать современные проблемы физики и использовать фундаментальные физические представления в сфере профессиональной деятельности	
7. Метод максимального правдоподобия. Расчёт наилучшего значения из эксперимента. Расчёт ошибки. Планирование эксперимента - расчёт необходимой статистики.	Лекции; Самостоятельная работа
8. Расчёт эквивалентной энергии и светимости на встречных пучках.	Лекции; Самостоятельная работа
ОПК.6.у4 иметь навыки практического использования методов физики для решения практических задач	
9. Рассчитывать число дельта-электронов.	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
10. Рассчитывать флуктуации ионизационных потерь.	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
11. Рассчитывать ионизационные потери, эффект плотности.	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа

12.Рассчитывать вероятность поглощения гамма-кванта за счёт фотоэффекта, эффекта Комптона, рождения пар.	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
13.Рассчитывать пробег частиц и флуктуации пробега	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
14.Оценивать продольные и поперечные размеры электромагнитного ливня.	Лекции; Самостоятельная работа
15.Рассчитывать ядерный пробег адронов, рассчитывать пробег нейтрино.	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
16.Рассчитывать ток в ионизационной камере.	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
17.Рассчитывать электронную и ионную составляющие тока в импульсной ионизационной камере.	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
18.Рассчитывать амплитудное разрешение в пропорциональном счётчике. Оценивать формы импульса тока.	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
19.Рассчитывать эффективность искровой камеры.	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
20.Рассчитывать амплитудное разрешение в полупроводниковом счётчике.	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
21.Рассчитывать точность измерения импульса в магнитном спектрометре.	Лекции; Самостоятельная работа
22.Оценивать точность измерения энергии фотона в магнитном парном спектрометре.	Лекции; Самостоятельная работа
23.Оценивать точность измерения энергии в счётчиках полного поглощения.	Лекции; Самостоятельная работа
24.Рассчитывать поправки на мёртвое время прибора.	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
25.Рассчитывать ошибки в случае биномиального распределения.	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
ОПК.7.з3 знать историю и методологию физических наук, расширяющие общепрофессиональную, фундаментальную подготовку	
26.Принцип работы ядерной фотоэмульсии, камеры Вильсона, пузырьковой камеры.	Лекции; Самостоятельная работа
27.Как подойти к планированию эксперимента, изготовлению и наладке приборов и оборудования, проведению эксперимента, обработке экспериментальных данных, сравнению эксперимента с теорией.	Лекции; Самостоятельная работа

3. Содержание и структура учебной дисциплины

Таблица 3.1

Темы лекций	Активные формы, час.	Часы	Ссылки на результаты обучения	Учебная деятельность
Семестр: 1				
Дидактическая единица: Прохождение частиц через вещество				
1. Прохождение тяжёлых частиц через вещество. Ионизационные потери. Вывод формулы Бете-Блоха. Эффект плотности. Область малых скоростей. Кривая Брэгга.	2	2	11	
2. Дельта-электроны. Вывод формулы. Область малых энергий дельта-электронов. Максимальная энергия дельта-электронов, вывод формулы. Первичная и полная ионизация.	2	2	9	

3. Флюктуации ионизационных потерь. Флюктуации Гаусса. Флюктуации Ландау. Флюктуации для тонких слоев вещества.	2	2	10	
4. Ионизационный пробег. Связь пробег-энергия. Разброс пробегов. Проекционный пробег. Экстраполированный пробег.	1	1	13	
5. Многократное рассеяние: п1. Среднеквадратичный угол. Вывод формулы Росси. Радиационная единица. п2. Предел применимости формулы Росси. Вывод. Задачи. п3. Теория Мольера. Основные результаты. Среднеквадратичный угол. Задачи. п4. Функции распределения по углу. п5. Поперечное смещение.	1	1	1	
6. Прохождение электронов. Особенности ионизационных потерь, флюктуации ионизационных потерь, многократного рассеяния, пробега. Тормозное излучение. Теория Бете-Гайтлера: п1. Спектр излучения. Число излученных фотонов в заданный интервал энергии. п2. Потери энергии на излучение. Критическая энергия. Радиационная единица п3. Среднеквадратичный угол фотонов. п4. Флюктуации тормозных потерь.	1	1	10, 11, 13	

7. Прохождение фотонов. Особенности прохождения нейтральных частиц. Коэффициент поглощения. Фотоэффект, Зависимость сечения от энергии фотонов, заряда ядра. Угловое распределение электронов. Эффект Комптона. Сечение Клайна-Нишины-Тамма. Сечение Томсона. Угловое и энергетическое распределение фотонов и электронов. Рождение пар. Порог реакции, вывод общей формулы. Коэффициент поглощения. Радиационная единица. Распределение электронов по энергии. Распределение по углу. Суммарный коэффициент поглощения.	1	1	12, 2, 3	
8. Электромагнитные ливни. Качественная картина. Теория. Постановка задачи. Проблемы. Продольное развитие ливня. Поперечные размеры ливня. Легкие и тяжелые материалы. Экспериментальные методы изучения ливня. Метод Монте-Карло. Работа Вильсона. Использование ЭВМ. Современные программы на компьютерах. Данные для $E=1$ ГэВ в свинце.	1	1	14	
9. Прохождение адронов через вещество. Сильное, электромагнитное, слабое, гравитационное взаимодействия. Порядок сечений. Пример: солнечное нейтрино. Адроны. Протоны, зависимость сечения от энергии. Сравнение с ионизационным пробегом. Сечение взаимодействия пионов с протонами. Ядерный пробег. Основные свойства нейтронов. Основные реакции - радиационный захват, образование заряженных частиц, деление, неупругое рассеяние, упругое рассеяние.	1	1	15	
Дидактическая единица: Методы регистрации частиц				

10. Сцинтилляционные счётчики. Принцип работы. Сцинтилляторы. Время высвечивания. Конверсионная эффективность, альфа-бета отношение. Неорганические, органические, газовые. Таблица основных сцинтилляторов.	1	1	5	
11. Фотоумножители: п.1 Фотокатоды п.2 Диноды п.3 Шумы п.4 Современные ФЭУ	1	1	5	
12. Амплитудное разрешение: п.1 Флюктуации для случая "да-нет" п.2 Флюктуации суммы процессов. п.3 Флюктуации каскадного процесса п.4 Флюктуации коэффициента усиления ФЭУ. п.5 Идеальная сцинтилляционная линия. п.6 Собственное разрешение ФЭУ. п.7 Форма импульса напряжения на выходе ФЭУ. Выбор постоянной интегрирования.	1	1	5	
13. Временное разрешение сцинтилляционного счётчика: п.1 Конечное время высвечивания сцинтиллятора. Конверсионная эффективность. Эффективность схемы совпадений. п.2 Конечное время сбора света на фото катод. п.3 Флюктуации времени пролёта электронов через ФЭУ. Джиттер. п.4 Анодная камера ФЭУ. Возбуждение контуров. ФЭУ с коаксиальным выводом. п.5 Дискриминаторы с привязкой к уровню. п.6 Времяпролётная техника на встречных пучках	1	1	5	

14. Черенковские счётчики. Свойства черенковского излучения. Спектр излучения. Зависимость от показателя преломления и скорости. Поляризация. Пороговые счётчики. Радиаторы - жидкости, твёрдые тела, газы, аэрогель. Допороговая эффективность. Счётчики с фокусировкой. Счётчики с малым телесным углом, с большим телесным углом. Счётчик Фитча. Счетчик Чемберлена. Счётчики типа РИЧ, типа ДИРК.	1	1	4	
15. Ионизационные камеры. Пропорциональные камеры. Счетчики Гейгера. Общий принцип работы. Подвижность. Рекомбинация. Интегрирующие ионизационные камеры. Токи утечки, охранные кольца. Токи в дозиметрах. Импульсные ионизационные камеры. Теорема Рамо-Шоклея, вывод формулы. Камеры с сеткой Фриша.	1	1	16, 17	
Семестр: 2				
Дидактическая единица: Методы регистрации частиц				
16. Пропорциональные счётчики: п.1 Коэффициент газового усиления. п.2 Форма импульса тока. п.3 Амплитудное разрешение. Многопроволочные пропорциональные камеры: п.1 Натяжение анодных и катодных проволочек. п.2 Пространственное разрешение. Пропорциональные камеры со съёмом сигнала с катода. Временной и амплитудный методы. Пространственное разрешение.	2	2	18	
17. Дрейфовые камеры: п.1 Принцип работы. Проблема лево-право. п.2 Большие ячейки. п.3 Малые ячейки. п.4 Холодный и горячий газы. Пространственное разрешение. Время-проекционные камеры. Счётчики Гейгера.	2	2	6	

18. Искровые камеры. Принцип работы. Эффективность. Разрешающее время и методы его изменения. Мёртвое время. Картина искрового пробоя. Три стадии развития пробоя. Оптические камеры. Проволочные камеры. Пространственное разрешение искровых камер. Стримерная камера. Искровые счётчики. Временное разрешение. Мёртвое время. Искровые счётчики с локализованным разрядом (счётчики Пестова): п.1 Идея метода. Достигнутое временное разрешение, п.2 Камеры большой площади.	2	2	19	
19. Полупроводниковые счётчики. Основные свойства полупроводников. Зонная теория. Удельное сопротивление, подвижность для германия и кремния. Принцип работы полупроводникового детектора. Темновой ток. Кристаллы с р-п переходами. Толщины обеднённой зоны. Амплитудное разрешение. Временное разрешение. Пространственное разрешение. Микростриповые детекторы. Пиксельные детекторы. Электроника. Разработка дрейфовых камер.	2	2	20	
20. Принцип работы ядерной фотоэмульсии, камеры Вильсона, пузырьковой камеры. Ядерная фотоэмульсия. Камера Вильсона. Пузырьковая камера.	2	2	26	
21. Методы измерения энергии частиц. Измерение по пробегу. Магнитные спектрометры. Парные спектрометры. Счётчики полного поглощения. Оценка точности измерения энергии. Сэндвичи. Гомогенные радиаторы - черенковские, жидкие инертные газы, сцинтилляционные кристаллы. Энергетическое разрешение. Пространственное разрешение.	2	2	21, 22, 23	
Дидактическая единица: Методические особенности регистрации частиц				

22. Статистика регистрации ядерных частиц. Распределение интервалов времени между событиями. Вывод. Дисперсия. Закон Пуассона. Вывод. Условия применимости закона Пуассона. Дисперсия для закона Пуассона. Вывод. Закон Гаусса. Достоверность экспериментального результата.	2	2	7	
23. Просчёты. Мёртвое время продлевающего и непродлевающего вида. Способы измерения мёртвого времени. Использование пересчётных схем для уменьшения просчётов. Относительная дисперсия. Случайные совпадения в схемах совпадений и антисовпадений. Измерение разрешающего времени. Измерение случайных совпадений в экспериментах на встречных пучках.	1	1	24	
24. Метод максимального правдоподобия: п.1 Обработка эксперимента. Теорема Крамера. п.2 Ошибка измеренной величины. 1-я магическая формула. п.3 Закон Пуассона. Дисперсия. п.4 Метод наименьших квадратов. п.5 Планирование эксперимента. 2-я магическая формула. Биномиальное распределение. Вывод дисперсии.	1	1	25, 7	
25. Сравнение эксперимента с теорией. Метод хи-квадрат Пирсона: п.1 Функция распределений. Условие применимости. п.2 Сравнение нескольких гипотез. п.3 Учёт фона в эксперименте. п.4 Расчёт в условиях малого числа событий.	1	1	27, 7	

26. Эксперименты на встречных пучках. Эквивалентная энергия. Вывод формулы. Светимость. Вывод формулы. Эффекты встречи. Малая бета-функция. Фабрики. Детекторы. Сверхвысокие энергии. Адронные коллайдеры. Линейные коллайдеры. Мюонные коллайдеры. Основные результаты экспериментов.	1	1	8	
--	---	---	---	--

Таблица 3.2

Темы практических занятий	Активные формы, час.	Часы	Ссылки на результаты обучения	Учебная деятельность
Семестр: 1				
Дидактическая единица: Прохождение частиц через вещество				
1. Решение задач по расчёту ионизационных потерь.	0	4	11	
2. Решение задач по расчёту числа дельта-электронов.	0	4	9	
3. Решение задач по расчёту флуктуаций ионизационных потерь.	0	4	10	
4. Решение задач по расчёту пробега частиц.	0	4	13	
5. Решение задач по расчёту вероятности поглощения гамма-квантов.	0	4	12	
6. Решение задач по расчёту пробега адронов.	0	4	15	
Дидактическая единица: Методы регистрации частиц				
7. Решение задач о сцинтилляционных счётчиках, черенковских счётчиках и ионизационных камерах.	0	12	16, 17	
Семестр: 2				
Дидактическая единица: Методы регистрации частиц				
8. Решение задач о пропорциональных счётчиках, искровых камерах и полупроводниковых счётчиках..	0	9	18, 19, 20	
Дидактическая единица: Методические особенности регистрации частиц				
9. Решение задач по статистике регистрации частиц.	0	9	24, 25	

4. Самостоятельная работа обучающегося

№	Виды самостоятельной работы	Ссылки на результаты обучения	Часы на выполнение	Часы на консультации
Семестр: 1				

[illegible]

2	Подготовка к занятиям	26, 7, 8	10	0
: Мухин, К.Н. Экспериментальная ядерная физика. В 3-х тт. Т. 3. Физика элементарных частиц. [Электронный ресурс] : учеб. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2008. — 432 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/280 — Загл. с экрана. Мухин, К.Н. Экспериментальная ядерная физика. В 3-х тт. Т. 1. Физика атомного ядра. [Электронный ресурс] : учеб. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2009. — 384 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/277 — Загл. с экрана. Мухин, К.Н. Экспериментальная ядерная физика. В 3-х тт. Т. 2. Физика ядерных реакций. [Электронный ресурс] : учеб. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2009. — 326 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/279 — Загл. с экрана.				
3	Дополнительная учебная деятельность	26, 7, 8	2	0
: Мухин, К.Н. Экспериментальная ядерная физика. В 3-х тт. Т. 3. Физика элементарных частиц. [Электронный ресурс] : учеб. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2008. — 432 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/280 — Загл. с экрана. Мухин, К.Н. Экспериментальная ядерная физика. В 3-х тт. Т. 1. Физика атомного ядра. [Электронный ресурс] : учеб. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2009. — 384 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/277 — Загл. с экрана. Мухин, К.Н. Экспериментальная ядерная физика. В 3-х тт. Т. 2. Физика ядерных реакций. [Электронный ресурс] : учеб. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2009. — 326 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/279 — Загл. с экрана.				
4	Подготовка к аттестации	1, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 2, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	16	4
: Мухин, К.Н. Экспериментальная ядерная физика. В 3-х тт. Т. 3. Физика элементарных частиц. [Электронный ресурс] : учеб. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2008. — 432 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/280 — Загл. с экрана. Мухин, К.Н. Экспериментальная ядерная физика. В 3-х тт. Т. 1. Физика атомного ядра. [Электронный ресурс] : учеб. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2009. — 384 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/277 — Загл. с экрана. Мухин, К.Н. Экспериментальная ядерная физика. В 3-х тт. Т. 2. Физика ядерных реакций. [Электронный ресурс] : учеб. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2009. — 326 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/279 — Загл. с экрана.				

5. Технология обучения

Для организации и контроля самостоятельной работы обучающихся, а также проведения консультаций применяются информационно-коммуникационные технологии (табл. 5.1).

Таблица 5.1

Деятельность	Информационно-коммуникационные технологии
Информирование	Портал НГТУ
Консультирование	Портал НГТУ
Контроль	Портал НГТУ
Размещение учебных материалов	Портал НГТУ

6. Правила аттестации обучающихся по учебной дисциплине

Для аттестации обучающихся по дисциплине используется балльно-рейтинговая система (БРС), позволяющая выставять оценки по традиционной шкале и 15-уровневой ECTS. Краткая информация о БРС приведена в табл. 6.1.

Таблица 6.1

Оцениваемые виды деятельности обучающихся	Максимальный балл
Семестр: 1	
<i>Контрольные работы:</i>	60
<i>Экзамен:</i>	40
Контролирующие материалы - список вопросов	
Семестр: 2	
<i>Контрольные работы:</i>	60
<i>Экзамен:</i>	40
Контролирующие материалы - тесты	

В таблице 6.2 представлено соответствие форм контроля заявляемым требованиям к результатам освоения дисциплины.

Таблица 6.2

Коды компетенций ФГОС	Результаты обучения	Формы контроля	
		Контр. раб.	Экзамен
ОПК.5	у1. уметь использовать современные методы обработки и интерпретации физической информации при проведении научных и производственных физических исследований		+
ОПК.6	з3. понимать современные проблемы физики и использовать фундаментальные физические представления в сфере профессиональной деятельности		+
	у4. иметь навыки практического использования методов физики для решения практических задач	+	+
ОПК.7	з3. знать историю и методологию физических наук, расширяющие общепрофессиональную, фундаментальную подготовку		+

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в приложении № 1 к рабочей программе.

7. Литература

Основная литература

1. Онучин А. П. Экспериментальные методы ядерной физики : [учебное пособие] / А. П. Онучин ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2010. - 219 с. : ил.
2. Абрамов А. И. Основы экспериментальных методов ядерной физики : учебное пособие для вузов / А. И. Абрамов, Ю. А. Казанский, Е. С. Матусевич. - М., 1985. - 484, [2] с. : ил., схемы

Дополнительная литература

1. Экспериментальная ядерная физика. Т. 2 : пер. с англ. / под ред. Э. Сегре. - М., 1955. - 493 с.
2. Дирнли Д. Полупроводниковые счетчики ядерных излучений : пер. с англ. / Дж. Дирнли, Д. Нортроп ; под ред. В. С. Вавилова. - М., 1966. - 359 с. : ил., табл.
3. Росси Б. Частицы больших энергий : пер. с англ. / под ред. С. З. Беленького. - М., 1955. - 634 с. : ил.

4. Экспериментальные методы ядерной физики. [Кн. 1] : учебное пособие для физ. и инженерно-физ. фак. вузов / под ред. М. С. Козодаева. - М., 1966. - 406, [1] с. : ил. - На обл. только авт. и загл. части.
5. Ритсон Д. Экспериментальные методы в физике высоких энергий / Д. Ритсон ; пер. с англ. В. П. Желепова. - М., 1964. - 588 с. : ил.
6. Группен . Детекторы элементарных частиц : [справочное издание] / Клаус Группен; под ред. Л. М. Курдадзе, С. И. Эйдельмана ; пер. с англ. Н. Ю. Эйдельмана, Ю. И. Эйдельмана. - Новосибирск, 1999. - 408 с. : ил.

Интернет-ресурсы

1. ЭБС НГТУ : <http://elibrary.nstu.ru/>
2. ЭБС «Издательство Лань» : <https://e.lanbook.com/>
3. ЭБС IPRbooks : <http://www.iprbookshop.ru/>
4. ЭБС "Znaniy.com" : <http://znaniy.com/>
5. :

8. Методическое и программное обеспечение

8.1 Методическое обеспечение

1. Мухин, К.Н. Экспериментальная ядерная физика. В 3-х тт. Т. 1. Физика атомного ядра. [Электронный ресурс] : учеб. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2009. — 384 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/277> — Загл. с экрана.
2. Мухин, К.Н. Экспериментальная ядерная физика. В 3-х тт. Т. 2. Физика ядерных реакций. [Электронный ресурс] : учеб. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2009. — 326 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/279> — Загл. с экрана.
3. Мухин, К.Н. Экспериментальная ядерная физика. В 3-х тт. Т. 3. Физика элементарных частиц. [Электронный ресурс] : учеб. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2008. — 432 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/280> — Загл. с экрана.

8.2 Специализированное программное обеспечение

- 1 Microsoft Office
- 2 Microsoft Windows

9. Материально-техническое обеспечение

Презентационное оборудование

№	Наименование	Назначение
1	Презентационное оборудование (мультимедиа-проектор, экран, компьютер для управления)	Для проведения лекционных занятий

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»

Кафедра электрофизических установок и ускорителей

“УТВЕРЖДАЮ”
ДЕКАН ФТФ
к.ф.-м.н., доцент И.И. Корель
“ ” _____ Г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Экспериментальные методы ядерной физики

Образовательная программа: 03.04.02 Физика, магистерская программа: Экспериментальная физика

1. Обобщенная структура фонда оценочных средств учебной дисциплины

Обобщенная структура фонда оценочных средств по дисциплине Экспериментальные методы ядерной физики приведена в Таблице.

Таблица

Формируемые компетенции	Показатели сформированности компетенций (знания, умения, навыки)	Темы	Этапы оценки компетенций	
			Мероприятия текущего контроля (курсовой проект, РГЗ(Р) и др.)	Промежуточная аттестация (экзамен, зачет)
ОПК.5 способность использовать свободное владение профессионально-профилированными знаниями в области компьютерных технологий для решения задач профессиональной деятельности, в том числе находящихся за пределами направленности (профиля) подготовки	у1. уметь использовать современные методы обработки и интерпретации физической информации при проведении научных и производственных физических исследований	Амплитудное разрешение: п.1 Флюктуации для случая "да-нет" п.2 Флюктуации суммы процессов. п.3 Флюктуации каскадного процесса п.4 Флюктуации коэффициента усиления ФЭУ. п.5 Идеальная сцинтилляционная линия. п.6 Собственное разрешение ФЭУ. п.7 Форма импульса напряжения на выходе ФЭУ. Выбор постоянной интегрирования. Временное разрешение сцинтилляционного счётчика: п.1 Конечное время высвечивания сцинтиллятора. Конверсионная эффективность. Эффективность схемы совпадений. п.2 Конечное время сбора света на фото катод. п.3 Флюктуации времени пролёта электронов через ФЭУ. Джиттер. п.4 Анодная камера ФЭУ. Возбуждение контуров. ФЭУ с коаксиальным выводом. п.5 Дискриминаторы с привязкой к уровню. п.6 Времяпролётная техника на встречных пучках Дрейфовые камеры: п.1 Принцип работы. Проблема лево-право. п.2 Большие ячейки. п.3 Малые ячейки. п.4 Холодный и горячий газы. Пространственное разрешение. Время-проекционные камеры. Счётчики Гейгера. Многократное рассеяние: п1. Среднеквадратичный угол. Вывод формулы Росси.	Контрольная работа.	Экзамен, вопросы: семестр 1: 13-18, 23-27. Семестр 2: 1-10.

		Радиационная единица. п2. Предел применимости формулы Росси. Вывод. Задачи. п3. Теория Мольера. Основные результаты. Среднеквадратичный угол. Задачи. п4. Функции распределения по углу. п5. Поперечное смещение. Прохождение фотонов. Особенности прохождения нейтральных частиц. Коэффициент поглощения. Фотоэффект, Зависимость сечения от энергии фотонов, заряда ядра. Угловое распределение электронов. Эффект Комптона. Сечение Клайна-Нишины-Тамма. Сечение Томсона. Угловое и энергетическое распределение фотонов и электронов. Рождение пар. Порог реакции, вывод общей формулы. Коэффициент поглощения. Радиационная единица. Распределение электронов по энергии. Распределение по углу. Суммарный коэффициент поглощения. Сцинтилляционные счётчики. Принцип работы. Сцинтилляторы. Время высвечивания. Конверсионная эффективность, альфа-бета отношение. Неорганические, органические, газовые. Таблица основных сцинтилляторов. Фотоумножители: п.1 Фотокатоды п.2 Диноды п.3 Шумы п.4 Современные ФЭУ. Черенковские счётчики. Свойства черенковского излучения. Спектр излучения. Зависимость от показателя преломления и скорости. Поляризация. Пороговые счётчики. Радиаторы - жидкости, твёрдые тела, газы, аэрогель. Допороговая эффективность. Счётчики с фокусировкой. Счётчики с малым телесным углом, с большим телесным углом. Счётчик Фитча. Счетчик Чемберлена. Счётчики типа РИЧ, типа ДИРК.		
--	--	---	--	--

ОПК.6 способность использовать знания современных проблем и новейших достижений физики в научно-исследовательской работе	з3. понимать современные проблемы физики и использовать фундаментальные физические представления в сфере профессиональной деятельности	Метод максимального правдоподобия: п.1 Обработка эксперимента. Теорема Крамера. п.2 Ошибка измеренной величины. 1-я магическая формула. п.3 Закон Пуассона. Дисперсия. п.4 Метод наименьших квадратов. п.5 Планирование эксперимента. 2-я магическая формула. Биномиальное распределение. Вывод дисперсии. Сравнение эксперимента с теорией. Метод хи-квадрат Пирсона: п.1 Функция распределений. Условие применимости. п.2 Сравнение нескольких гипотез. п.3 Учёт фона в эксперименте. п.4 Расчёт в условиях малого числа событий. Статистика регистрации ядерных частиц. Распределение интервалов времени между событиями. Вывод. Дисперсия. Закон Пуассона. Вывод. Условия применимости закона Пуассона. Дисперсия для закона Пуассона. Вывод. Закон Гаусса. Достоверность экспериментального результата. Эксперименты на встречных пучках. Эквивалентная энергия. Вывод формулы. Светимость. Вывод формулы. Эффекты встречи. Малая бета-функция. Фабрики. Детекторы. Сверхвысокие энергии. Адронные коллайдеры. Линейные коллайдеры. Мюонные коллайдеры. Основные результаты экспериментов.		Экзамен, вопросы: семестр 2: 1-10.
ОПК.6	у4. иметь навыки практического использования методов физики для решения практических задач	Дельта-электроны. Вывод формулы. Область малых энергий дельта-электронов. Максимальная энергия дельта-электронов, вывод формулы. Первичная и полная ионизация. Ионизационные камеры. Пропорциональные камеры. Счетчики Гейгера. Общий принцип работы.	Контрольная работа.	Экзамен, вопросы: семестр 1: 1-11, 19-31. Семестр 2: 1-10.

		Подвижность. Рекомбинация. Интегрирующие ионизационные камеры. Токи утечки, охранные кольца. Токи в дозиметрах. Импульсные ионизационные камеры. Теорема Рамо-Шоклея, вывод формулы. Камеры с сеткой Фриша. Ионизационный пробег. Связь пробег-энергия. Разброс пробегов. Проекционный пробег. Экстраполированный пробег. Искровые камеры. Принцип работы. Эффективность. Разрешающее время и методы его изменения. Мёртвое время. Картина искрового пробоя. Три стадии развития пробоя. Оптические камеры. Проволочные камеры. Пространственное разрешение искровых камер. Стримерная камера. Искровые счётчики. Временное разрешение. Мёртвое время. Искровые счётчики с локализованным разрядом (счётчики Пестова): п.1 Идея метода. Достигнутое временное разрешение, п.2 Камеры большой площади. Метод максимального правдоподобия: п.1 Обработка эксперимента. Теорема Крамера. п.2 Ошибка измеренной величины. 1-я магическая формула. п.3 Закон Пуассона. Дисперсия. п.4 Метод наименьших квадратов. п.5 Планирование эксперимента. 2-я магическая формула. Биномиальное распределение. Вывод дисперсии. Методы измерения энергии частиц. Измерение по пробегу. Магнитные спектрометры. Парные спектрометры. Счётчики полного поглощения. Оценка точности измерения энергии. Сэндвичи. Гомогенные радиаторы - черенковские, жидкие инертные газы, сцинтилляционные кристаллы. Энергетическое разрешение.		
--	--	--	--	--

		Пространственное разрешение. Полупроводниковые счётчики. Основные свойства полупроводников. Зонная теория. Удельное сопротивление, подвижность для германия и кремния. Принцип работы полупроводникового детектора. Темновой ток. Кристаллы с p-n переходами. Толщины обеднённой зоны. Амплитудное разрешение. Временное разрешение. Пространственное разрешение. Микростриповые детекторы. Пиксельные детекторы. Электроника. Разработка дрейфовых камер. Пропорциональные счётчики: п.1 Коэффициент газового усиления. п.2 Форма импульса тока. п.3 Амплитудное разрешение. Многопроволочные пропорциональные камеры: п.1 Натяжение анодных и катодных проволочек. п.2 Пространственное разрешение. Пропорциональные камеры со съёмом сигнала с катода. Временной и амплитудный методы. Пространственное разрешение. Просчёты. Мёртвое время продлевающего и непродлевающего вида. Способы измерения мёртвого времени. Использование пересчётных схем для уменьшения просчётов. Относительная дисперсия. Случайные совпадения в схемах совпадений и антисовпадений. Измерение разрешающего времени. Измерение случайных совпадений в экспериментах на встречных пучках. Прохождение адронов через вещество. Сильное, электромагнитное, слабое, гравитационное взаимодействия. Порядок сечений. Пример: солнечное нейтрино. Адроны. Протоны, зависимость сечения от энергии. Сравнение с ионизационным пробегом. Сечение взаимодействия		
--	--	--	--	--

		пионов с протонами. Ядерный пробег. Основные свойства нейтронов. Основные реакции - радиационный захват, образование заряженных частиц, деление, неупругое рассеяние, упругое рассеяние. Прохождение тяжёлых частиц через вещество. Ионизационные потери. Вывод формулы Бете-Блоха. Эффект плотности. Область малых скоростей. Кривая Брэгга. Прохождение фотонов. Особенности прохождения нейтральных частиц. Коэффициент поглощения. Фотоэффект, Зависимость сечения от энергии фотонов, заряда ядра. Угловое распределение электронов. Эффект Комптона. Сечение Клайна-Нишины-Тамма. Сечение Томсона. Угловое и энергетическое распределение фотонов и электронов. Рождение пар. Порог реакции, вывод общей формулы. Коэффициент поглощения. Радиационная единица. Распределение электронов по энергии. Распределение по углу. Суммарный коэффициент поглощения. Прохождение электронов. Особенности ионизационных потерь, флуктуации ионизационных потерь, многократного рассеяния, пробега. Тормозное излучение. Теория Бете-Гайтлера: п1. Спектр излучения. Число излученных фотонов в заданный интервал энергии. п2. Потери энергии на излучение. Критическая энергия. Радиационная единица п3. Среднеквадратичный угол фотонов. п4. Флуктуации тормозных потерь. Решение задач о пропорциональных счётчиках, искровых камерах и полупроводниковых счётчиках.. Решение задач о сцинтилляционных счётчиках, черенковских счётчиках и ионизационных камерах. Решение задач по расчёту вероятности поглощения		
--	--	--	--	--

		гамма-квантов. Решение задач по расчёту ионизационных потерь. Решение задач по расчёту пробега адронов. Решение задач по расчёту пробега частиц. Решение задач по расчёту флуктуаций ионизационных потерь. Решение задач по расчёту числа дельта-электронов. Решение задач по статистике регистрации частиц. Флуктуации ионизационных потерь. Флуктуации Гаусса. Флуктуации Ландау. Флуктуации для тонких слоев вещества. Электромагнитные ливни. Качественная картина. Теория. Постановка задачи. Проблемы. Продольное развитие ливня. Поперечные размеры ливня. Легкие и тяжёлые материалы. Экспериментальные методы изучения ливня. Метод Монте-Карло. Работа Вильсона. Использование ЭВМ. Современные программы на компьютерах. Данные для $E=1$ ГэВ в свинце.		
ОПК.7 способность демонстрировать знания в области философских вопросов естествознания, истории и методологии физики	з3. знать историю и методологию физических наук, расширяющие общепрофессиональную, фундаментальную подготовку	Принцип работы ядерной фотоэмульсии, камеры Вильсона, пузырьковой камеры. Ядерная фотоэмульсия. Камера Вильсона. Пузырьковая камера. Сравнение эксперимента с теорией. Метод хи-квадрат Пирсона: п.1 Функция распределений. Условие применимости. п.2 Сравнение нескольких гипотез. п.3 Учёт фона в эксперименте. п.4 Расчёт в условиях малого числа событий.		Экзамен, вопросы: семестр 2: 1-10.

2. Методика оценки этапов формирования компетенций в рамках дисциплины.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в 1 семестре - в форме экзамена, в 2 семестре - в форме экзамена, который направлен на оценку сформированности компетенций ОПК.5, ОПК.6, ОПК.7.

Экзамены 1 семестра проводится в устной форме по билетам, экзамен 2 семестра проводится в письменной форме по тестам. Варианты билетов и тестов составляются из вопросов, приведенных в паспортах экзаменов (1 и 2 семестры), позволяющих оценить показатели сформированности соответствующих компетенций. Кроме того, сформированность компетенций проверяется при проведении мероприятий текущего контроля, указанных в таблице раздела 1

В 1 семестре обязательным этапом текущей аттестации является контрольная работа. Требования к выполнению контрольной работы, состав и правила оценки сформулированы в паспорте контрольной работы.

В 2 семестре обязательным этапом текущей аттестации является контрольная работа. Требования к выполнению контрольной работы, состав и правила оценки сформулированы в паспорте контрольной работы.

Общие правила выставления оценки по дисциплине определяются балльно-рейтинговой системой, приведенной в рабочей программе учебной дисциплины.

На основании приведенных далее критериев можно сделать общий вывод о сформированности компетенций ОПК.5, ОПК.6, ОПК.7, за которые отвечает дисциплина, на разных уровнях.

Общая характеристика уровней освоения компетенций.

Ниже порогового. Уровень выполнения работ не отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, пробелы могут носить существенный характер, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы не достаточно, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнены или выполнены с существенными ошибками.

Пороговый. Уровень выполнения работ отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые виды заданий выполнены с ошибками.

Базовый. Уровень выполнения работ отвечает всем основным требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые из выполненных заданий, возможно, содержат ошибки.

Продвинутый. Уровень выполнения работ отвечает всем требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»
Кафедра электрофизических установок и ускорителей

Паспорт экзамена

по дисциплине «Экспериментальные методы ядерной физики», 1 семестр

1. Методика оценки

Экзамен проводится в устной форме, по билетам. Билет формируется по следующему правилу: первый вопрос выбирается из диапазона вопросов 1-12, второй вопрос из диапазона вопросов 13-31 (список вопросов приведен ниже). В билете также имеется задача. В ходе экзамена преподаватель вправе задавать студенту дополнительные вопросы из общего перечня (п. 4).

Форма экзаменационного билета

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
Факультет ФТФ

Билет № 1

к экзамену по дисциплине «Экспериментальные методы ядерной физики»

1. Ионизационные потери. Вывод формулы Бете-Блоха.
2. Многократное рассеяние. Формула Росси с коррекцией. Предел применимости..
3. Задача. Электрон с энергией 1ГэВ проходит 1мм свинца. Найти число тормозных γ -квантов в интервале энергий 10-20МэВ.

Утверждаю: зав. кафедрой ЭФУиУ _____ профессор, Бурдаков А.В.
(подпись)

(дата)

2. Критерии оценки

- Ответ на экзаменационный билет считается **неудовлетворительным**, если студент при ответе на вопросы не дает определений основных понятий, не способен показать причинно-следственные связи явлений, при решении задачи допускает принципиальные ошибки, оценка составляет *менее 10 баллов*.
- Ответ на экзаменационный билет засчитывается на **пороговом** уровне, если студент при ответе на вопросы дает определение основных понятий, может показать причинно-следственные связи явлений, при решении задачи допускает не принципиальные ошибки, например, вычислительные, оценка составляет *11-20 баллов*.
- Ответ на экзаменационный билет засчитывается на **базовом** уровне, если студент при ответе на вопросы формулирует основные понятия, законы, дает характеристику процессов, явлений, проводит анализ причин, условий, может представить качественные характеристики процессов, не допускает ошибок при решении задачи, оценка составляет

21-30 баллов.

- Ответ на экзаменационный билет засчитывается на **продвинутом** уровне, если студент при ответе на вопросы проводит сравнительный анализ подходов, проводит комплексный анализ, выявляет проблемы, предлагает механизмы решения, способен представить количественные характеристики определенных процессов, приводит конкретные примеры из практики, не допускает ошибок и способен обосновать выбор метода решения задачи, оценка составляет 31-40 баллов.

3. Шкала оценки

Экзамен считается сданным, если студент получает не менее 20 баллов (из 40 возможных).

Допуск к экзамену возможен только при условии посещения лекционных и практических занятий (не менее 75%), успешной сдачи контрольной работы (на оценку не ниже 31 баллов).

В общей оценке по дисциплине экзаменационные баллы учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

4. Вопросы к экзамену по дисциплине «Экспериментальные методы ядерной физики»

1. Ионизационные потери. Вывод формулы Бете-Блоха.
2. Ионизационные потери. Минимум ионизационных потерь
3. Ионизационные потери. Область малых скоростей.
4. Ионизационные потери. Эффект плотности.
5. Кривая Брэга.
6. Дельта-электроны. Определение и Формула Резерфорда.
7. Первичная и полная ионизация. Определение.
8. Флуктуации ионизационных потерь. Определение. Природа.
9. Флуктуации ионизационных потерь. Флуктуации Гаусса.
10. Флуктуации ионизационных потерь. Флуктуации Ландау.
11. Флуктуации ионизационных потерь. Флуктуации в сверхтонких слоях.
12. Пробег частиц. Флуктуации пробега.
13. Многократное рассеяние. Среднеквадратичный угол. Кулоновский логарифм.
14. Многократное рассеяние. Радиационная единица. Формула Росси.
15. Многократное рассеяние. Предел применимости формулы Росси.
16. Многократное рассеяние. Теория Мольера.
17. Многократное рассеяние. Формула Росси с коррекцией. Предел применимости..
18. Многократное рассеяние. Функция распределения по углу. Поперечное смещение.
19. Прохождение электронов через вещество. Особенности ионизационных потерь, пробега.
20. Прохождение электронов через вещество. Многократное рассеяние. Разброс пробега.
21. Тормозное излучение. Спектр излучения, угловое распределение г-квантов.
22. Тормозное излучение. Радиационная единица, критическая энергия;
23. Прохождение гамма-квантов через вещество. Особенности прохождения г-квантов (нейтральных частиц).
24. Фотоэффект: процесс, полное сечение, угловое распределение.
25. Эффект Комптона. Теория Клайна-Нишина-Тамма. Процесс. Полное сечение.
26. Эффект Комптона. Энергия рассеянного фотона, формула Комптона. Минимальная энергия рассеянного фотона.
27. Эффект Комптона. Угловое распределение рассеянных фотонов, спектр электронов, угловое распределение электронов;
28. Прохождение адронов через вещество. Ядерный пробег протона и пи-мезона.
29. Нейтрон. Основные свойства нейтрона.

30. Классификация нейтронов.
31. Основные реакции с нейтронами.

Паспорт контрольной работы

по дисциплине «Экспериментальные методы ядерной физики», 1 семестр

1. Методика оценки

Контрольная работа выполняется письменно, включает 3 задания и проводится по темам:

- прохождение тяжёлых частиц через вещество;
- прохождение электронов через вещество;
- прохождение γ -квантов через вещество.

2. Критерии оценки

Контрольная работа оценивается в соответствии с приведенными ниже критериями.

Контрольная работа считается **невыполненной**, если правильно не выполнено ни одного задания. Оценка составляет **менее 15** баллов.

Работа выполнена на **пороговом** уровне, если правильно выполнено хотя бы одно задание. Оценка составляет **16-30** баллов.

Работа выполнена на **базовом** уровне, если правильно выполнено не менее двух заданий. Оценка составляет **31-45** баллов.

Работа считается выполненной **на продвинутом** уровне, если правильно выполнены все три задания и расчеты снабжены грамотными комментариями. Оценка составляет **46-60** баллов.

3. Шкала оценки

Успешно выполненная контрольная работа (не ниже базового уровня, т.е. 31 и более баллов) является допуском к сдаче экзамена.

4. Пример варианта контрольной работы

Задание 1. Чему равны потери энергии на ионизацию в МэВ на г/см^2 для протона с кинетической энергией 2ГэВ в свинце?

Задание 2. Найти флуктуацию потерь энергии на ионизацию для α – частицы с энергией 400МэВ в свинце толщиной 1г/см^2 .

Задание 3. Найти угол многократного рассеяния электрона с энергией 80МэВ после прохождения 150см гелия при нормальных условиях.

Паспорт экзамена

по дисциплине «Экспериментальные методы ядерной физики», 2 семестр

1. Методика оценки

Экзамен проводится в письменной форме, по тестам. Тест состоит из 10 вопросов с вариантами ответа. В ходе экзамена преподаватель вправе задавать студенту дополнительные вопросы из общего перечня (п. 4).

Форма теста для экзамена

1. Оцените удельные потери на ионизацию в свинце для мюона с энергией 1 ГэВ.
 - а. 2 МэВ
 - б. 1 ГэВ
 - в. 2 МэВ/см
 - г. 2 МэВ/(г/см²)
2. Что ограничивает рост ионизационных потерь при ультра релятивистских энергиях частицы?
 - а. Полная энергия частицы
 - б. Эффект плотности
 - в. Ничего
 - г. Преобразования Лоренца
3. Как зависит среднеквадратичный угол многократного рассеяния от импульса частицы?
 - а. Прямо-пропорционально
 - б. Не зависит
 - в. Обратно-пропорционально
 - г. Квадратично
4. Что такое радиационная единица длины?
 - а. Толщина материала, при прохождении которой электрон теряет энергию в (е)-раз за счет излучения.
 - б. Характерная толщина материала необходимая для защиты от альфа-излучения
 - в. Толщина материала при прохождении которой поток гамма-квантов уменьшается в экспоненту раз.
 - г. Величина, характеризующая радиоактивность материала.
5. Что такое критическая энергия?
 - а. Энергия, затрачиваемая на выбивание электрона с К оболочки атома.
 - б. Энергия электрона при которой потери на ионизацию равны потерям на тормозное излучение
 - в. Минимальная энергия фотона, при которой возможно рождение электрон-позитронной пары.
 - г. Энергия частицы, при которой потери на ионизацию минимальны.
6. Какой процесс является наиболее вероятным при прохождении гамма-кванта с

- энергией 20 МэВ через вещество?
- а. Фотоэффект
 - б. Комптон эффект
 - в. Рождение электрон-позитронных пар
 - г. Ионизационные потери
7. Какое выражение имеет отношение к излучению Вавилова-Черенкова?
 - а. $\sin(\theta)=1/n$.
 - б. $n=1/(\text{tg}(\theta)\beta)$
 - в. $\cos(\theta)=1/(n\beta)$
 - г. $\sin(\theta)=1/(n\beta)$
 8. Какую энергию примерно затрачивает частица на образование электрон-ионной пары в газе?
 - а. 3-4 эВ
 - б. 12 эВ
 - в. 2 МэВ
 - г. 30 эВ
 9. Каким из перечисленных классов приборов можно наиболее точно измерить энергетический спектр ядерного излучения Cs^{137} ?
 - а. Газовая ионизационная камера.
 - б. Сцинтилляционный счетчик на основе кристаллов.
 - в. Полупроводниковый детектор.
 - г. Черенковский калориметр.
 10. Как связана ширина статистического распределения на полувысоте ($\Delta_{1/2}$) и среднее квадратичное отклонение среднего (σ) в случае нормального распределения?
 - а. $\sigma = \Delta_{1/2}/\sqrt{12}$
 - б. $\sigma = \sqrt{\Delta_{1/2}}$
 - в. $\Delta_{1/2}=2.36 * \sigma$
 - г. $\sigma = \Delta_{1/2}$

2. Критерии оценки

- Ответ на экзаменационный тест считается **неудовлетворительным**, если студент верно ответил на 4 и меньше вопросов теста, оценка составляет *менее 10 баллов*.
- Ответ на экзаменационный тест засчитывается на **пороговом** уровне, если студент верно ответил на 5 – 6 вопросов теста, оценка составляет *11-20 баллов*.
- Ответ на экзаменационный тест засчитывается на **базовом** уровне, если студент верно ответил на 7 – 8 вопросов экзаменационного теста, оценка составляет *21-30 баллов*.
- Ответ на экзаменационный тест засчитывается на **продвинутом** уровне, если студент верно ответил на 9 – 10 вопросов экзаменационного теста, оценка составляет *31-40 баллов*.

3. Шкала оценки

Экзамен считается сданным, если студент получает не менее 20 баллов (из 40 возможных).

Допуск к экзамену возможен только при условии посещения лекционных и практических занятий (не менее 75%), успешной сдачи контрольной работы (на оценку не ниже 31 баллов).

В общей оценке по дисциплине экзаменационные баллы учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

4. Вопросы к экзамену по дисциплине «Экспериментальные методы ядерной физики»

1. Оцените удельные потери на ионизацию в свинце для мюона с энергией 1 ГэВ.
 - а. 2 МэВ
 - б. 1 ГэВ
 - в. 2 МэВ/см

- г. $2 \text{ МэВ}/(\text{г}/\text{см}^2)$
2. Что ограничивает рост ионизационных потерь при ультра релятивистских энергиях частицы?
 - а. Полная энергия частицы
 - б. Эффект плотности
 - в. Ничего
 - г. Преобразования Лоренца
 3. Как зависит среднеквадратичный угол многократного рассеяния от импульса частицы?
 - а. Прямо-пропорционально
 - б. Не зависит
 - в. Обратно-пропорционально
 - г. Квадратично
 4. Что такое радиационная единица длины?
 - а. Толщина материала, при прохождении которой электрон теряет энергию в (е)-раз за счет излучения.
 - б. Характерная толщина материала необходимая для защиты от альфа-излучения
 - в. Толщина материала при прохождении которой поток гамма-квантов уменьшается в экспоненту раз.
 - г. Величина, характеризующая радиоактивность материала.
 5. Что такое критическая энергия?
 - а. Энергия, затрачиваемая на выбивание электрона с К оболочки атома.
 - б. Энергия электрона при которой потери на ионизацию равны потерям на тормозное излучение
 - в. Минимальная энергия фотона, при которой возможно рождение электрон-позитронной пары.
 - г. Энергия частицы, при которой потери на ионизацию минимальны.
 6. Какой процесс является наиболее вероятным при прохождении гамма-кванта с энергией 20 МэВ через вещество?
 - а. Фотоэффект
 - б. Комптон эффект
 - в. Рождение электрон-позитронных пар
 - г. Ионизационные потери
 7. Какое выражение имеет отношение к излучению Вавилова-Черенкова?
 - а. $\sin(\theta)=1/n$.
 - б. $n=1/(\text{tg}(\theta)\beta)$
 - в. $\cos(\theta)=1/(n\beta)$
 - г. $\sin(\theta)=1/(n\beta)$
 8. Какую энергию примерно затрачивает частица на образование электрон-ионной пары в газе?
 - а. $3\text{-}4 \text{ эВ}$
 - б. 12 эВ
 - в. 2 МэВ
 - г. 30 эВ
 9. Каким из перечисленных классов приборов можно наиболее точно измерить энергетический спектр ядерного излучения Cs^{137} ?
 - а. Газовая ионизационная камера.
 - б. Сцинтилляционный счетчик на основе кристаллов.
 - в. Полупроводниковый детектор.
 - г. Черенковский калориметр.
 10. Как связана ширина статистического распределения на полувысоте ($\Delta_{1/2}$) и среднеквадратичное отклонение среднего (σ) в случае нормального распределения?

- а. $\sigma = \Delta_{1/2}/\sqrt{12}$
 - б. $\sigma = \sqrt{\Delta_{1/2}}$
 - в. $\Delta_{1/2} = 2.36 * \sigma$
 - г. $\sigma = \Delta_{1/2}$
11. Оцените максимальную энергию дельта электронов от электрона с энергией 10 МэВ.
- а. 10 МэВ
 - б. 2 МэВ
 - в. 2 МэВ/см
 - г. 400 МэВ
12. При одинаковой кинетической энергии электрона и протона какими будут их среднеквадратичные углы многократного рассеяния?
- а. Примерно одинаковыми
 - б. Больше у протона
 - в. У электрона больше
 - г. В M_p/m_e раз больше у протона.
13. Какую размерность может иметь радиационная единица длины?
- а. г/см³
 - б. г/см²
 - в. г/см
 - г. см
14. Чему равна критическая энергия?
- а. $16 * Z_0^2$ эВ
 - б. $800/Z_0$ МэВ
 - в. 21 МэВ
 - г. $800/Z_0^2$ эВ
15. Что такое радиус Мольера?
- а. Параметр, характеризующий поперечный размер э/м ливня.
 - б. Параметр, использующийся при расчетах среднеквадратичного угла многократного рассеяния в рамках теории Мольера.
 - в. Прицельный параметр для расчета ионизационных потерь.
 - г. Нет такого понятия в физике.
16. Оцените интенсивность черенковского и сцинтилляционного излучения от мюона с энергией 1 ГэВ в пластическом сцинтилляторе (BC-408) толщиной 1 см.
- а. Черенковское излучение в сцинтилляторах отсутствует.
 - б. Интенсивность черенковского излучения меньше, чем сцинтилляционного света.
 - в. Интенсивность черенковского света больше, чем сцинтилляционного света.
 - г. Интенсивности этих излучения для минимально-ионизирующих частиц примерно равны.
17. Какое из перечисленных понятий относится к сцинтилляционным счетчикам?
- а. Конверсионная эффективность.
 - б. Допороговая эффективность.
 - в. Дробовой эффект.
 - г. Фотоядерный резонанс.
18. Известно, что в газовых детекторах возможно три режима работы: режим ионизационной камеры, пропорциональный режим и режим Гайгера-Мюлера. Так же при определенной газовой смеси можно организовать стримерный режим. При каких напряженностях электрического поля в подходящей газовой смеси возникает стримерный режим?
- а. Не зависит от напряженности, а только от смеси.
 - б. При минимальной напряженности.
 - в. При напряженности больше чем для режима ионизационной камеры, но меньше

чем для пропорционального режима.

г. При напряженности большей, чем для пропорционального режима.

19. Что такое обедненная зона?

а. Зона кристалла с р-проводимостью.

б. Зона с пониженной концентрацией носителей заряда.

в. Зона кристалла с n-проводимостью.

г. То же самое что и запрещенная зона.

20. Какой из перечисленных методов используется при сравнении теории с экспериментом?

а. Метод дихотомии.

б. Метод χ^2 -Пирсона.

в. Метод Рунге-Кутты.

г. Метод Гаусса

Паспорт контрольной работы

по дисциплине «Экспериментальные методы ядерной физики», 2 семестр

1. Методика оценки

Контрольная работа выполняется письменно, включает 3 задания и проводится по темам:

- сцинтилляционные счетчики;
- черенковские счетчики;
- газовые счетчики;
- полупроводниковые детекторы;
- методы измерения энергии.

2. Критерии оценки

Контрольная работа оценивается в соответствии с приведенными ниже критериями.

Контрольная работа считается **невыполненной**, если правильно не выполнено ни одного задания. Оценка составляет **менее 15** баллов.

Работа выполнена на **пороговом** уровне, если правильно выполнено хотя бы одно задание. Оценка составляет **16-30** баллов.

Работа выполнена на **базовом** уровне, если правильно выполнено не менее двух заданий. Оценка составляет **31-45** баллов.

Работа считается выполненной **на продвинутом** уровне, если правильно выполнены все три задания и расчеты снабжены грамотными комментариями. Оценка составляет **46-60** баллов.

3. Шкала оценки

Успешно выполненная контрольная работа (не ниже базового уровня, т.е. 31 и более баллов) является допуском к сдаче экзамена.

4. Пример варианта контрольной работы

Задание 1. Посчитать количество фотонов в кристалле NaI размерами $1 \times 1 \times 1 \text{ см}^3$ при попадании в него альфа-частицы с энергией 2 МэВ.

Задание 2. Какой будет радиус черенковского кольца из аэрогеля с показателем преломления $n=1.05$ от электрона с энергией 1 ГэВ на расстоянии 20 см от радиатора.

Задание 3. С каким минимальным импульсом долетит пион из места встречи в детекторе КЕДР до наружной стенки дрейфовой камеры, если её радиус 50 см, а продольное поле в детекторе 6 кГс?