

Правительство Российской Федерации
Санкт-Петербургский государственный университет

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Основы ядерной физики

Basics of Nuclear Physics

Язык(и) обучения

русский

Трудоёмкость (границы трудоёмкости) в зачетных единицах: 3

Регистрационный номер рабочей программы: 013904

Санкт-Петербург

2017

Раздел 1. Характеристики учебных занятий

1.1. Цели и задачи учебных занятий

Обучение студентов постановке и методам решения задач в области ядерной физики: формирование у студентов ядерно-физического мышления; подготовка к самостоятельной научно-исследовательской работе. Изучение ядерной физики в контексте общей физики; развитие навыков самостоятельного решения практических и теоретических задач, получение студентами практических знаний по методам детектирования ионизирующих излучений, измерению энергий и дозиметрии ядерных излучений, получение навыков обработки и интерпретации экспериментальных данных. В процессе освоения дисциплины студенты выполняют лабораторные работы, обрабатывают полученные данные с помощью ЭВМ и оформляют отчеты по выполненным работам.

1.2. Требования к подготовленности обучающегося к освоению содержания учебных занятий (пререквизиты)

Для успешного освоения программы дисциплины «Основы ядерной физики» студентам необходимо прослушать курсы лекций по общему курсу физики.

1.3. Перечень результатов обучения (learning outcomes)

В результате освоения курса обучающиеся должны:

- Знать содержание дисциплины "Основы ядерной физики";
- Иметь представление об основных обозначениях и единицах измерения в ядерной физике.
- Иметь представления об основных характеристиках атомных ядер.
- Знать методы, используемые для определения размеров, плотностей, масс и энергий связи ядер.
- Иметь представление о дейтроне и его основных характеристиках.
- Иметь представление о применении теории рассеяния при изучении нуклон-нуклонного взаимодействия.
- Иметь представления о понятии изотопического спина.
- Иметь представление об основных видах ядерного распада.
- Знать основные положения теории деления ядер.
- Иметь представления об основных понятиях и механизмах ядерных реакций.
- Иметь основные представления структуре атомного ядра.
- Иметь представление о методах регистрации ионизирующих излучений;
- Иметь практические навыки работы с детекторами излучений;
- Уметь оформить результаты измерений в понятной форме и правильно их интерпретировать;
- Знать меры безопасности при работе на экспериментальном оборудовании.

1.4. Перечень активных и интерактивных форм учебных занятий

- аудиторные лекции (где предполагается, что обучающиеся могут задавать вопросы во время лекции).
- практические занятия
- самостоятельная работа с использованием методических материалов

Раздел 2. Организация, структура и содержание учебных занятий

2.1. Организация учебных занятий

2.1.1 Основной курс

Трудоёмкость, объёмы учебной работы и наполняемость групп обучающихся																		
Код модуля в составе дисциплины (практики)	Контактная работа обучающихся с преподавателем											Самостоятельная работа				Объём активных и интерактивных форм учебных занятий	Трудоёмкость	
	лекции	семинары	консультации	практические занятия	лабораторные работы	контрольные работы	коллоквиумы	текущий контроль	промежуточная аттестация	итоговая аттестация	под руководством преподавателя	в присутствии преподавателя	сам. раб. с использованием методических материалов	текущий контроль (сам. раб.)	промежуточная аттестация (сам. раб.)			итоговая аттестация (сам. раб.)
ОСНОВНАЯ ТРАЕКТОРИЯ																		
Форма обучения: очная																		
Модуль 1.	30		2						2				9		23		34	2
	2-30		2-30										1-1		1-1			
Модуль 2.					4				2			12	18		8		18	1
					2-30				2-30			2-30	1-1		1-1			
ИТОГО	30		2		4				4			12	27		31		52	3

Виды, формы и сроки текущего контроля успеваемости, промежуточной и итоговой аттестации							
Код модуля в составе дисциплины, практики и т.п.	Формы текущего контроля успеваемости		Виды промежуточной аттестации		Виды итоговой аттестации (только для программ итоговой аттестации и дополнительных образовательных программ)		
	Формы	Сроки	Формы	Сроки	Формы	Сроки	
ОСНОВНАЯ ТРАЕКТОРИЯ							
форма обучения: очная							
Модуль 1			экзамен	6 семестр			
Модуль 2			зачет	6 семестр			

2.2. Структура и содержание учебных занятий

Основной курс Основная траектория Очная форма обучения

Период обучения (модуль): Семестр 6 (Сб. Модуль 1)

№ п/п	Наименование темы (раздела, части)	Вид учебных занятий	Колич-во часов
Модуль 1			
1	Обозначения и единицы измерения. Изотопы, изотоны, изобары. Единицы измерения массы, энергии, ядерных радиусов. Основные ядерные характеристики. Сечение рассеяния, формула Резерфорда, рассеяние электронов на ядрах, формфакторы, плотность распределения вещества и заряда, радиусы и массы атомных ядер. Дефект масс.	лекции	2

2	Необходимые сведения из смежных наук: релятивистская механика, квантовая механика, статистическая физика. Спектры уровней атомных ядер. Ширина уровня, момент количества движения, спин, магнитные и квадрупольные моменты. Распад состояний.	лекции	2
3	Энергетический анализ ядерных реакций. Энергия связи ядра и энергия отделения нуклона. Полуэмпирическая формула для энергий связи (формула Вайцзеккера). Парная энергия. Полоса бета-стабильности. Модель Ферми-газа. Нейтронные звезды.	лекции	2
4	Ядерные взаимодействия. Теория Юкавы, обменные силы. Дейтрон. Статистические моменты. Энергия связи. Элементарная теория дейтрона.	лекции	2
5	Элементы теории рассеяния. Рассеяние нуклонов при малых энергиях. Рассеяние нейтронов на протонах: экспериментальные методы, вклад состояний с разным L , зависимость от спина, зависимость от импульса. Когерентное рассеяние на молекуле водорода. Рассеяние одинаковых нуклонов. Рассеяние нуклонов при больших энергиях. Экспериментальные методы. Дифференциальное сечение рассеяния нейтронов на протонах (обменные силы). Сечение рассеянных протонов на протонах и сравнение с протон-нейтронным рассеянием.	лекции	2
6	Изотопический спин. Эмпирические основания для введения изоспина: зарядовая независимость ядерных сил, спектры легких ядер, аналоговые состояния и резонансы. Формализм изоспина. Несохранение изоспина. Обобщенный принцип Паули для нуклонов.	лекции	2
7	Гамма-излучение. Источники гамма-излучения. Прохождение гамма-лучей через вещество: фото-эффект, комптоновское рассеяние, образование электронно-позитронных пар. Методы регистрации гамма-лучей. Основные представления квантомеханической теории электромагнитного излучения. Мультипольное излучение электрического и магнитного типа. Изомерия. Конверсия.	лекции	2
8	Альфа-распад. Основные экспериментальные данные: область альфа-распадчиков, естественные радиоактивные семейства. Энергетические соотношения в альфа-распаде. Тонкая структура - спектров. Методы измерения спектра альфа-частиц. Закон Гейгера-Неттола. Теоретическая интерпретация альфа-распада.	лекции	2
9	Бета-распад. Виды бета-распада. Непрерывность бета спектра. Опыты по непосредственному доказательству существования нейтрино. Форма бета-спектра. Несохранение четности в бета-распаде. Опыт Ву. Опыт по непосредственному определению спиральности нейтрино. Гамильтониан и запрещенные переходы. Проверка сохранения изотоп-спина в бета-распаде. Теория Ферми. Распады пи- и мю-мезонов. Электронные и мюонные нейтрино. Поколения лептонов. Солнечные нейтрино.	лекции	2
10	Магические числа. Оболочечная модель и спин-орбитальное взаимодействие. Магнитные моменты ядер. Деформированные ядра: вращение и колебание.	лекции	2
11	Деление ядер. Основные экспериментальные данные, механизм деления. Спонтанное деление. Изомеры деления. Энергетические соотношения для деления. Физика ядерных реакторов.	лекции	2

12	Ядерные реакции. Законы сохранения в ядерных реакциях. Механизм ядерных реакций: упругое и неупругое рассеяние, прямые ядерные реакции, составное ядро. Угловые распределения в ядерных реакциях (p,d) и (d,p). Термоядерные реакции в звездах, происхождение элементов, r- и s-процессы.	лекции	2
13	Понятие четности, комбинированной четности. Объединение взаимодействий. Элементарные частицы. Кварковая модель, цветные силы, мезоны, барионы, кварковая хромодинамика. Возбужденные состояния протона и чармония. Слабое взаимодействие.	лекции	2
14	Спонтанное нарушение симметрии. Механизм Хиггса. Струны.	лекции	2
15	Введение в космологию. Уравнение Эйнштейна, модель Фридмана. Постоянная Хаббла. Большой взрыв. Диаграмма Герцшпрунга-Рассела. Квазары. Двойные звезды.	лекции	2
16	Взаимодействие заряженных частиц с веществом. Методы регистрации нейтронов. Детекторы ядерных излучений.	самостоятельная работа	5
17	Ускорители заряженных частиц, космические лучи.	самостоятельная работа	4
Модуль 2			
1	Счетчик Гейгера-Мюллера. Изучаются основные свойства газонаполненных счетчиков ядерных излучений, просчеты регистрирующей аппаратуры. Определение мертвого времени заводского газоразрядного счетчика, измерение счетной характеристики.	лабораторная работа	1
		в присутствии преподавателя	3
2	Гамма-лучи. Изучается взаимодействие гамма-излучения с веществом и методы регистрации гамма-квантов. Сцинтилляционный гамма-спектрометр.	лабораторная работа	1
		в присутствии преподавателя	3
3	Космические лучи/Статистика в ядерной физике Часть 1. Изучение космических лучей на уровне моря. Изучаются процессы взаимодействия первичного космического излучения с атмосферой Земли, состав вторичного космического излучения на уровне моря и угловое распределение жесткой компоненты космических лучей.	лабораторная работа	1
		в присутствии преподавателя	3
4	Дозы ионизирующих излучений. Изучается взаимодействие ионизирующего излучения с веществом, его воздействие на биологические объекты и методы измерения активности p/a препаратов. Часть 1. Прохождение гамма-излучения через вещество. Часть 2. Определение активности радиоактивного препарата методом совпадений.	лабораторная работа	1
		в присутствии преподавателя	3
5	Статистика в ядерной физике, распределение Пуассона. Изучаются статистические законы в ядерной физике.	лабораторная работа	1
		в присутствии преподавателя	3

Раздел 3. Обеспечение учебных занятий

3.1. Методическое обеспечение

3.1.1 Методические указания по освоению дисциплины

Для освоения дисциплины студенту предоставляется адаптированная программа курса, содержащая разделы 2, 3.1 и 3.4 данной Рабочей программы, презентации лекций, комплект описаний лабораторных работ и руководства по выполнению измерений.

Лабораторные работы выполняются обучающимися индивидуально. При назначении студенту лабораторных работ на семестр или назначении лабораторной

работы на следующее занятие, в обязанности преподавателя входит согласование (в сотрудничестве с персоналом лаборатории) количества установок и количества студентов, выполняющих данную работу. В исключительном случае – при невозможности согласования, если количество лабораторных установок меньше количества обучающихся, выполняющих работу - возможно объединение студентов в группы не более 2 человек, при этом отчёт по лабораторной работе каждый обучающийся выполняет и сдаёт самостоятельно.

В процессе выполнения работы данные измерений заносятся студентом в протокол измерений. Результаты автоматизированных измерений сохраняются в соответствующих файлах в ЭВМ, обслуживающей установку.

Отчет по лабораторной работе сдается обучающимся на следующем после выполнения работы занятии. Преподаватель проверяет отчет в течение текущего занятия и выставляет оценку. По результатам проводится собеседование, студенту указываются положительные и отрицательные моменты, преподаватель может попросить дополнить или переделать отчет в случае, если не соблюдены правила оформления отчета, обнаружены ошибки в расчетах или результатах, обнаружено несоответствие данных в отчете с данными в протоколе измерений. Принятый отчет хранится в лаборатории.

Работа считается выполненной, если по ней сдан отчёт, который оценен положительно.

Преподаватель имеет право не допустить обучающегося к работе в случае наличия у последнего двух или более выполненных работ, по которым ни разу не сдавались отчёты на проверку. В данном случае студент в ходе занятия под контролем преподавателя выполняет отчёты по этим работам. В случае пропуска или не допуска к работе обучающийся должен ликвидировать задолженность в следующем порядке:

1. Пройти собеседование с преподавателем по лабораторной работе. В случае удовлетворительного результата, преподаватель делает запись о допуске студента к работе.
2. Согласовать с сотрудниками лаборатории время выполнение работы. Обучающемуся может быть отказано в выполнении работы, если все установки заняты студентами, выполняющими работы согласно установленному графику.
3. В установленное время выполнить работу. При необходимости проверки установки перед работой и/или проверки правильности сборки электрических схем проверку выполняет сотрудник учебной лаборатории, ответственный за установку, на которой будет вестись эксперимент.
4. Завизировать результаты эксперимента, занесённые в протокол измерений. Результаты визируются датой выполнения работы и подписью с расшифровкой фамилии и инициалов сотрудника, ответственного за лабораторную установку на которой проводилась работа.

3.1.2 Методическое обеспечение самостоятельной работы

Самостоятельная работа ведется студентом с использованием:

- Рекомендованной и выбранной самостоятельно дополнительной литературы, презентаций лекций.
- Описания лабораторной работы.
- Руководства по выполнению измерений

- Учебно-методических наглядных пособий, размещенных в помещениях лаборатории.
- Вычислительных мощностей с установленным специализированным ПО.

Каждый лабораторный стенд должен иметь методическое руководство с порядком выполнения измерений на данном стенде, соответствующее используемым на стенде приборам и оборудованию.

3.1.3 Методика проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации и критерии оценивания

Модуль 1.

Промежуточная аттестация проводится в форме экзамена.

Допуск к экзамену осуществляется на последнем занятии по итогам работы в семестре. Экзамен проводится в стандартной форме по билетам, охватывающим все темы лекций (1-15). Передача экзамена и передача с комиссией регламентируются общими правилами обучения.

Экзамен проводится в устной форме. Билет экзамена содержит два вопроса. На подготовку отводится не более 1 часа. Оценка "отлично" ставится за полностью раскрытый материал билета и правильные ответы на дополнительные вопросы по программе курса, выносимой на экзамен. Оценка "хорошо" ставится за полностью раскрытый материал билета при неточных ответах на дополнительные вопросы по программе курса, выносимой на экзамен. Оценка "удовлетворительно" ставится за не полностью раскрытый материал билета при отсутствии правильных ответов на часть дополнительных вопросов. Оценка "неудовлетворительно" ставится, если ответ студента не удовлетворяет перечисленным выше критериям оценок "отлично", "хорошо" и "удовлетворительно". Во время экзамена студенты имеют право пользоваться своими конспектами при соблюдении следующих правил: а) Конспекты во время проведения экзамена или коллоквиума лежат на отдельном столе в той аудитории, где проводится аттестация. б) Студент может подойти и посмотреть свой конспект в течение короткого времени (не более 5 минут). в) Запись материала конспекта на отдельные листы, а также перенос его со стола в аудиторию не допускаются. Использовать любые другие источники информации запрещается. Ниже приведена таблица соответствия указанной выше системы оценивания балльной и болонской системам оценивания.

	Неудовлетворительно	Посредственно Удовлетворительно	Хорошо	Отлично	Превосходно
Болонская система	1 2	3 4	5-7	8-9	10
Балльная система	2	3	4	5	5 с отличием

Модуль 2.

Методика оценивания уровня подготовки к занятию

Студенты обязаны подготовиться к лабораторной работе. При подготовке к работе студент дома заполняет лист самоподготовки (далее ЛСП). На занятие студенты

должны явиться с заполненным ЛСП и иметь при себе методическое руководство к лабораторной работе.

В ЛСП студенты указывают цели работы, блок-схему экспериментальной установки, рабочие формулы, в том числе формулы для учета погрешностей и расчета неопределенностей.

Перед началом выполнения лабораторной работы обучающийся должен получить допуск к работе, для чего он проходит собеседование с преподавателем. Допуск ставится в ЛСП только в случае положительного результата собеседования. Студент считается не готовым к работе, если он не заполнил ЛСП и не может ответить на следующие вопросы:

- Какова цель работы?
- Описание экспериментальной установки (с блок-схемой, рисунком, чертежом). В случае, если для выполнения эксперимента требуется сборка электрической схемы, то она должна быть зарисована в лабораторный журнал до начала или во время собеседования.
- Порядок выполнения работы.
- Какие величины необходимо измерить и/или определить в ходе работы.
- Рабочие формулы, в том числе и формулы для расчета неопределенностей результатов измерений.

Методика оценивания отчета

Каждый отчет оценивается по 10 бальной системе (болонской). Положительной считается оценка, начиная с 2 баллов («три с минусом» по стандартной шкале).

Отчет не принимается преподавателем, если отсутствует или не заполнен один из следующих разделов:

- Наименование работы.
- Приборы и материалы.
- Принципиальная схема установки (схема электрической цепи, блок-схема, чертеж).
- Цели и задачи работы.
- Таблица измерений не заполнена данными или данные не соответствуют первичным данным в протоколе измерений.
- Таблица с промежуточными данными.
- Рабочие формулы, в том числе и формулы для неопределенностей результатов измерений.

Принятый к рассмотрению отчет оценивается 10 баллов «отлично», если правильно выполнены все задания работы, и в соответствующем заданию разделе отчета:

1. Правильно приведены все формулы.
2. Приведены промежуточные вычисления.
3. Вычислены неопределенности результатов измерений.
4. Построены требуемые графики.
5. На графиках указаны погрешности отдельных наблюдений/измерений.
6. Получен правильный результат.
7. Сделан правильный вывод.

8. Отчет сдан в назначенный срок, оформлен аккуратно и не вызывает дополнительных вопросов у преподавателя.

Отчет оценивается на 6 баллов «хорошо», если отсутствует один из пунктов 1-8 предыдущего раздела.

Отчет оценивается 3 балла «удовлетворительно», если отсутствуют два из пунктов 1-8, либо получен неправильный финальный результат, но по анализу экспериментальных данных студентом найден источник ошибки.

Отчет не может оцениваться положительно в случае, если не получен правильный результат. В этом случае обязательно следует выявить причину неправильного результата и получить верный результат.

Методика проведения промежуточного контроля успеваемости и зачета

После выполнения работ модуля проводится текущий контроль успеваемости. Во время текущего контроля должны быть оценены отчеты по всем лабораторным работам модуля. Также, преподаватель может провести беседу со студентом для подтверждения им полученных во время занятий в лаборатории знаний. Текущий контроль считается пройденным, если все отчеты оценены положительно и получены правильные ответы на вопросы преподавателя.

3.1.4 Методические материалы для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации (контрольно-измерительные материалы, оценочные средства)

Билеты с контрольными вопросами, перечни вопросов к лабораторным работам. Учебники, сборники задач, конспекты лекций, методические пособия по лабораторным работам, методические указания к лабораторным работам, наглядные пособия и таблицы.

3.1.5 Методические материалы для оценки обучающимися содержания и качества учебного процесса

Анкета-отзыв на дисциплину с последующей её обработкой с целью совершенствования курса лекций и лабораторных работ.

Просим Вас заполнить анкету-отзыв по данной учебной дисциплине. Обобщенные данные анкет будут использованы для ее совершенствования. По каждому вопросу проставьте соответствующие оценки по шкале от 1 до 10 баллов (**обведите** выбранный Вами балл). В случае необходимости впишите свои комментарии.

1. Насколько Вы удовлетворены содержанием дисциплины в целом?

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Комментарий _____

2. Насколько Вы удовлетворены общим стилем преподавания?

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Комментарий _____

3. Как Вы оцениваете качество подготовки предложенных методических материалов?

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Комментарий _____

4. Какой из модулей (разделов) дисциплины Вы считаете наиболее полезным, ценным с точки зрения дальнейшего обучения и/или применения в последующей практической деятельности?

Комментарий _____

5. Что бы Вы предложили изменить в методическом и содержательном плане для совершенствования преподавания данной дисциплины?

Комментарий _____

3.2. Кадровое обеспечение

3.2.1 Образование и (или) квалификация преподавателей и иных лиц, допущенных к проведению учебных занятий

Лектор должен иметь высшее образование и ученую степень не ниже кандидата наук по специальности 01.04.16. Преподаватели, ведущие лабораторные работы по программе Модуля 2, должны иметь высшее образование и ученую степень не ниже магистра физики по специальности 01.04.16.

3.2.2 Обеспечение учебно-вспомогательным и (или) иным персоналом

Модуль 1. Не требуется.

Модуль 2.

Заведующий лаборатории, инженер, техник, два лаборанта, имеющие высшее и среднее профессиональное образование и стаж работы не менее 2 лет или обладающие достаточным практическим опытом сопровождения лабораторных работ по ядерной физике.

При проведении работ в каждом помещении должен присутствовать ответственный за это помещение и за оборудование (установки) этого помещения инженер или лаборант.

Ввиду наличия в помещениях лаборатории установок, требующих дополнительных знаний и навыков, и по причине большой площади некоторых помещений, в таких помещениях во время занятий должны присутствовать два инженера или инженер и лаборант.

Сотрудники, работающие с источниками ионизирующих излучений, должны иметь соответствующий допуск к работе с такими источниками.

Квалификация инженеров и лаборантов, их обязанности подробно указаны в должностных инструкциях.

3.3. Материально-техническое обеспечение

Принятые сокращения

ЗРНИ — закрытый радионуклидный источник ионизирующего излучения

ИИ — ионизирующее излучение

3.3.1 Характеристики аудиторий (помещений, мест) для проведения занятий

Модуль 1. Стандартно оборудованная лекционная аудитория (с компьютером, проектором и экраном) не менее чем на 90 человек.

Модуль 2. Занятия проводятся в помещениях учебной лаборатории ядерной физики физического факультета №№ 239, 240 (переход А-Б) и 221, 222, 223-224 (переход Б-В).

В помещениях необходимо предусмотреть наличие: наглядных (демонстрационных) учебно-методических пособий в виде плакатов, таблиц, графиков, наличие таблицы Менделеева, наличие карты нуклидов, демонстрационных образцов детекторов, счетчиков, кристаллов и пр., наличие сайта лаборатории в сети Интернет с

размещенными на нем учебно-методическими пособиями и расчетными программами, выход в сеть Интернет с рабочих мест преподавателей и компьютеризированных лабораторных стендов, беспроводная общедоступная публичная сеть для учащихся, наличие научных калькуляторов.

Помещения, в которых используются источники ионизирующих излучений, на которые требуется разрешение СанЭпидНадзора, должны иметь соответствующее санитарно-эпидемиологическое заключение на право эксплуатации.

Помещения, в которых хранятся ЗРНИ, должны быть обеспечены охранной сигнализацией и сейфами.

Некоторые помещения должны быть оборудованы раковинами с холодной водой.

3.3.2 Характеристики аудиторного оборудования, в том числе неспециализированного компьютерного оборудования и программного обеспечения общего пользования

Столы, стулья, доска с освещением, компьютер, проектор, экран, программа для демонстрации слайдов и презентаций.

Дополнительно для Модуля 2.

Магнитно-маркерная доска с освещением.

Лабораторные установки должны размещаться на столах, конструкция которых предусматривает размещение приборов соответствующей массы. Помимо лабораторного оборудования на лабораторном столе должна быть установлена настольная лампа, предусмотрено место для размещения рабочей тетради студента и обеспечено удобство занесения данных в тетрадь и ЭВМ. Компьютеры установок должны быть объединены в сеть, включающую сетевой принтер. В помещениях должна присутствовать беспроводная сеть для выхода в Интернет.

Рабочее место преподавателя должно быть обеспечено компьютером с выходом в сеть Интернет.

3.3.3 Характеристики специализированного оборудования

Модуль 1. Отсутствуют.

Модуль 2.

В работах используются ЗРНИ МЗА, 4 и 5-й категорий по радиационной опасности. Для хранения ЗРНИ требуется два сейфа: один для гамма-, бета-излучателей и один для альфа-излучателей. Также требуется один дополнительный сейф на случай ЧС для временного перемещения ЗРНИ в отдельном помещении.

В работах используются: детекторы сцинтилляционные неорганические и органические, газонаполненные; дозиметры бытовые и полупрофессиональные, предусилители зарядочувствительные, усилители спектрометрические и временные, низковольтные блоки питания, высоковольтные блоки питания до 2 кВ, 5 кВ и 600 В, многоканальные амплитудные анализаторы, осциллографы, компьютеры, пересчетные устройства, блоки совпадений, системы перемещения радиоизотопных источников, поглотители ионизирующего излучения в ассортименте, счетчики Гейгера-Мюллера, защитные свинцовые блоки, листовой свинец, принтер лазерный, сетевое оборудование. Сейфы для хранения ЗРНИ. Емкость для хранения источника быстрых нейтронов. Лабораторные стенды в комплекте согласно описанию.

Все оборудование находится в помещениях учебной лаборатории ядерной физики.

Лабораторные работы выполняются на следующих лабораторных стендах:

1) Лабораторный стенд «Счетчик Гейгера-Мюллера»

2 установки, пом.223-224

Приборы и оборудование

1. Радиометр гамма-бета излучения (детектор на основе счетчика Гейгера-Мюллера, высоковольтный блок, прибор пересчетный, соединительные кабели)
2. осциллограф (цифровой)
3. набор соединительных кабелей (сигнальных, высоковольтных, питания)
4. устройство позиционирования и размещения ЗРНИ около счетчика
5. устройство физической защиты от ИИ

Расходные материалы и комплектующие

1. набор галогенных счетчиков Гейгера-Мюллера (не менее 3 шт.)
2. набор ЗРНИ гамма (и/или бета) излучения (не менее 4 шт.)
3. набор соединительных кабелей (сигнальных, высоковольтных, питания)
4. свинец листовой

Инструменты

1. пинцет стальной

Оборудование рабочего места

1. стол
2. стул
3. сетевой фильтр на 5 гнезд
4. сеть 220 Вольт для питания приборов
5. халат белый для каждого учащегося
6. печатное руководство по порядку выполнения лабораторной работы

2) Лабораторный стенд «Гамма-лучи. Измерение энергии гамма-лучей с помощью сцинтилляционного гамма-спектрометра»

2 установки, пом.223-224

Приборы и оборудование

1. Сцинтилляционный гамма-спектрометр (детектор на основе NaJ и CsJ с различными размерами кристаллов, высоковольтный блок, амплитудный многоканальный анализатор, компьютер, мышь, клавиатура, монитор, принтер, программное обеспечения для набора и обработки спектров)
2. защитный коллиматор детектора с изменяемой площадью входного окна
3. дистансерное устройство позиционирования и размещения ЗРНИ
4. устройство физической защиты от ИИ

Программное обеспечение

1. операционная система Windows/Linux/MacOS
2. специализированная программа для управления многоканальным анализатором импульсов
3. программа накопления, визуализации и обработки альфа-, бета- и гамма-спектров

Расходные материалы и комплектующие

1. набор ЗРНИ гамма излучения (не менее 4 шт.)
2. набор соединительных кабелей (сигнальных, высоковольтных, питания)
3. фланелевая ткань 20 см x 20 см
4. картридж к принтеру
5. бумага к принтеру

Инструменты

1. линейка пластмассовая
2. пинцет стальной

Оборудование рабочего места

1. стол
2. стул
3. сетевой фильтр на 5 гнезд
4. сеть 220 Вольт для питания приборов

5. халат белый для каждого учащегося
6. печатное руководство по порядку выполнения лабораторной работы

3) Лабораторный стенд «Дозы ионизирующих излучений. Определение активности радиоактивного препарата методом совпадений»

2 установки, пом.223-224, 221

Приборы и оборудование

1. Детектор бета-частиц на основе торцевого счетчика или пластического сцинтиллятора 1 шт. и детектор гамма-излучения с регулируемым окном регистрации 1 шт. ИЛИ детектор гамма-излучения (с регулируемым порогом регистрации) 2 шт.
2. Блок высоковольтный 2 шт., блок совпадений, прибор пересчетный, набор соединительных кабелей
3. штанга и/или стол поворотный с местами установки двух детекторов
4. подставка для установки ЗРНИ
5. защитный коллиматор детектора с изменяемой площадью входного окна 2 шт.
6. устройство физической защиты от ИИ

Расходные материалы и комплектующие

1. ЗРНИ гамма (или бета) излучения (1 шт.)
2. набор соединительных кабелей (сигнальных, высоковольтных, питания)
3. набор коллиматоров с различными площадями отверстий
4. свинец листовой

Инструменты

1. пинцет стальной

Оборудование рабочего места

1. стол
2. стул
3. сетевой фильтр на 5 гнезд
4. сеть 220 Вольт для питания приборов
5. халат белый для каждого учащегося
6. печатное руководство по порядку выполнения лабораторной работы

4) Лабораторный стенд «Дозы ионизирующих излучений. Прохождение гамма-излучения через вещество»

2 установки, пом.223-224

Приборы и оборудование

1. Радиометр гамма-излучения (сцинтилляционный детектор гамма-лучей с высокой эффективностью регистрации и регулируемым нижним порогом, блок высоковольтный, прибор пересчетный)
2. защитный коллиматор детектора с изменяемой площадью входного окна
3. устройство позиционирования и размещения ЗРНИ с коллиматором пучка ИИ
4. устройство физической защиты от ИИ при необходимости
5. рельса (скамья, штанга) для соосного размещения детектора, источника и поглотителя
6. линейка измерительная стальная или пластмассовая
7. крепления детектора, ЗРНИ и поглотителя к рельсе (скамье)
8. поглотители из различных металлов (алюминий, медь, свинец и пр.) специальной расчетной формы, не менее одного поглотителя на стенд с толщиной, соответствующей используемому ЗРНИ
9. дистансерное устройство 5 см и(или) 10 см
10. дозиметр гамма-излучения бытовой или полупрофессиональный

Расходные материалы и комплектующие

1. ЗРНИ (почти) моноэнергетического гамма излучения (1 шт.)
2. запасные поглотители из различных металлов

3. набор соединительных кабелей (сигнальных, высоковольтных, питания)
4. фланелевая ткань 20 см x 20 см
5. батарея сухая (элемент питания) для дозиметра
6. свинец листовой

Инструменты

1. штангенциркуль для измерения толщины поглотителей
2. линейка пластмассовая
3. пинцет стальной

Оборудование рабочего места

1. стол
2. стул
3. сетевой фильтр на 5 гнезд
4. сеть 220 Вольт для питания приборов
5. халат белый для каждого учащегося
6. печатное руководство по порядку выполнения лабораторной работы

5) Лабораторный стенд «Статистика в ядерной физике»

2 установки, пом.239

Приборы и оборудование

1. детектор на основе сцинтилляционного кристалла или газоразрядного счетчика
2. блок высоковольтный
3. прибор пересчетный с интервалами экспозиции от 0,1 сек, работающий в режиме автозапуска, с регулируемым временем индикации результата счета
4. набор соединительных кабелей

Расходные материалы и комплектующие

1. газоразрядные счетчики
2. соединительные кабели
3. свинец листовой

Инструменты

нет

Оборудование рабочего места

1. стол
2. стул
3. сетевой фильтр на 5 гнезд
4. сеть 220 Вольт для питания приборов
5. халат белый для каждого учащегося
6. печатное руководство по порядку выполнения лабораторной работы

6) Лабораторный стенд «Космические лучи»

2 установки, пом.239

Приборы и оборудование

1. два детектора быстрых заряженных частиц на основе сцинтилляционного кристалла или газоразрядных счетчиков
2. блок высоковольтный 2 шт.
3. блок совпадения/антисовпадений
4. прибор пересчетный
5. набор соединительных кабелей
6. устройство размещения и крепления детекторов в вертикальной плоскости с возможностью вращения их как целого вокруг горизонтальной оси на ± 90 градусов от вертикали

Расходные материалы и комплектующие

1. газоразрядные счетчики
2. соединительные кабели

Инструменты

нет

Оборудование рабочего места

1. стол
2. стул
3. сетевой фильтр на 5 гнезд
4. сеть 220 Вольт для питания приборов
5. халат белый для каждого учащегося
6. печатное руководство по порядку выполнения лабораторной работы

3.3.4 Характеристики специализированного программного обеспечения

Модуль 1. MS Powerpoint, MS Word, Adobe Reader.

Модуль 2. Операционные системы Windows/Linux/MacOS, свободно распространяемые пакеты для подготовки текстовых документов и электронных таблиц, свободно распространяемые пакеты для вычислений, специализированные программы на сайте лаборатории.

3.3.5 Перечень и объёмы требуемых расходных материалов

Модуль 1. Мел.

Модуль 2. Расходные материалы к лабораторным стендам:

1. ЗРНИ фотонного излучения, ОСГИ эталонные и специальных типоразмеров под оборудование лабораторных стендов:
Na-22, Co-60, Cs-137, Bi-207, Th-228, Ba-133, Eu-152, Am-241
12 комплектов ОСГИ и специальных типоразмеров
2. Эталонные источники бета-излучений – ОРИБИ и специальных типоразмеров под оборудование лабораторных стендов:
Co-60, Ni-63, Cs-137, Tl-204, Sr-90
3 комплекта ОРИБИ и специальных типоразмеров
3. Эталонные спектрометрические источники альфа-излучений – ОСАИ:
Ra-226, Pu-238, Pu-239, триплет U-233+Pu-238+Pu-239, Cm-244, U-233, Cf-252
3 комплекта ОСАИ
4. Объемные меры активности специального назначения (ОМАСН):
Радий-226/Торий-232/Калий-40/Цезий-137
1 комплект ОМАСН
5. Сцинтилляторы (NaI, CsI, стильбен, пластический), счетчики Гейгера-Мюллера и кремниевые альфа-, бета-детекторы различных размеров.
6. Фотоэлектронные умножители и сцинтилляционные детектирующие сборки
7. Масло вакуумное к насосам форвакуумным, вакуумные шланги, хомуты стальные
8. Свинец листовой
9. Спирт
10. Припой универсальный, растворитель (обезжириватель)
11. Лента изоляционная ПВХ
12. Кабель РК, соединительные кабели, ВЧ разъемы
13. Холодная сварка-клей – Roxipol, суперклей Момент
14. Перчатки латексные и хлопчато-бумажные (в том числе прорезиненные)
15. Картриджи сменные к принтеру
16. Набор маркеров (для маркерных досок)
17. Провод МГТФ
18. Элементы питания для дозиметров, секундомеров, калькуляторов
19. инструмент дистанционный - пинцеты стальные
20. Халаты белые
21. Бумага для лазерного принтера

22. Бумага писчая
23. Сжиженный азот
24. Сменные жала к паяльнику
25. Карандаши, авторучки, ластики, кнопки, скрепки, клей ПВА

3.4. Информационное обеспечение

3.4.1 Список обязательной литературы

1. Мухин, Константин Никифорович. Экспериментальная ядерная физика : в 3-х т.: Учебник / К. Н. Мухин. - 7-е изд., стер. - СПб.; М.; Краснодар : Лань, 2009 - . - Т. 1 : Физика атомного ядра.; Т. 2 : Физика ядерных реакций; Т. 3 : Физика элементарных частиц; и предшествующее 6 издание.
2. Сивухин, Дмитрий Васильевич. Общий курс физики : в 5-ти т.: учебное пособие для студентов физ. спец. вузов / Д. В. Сивухин. - М. : Физматлит, 2002 - .Т. 5 : Атомная и ядерная физика. - 3-е изд., стереотип. - М. : Физматлит, 2008; и предшествующие издания.
3. Капитонов, Игорь Михайлович. Введение в физику ядра и частиц : Учебник с грифом УМО по классическому университетскому образованию РФ. / И. М. Капитонов. - 4-е изд., испр. и доп. - М. : ФИЗМАТЛИТ Россия, 2010; и предыдущие издания.
4. Михайлов В.М., Крафт О.Е. Ядерная физика Л-д, из-во ЛГУ, 1988.
5. Широков Ю.М., Юдин Н.П., Ядерная физика, Москва, из-во «Наука», 1980.
6. Описания лабораторных работ, список рекомендуемой обязательной и дополнительной литературы на страницах сайта лаборатории <http://nuclab1.phys.spbu.ru/index.html>

3.4.2 Список дополнительной литературы

1. Гончарова Н.Г., Ишханов Б.С., Капитонов И.М. Частицы и атомные ядра. Задачи с решениями и комментариями. М. : ФИЗМАТЛИТ, 2013.
2. Валантэн, Субатомная физика: Ядра и частицы, т.1 и 2, М-ва «Мир», 1986.
3. Ракобольская И.В. «Ядерная физика», изд. МГУ, 1981.
4. Блатт Дж., Вайскопф В. Теоретическая ядерная физика, М.: ИЛ, 1952
5. В.И. Жеребчевский, В.В. Лазарев, С.Ю. Торилов «Наработка изотопа ^{63}Zn » СПб, изд-во ВВМ, 2014
6. В.И. Жеребчевский, С.Ю. Торилов, К.А. Гриднев «Определение размера ядер» СПб, изд-во ВВМ, 2014.
7. Методические материалы к дистанционным экспериментальным лабораторным работам по ядерной физике / Санкт-Петербургский государственный университет, Физический факультет. - СПб. : [б. и.], 2009. - 171 с. Тулина, Т. А. Космические лучи / Т. А. Тулина. - С .105-124.

3.4.3 Перечень иных информационных источников

1. <http://nuclphys.sinp.msu.ru/introduction/index.html>
2. <https://openedu.ru/course/spbu/PHYSNU/>

Раздел 4. Разработчики программы

Модуль 1.

Фамилия, имя, отчество	Учёная степень	Учёное звание	Должность	Контактная информация (служебный адрес электронной почты, служебный телефон)

Власников Александр Константинович	к.ф.-м.н.	–	доцент	428-44-97 a.vlasnikov@spbu.ru
---------------------------------------	-----------	---	--------	---

Модуль 2.

Фамилия, имя, отчество	Учёная степень	Учёное звание	Должнос ть	Контактная информация (электронная почта, телефон)
Белов Сергей Евгеньевич	к.ф.м.н.			serbel17271@yandex.ru
Панин Роман Борисович	к.ф.м.н.		доцент	r123panin@yandex.ru
Виноградов Леонид Иванович	к.ф.м.н.	с.н.с.	доцент	l.vinogradov@spbu.ru
Ильин Дмитрий Сергеевич	к.ф.м.н.		Ст. преп.	digatchi@list.ru
Власников Александр Константинович	к.ф.м.н.		доцент	428-44-97 a.vlasnikov@spbu.ru