

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова

Кафедра микроэлектроники и общей физики

УТВЕРЖДАЮ
Декан физического факультета



(подпись)

И.С.Огнев

« 23 » мая 2023 г.

**Рабочая программа дисциплины
«Физический практикум по ядерной физике»**

Направление подготовки
11.03.04 Электроника и нанoeлектроника

Направленность (профиль)
«Интегральная электроника и нанoeлектроника»

Форма обучения
очная

Программа рассмотрена
на заседании кафедры
от «17» апреля 2023 года, протокол № 5

Программа одобрена НМК
физического факультета
протокол № 5 от «25» апреля 2023 года

Ярославль

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Физический практикум по ядерной физике» являются приобретение практических навыков проведения физического эксперимента по дисциплинам курса общей физики, овладение теоретическими знаниями основных понятий, законов и моделей по дисциплинам курса общей физики, освоение основных методов обработки и анализа экспериментальных результатов.

2. Место дисциплины в структуре ОП бакалавриата

Дисциплина «Физический практикум по ядерной физике» относится к обязательной части Блока 1 и является частью модуля «Общий физический практикум».

«Физический практикум по ядерной физике» изучается вместе с соответствующей дисциплиной общего курса физики – «Ядерная физика». Полученные в курсе «Физический практикум по ядерной физике» знания необходимы для изучения дисциплин «Теоретическая механика», «Электродинамика», «Квантовая механика», а также ряда специальных курсов.

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ОП бакалавриата

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих элементов компетенций в соответствии с ФГОС ВО, ОП ВО и приобретения следующих знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности:

Формируемая компетенция (код и формулировка)	Индикатор достижения компетенции (код и формулировка)	Перечень планируемых результатов обучения
Общепрофессиональные компетенции		
ОПК-2. Способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных.	ИД_ОПК-2.1. Находит и критически анализирует информацию, необходимую для решения поставленной задачи.	Знать: – основные физические величины и характеристики процессов ядерной физики и явлений на каждом структурном уровне организации материи; – связи между физическими характеристиками явлений и процессов; – области применимости количественных соотношений между физическими характеристиками. Уметь: – использовать математический аппарат для освоения теоретических основ и практического использования физических методов.
	ИД_ОПК-2.2. Рассматривает возможные варианты решения задачи, оценивая их достоинства и недостатки.	Знать: – физические теории, позволяющие объяснять известные и предсказывать новые научные результаты ядерной физики. Уметь: – использовать законы сохранения, фундаментальные физические закономерности; – понимать, излагать и критически анализировать базовую общефизическую информацию.

	<p>ИД_ОПК-2.3. Знает основные методы и средства проведения экспериментальных исследований, системы стандартизации и сертификации.</p>	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - методы проведения экспериментальных исследований в ядерной физике; - системы стандартизации и сертификации. <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> – формулировать на математическом языке и решать физические задачи; - уметь самостоятельно проводить экспериментальные исследования. <p>Владеть навыками:</p> <ul style="list-style-type: none"> – использования математического аппарата при решении физических задач; – работы с электроизмерительными приборами.
	<p>ИД_ОПК-2.4. Способен выбирать способы и средства измерений и проводить экспериментальные исследования.</p>	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> – способы и средства измерений. <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> – проводить экспериментальные исследования в ядерной физике. <p>Владеть навыками:</p> <ul style="list-style-type: none"> – применения методов обработки и анализа экспериментальной и теоретической информации.

	<p>ИД_ОПК-2.5. Демонстрирует умения обработки и представления полученных данных и анализа оценки погрешности результатов.</p>	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - методы статистической обработки результатов измерения в физическом практикуме по ядерной физике; - основные виды распределений случайных величин. - основы работы в Excel, Libre Office Calc. <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> – обрабатывать результаты прямых и косвенных измерений; - пользоваться теоретическими основами, основными понятиями, законами и моделями в ядерной физике. <p>Владеть навыками:</p> <ul style="list-style-type: none"> - применения методов обработки и анализа экспериментальной и теоретической физической информации; – графического представления экспериментальных результатов – использования информационных технологий при решении физических задач.
--	--	--

4. Объем, структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы, 72 академических часа.

№ п/ п	Темы (разделы) дисциплины, их содержание	С е м е с т р	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу студентов, и их трудоемкость (в академических часах)						Формы текущего контроля успеваемо- сти Форма промежуточ- ной аттестации (по семестрам)
			Контактная работа						
			лекции	практические	лабораторные	консультации	аттестационные испытания	самостоятельная работа	
	Статистика регистра- ции ядерных излучений (лабораторная работа № 1)				4			4	Подготовка отчета по работе. Сдача теорети- ческого минимума, защита полученных результатов
	Детекторы ядерных из- лучений (лабораторные работы № 2, 3)				8	1		8	Подготовка отчета по работе. Сдача теорети- ческого минимума, защита полученных результатов
	Взаимодействие ядер- ных излучений с веще- ством (лабораторные ра- боты № 5, 6, 7)				11	1		11	Подготовка отчета по работе. Сдача теорети- ческого минимума, защита полученных результатов
	Превращение атомных ядер и элементарных частиц (лабораторные работы № 8, 9, 10)				11	1		11	Подготовка отчета по работе. Сдача теорети- ческого минимума, защита полученных результатов
							0.3	1.7	Зачёт
	Итого				34	3	0.3	34.7	

Содержание разделов дисциплины:

**Физический практикум по ядерной физике.
Список лабораторных работ**

1. **Статистика регистрации ядерных излучений**
 1. Проверка гипотезы о законе распределения. Оценка параметров распределения.
2. **Детекторы ядерных излучений**
 2. Исследование характеристик самогасящегося счетчика Гейгера-Мюллера.
 3. Исследование характеристик сцинтиляционного детектора.
3. **Взаимодействие ядерных излучений с веществом**
 5. Исследование распределения пробегов альфа-частиц в воздухе.
 6. Исследование поглощения бета-излучения в веществе.
 7. Исследование ослабления гама-излучения в веществе.
4. **Превращение атомных ядер и элементарных частиц**
 8. Измерение объемной активности дочерних продуктов радона в воздухе.
 9. Исследование спектров альфа-распада
 10. Исследование спектров бета-распада

5. Образовательные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

В процессе обучения используются следующие образовательные технологии:

Лабораторное занятие – занятие, посвященное освоению конкретных умений и навыков и закреплению знаний, полученных на лекциях и практических занятиях. Это форма организации обучения, когда студенты по заданию и под руководством преподавателя выполняют одну или несколько лабораторных работ. Основные дидактические цели лабораторных работ – экспериментальное подтверждение изученных теоретических положений, проверка формул, ознакомление с методикой проведения экспериментов, исследований. В ходе работы студенты вырабатывают умения наблюдать, сравнивать, сопоставлять, анализировать, делать выводы и обобщения, самостоятельно вести исследования, пользоваться различными приемами измерений, оформлять результаты в виде таблиц, схем, графиков. Одновременно у студентов формируются профессиональные умения и навыки обращения с приборами, аппаратурой и другими техническими средствами для проведения опытов. В соответствии с дидактическими целями определяется содержание лабораторных работ: изучение свойств веществ, их качественных характеристик, количественных показателей, изучение устройства и работы приборов, оборудования, их испытание, снятие характеристик и т. д.

Лабораторная работа – организация учебной работы с реальными материальными и информационными объектами, экспериментальная работа с аналоговыми моделями реальных объектов.

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

В процессе осуществления образовательного процесса используются:

Windows Pro 7 RUS

Microsoft Office Std 2013

– для графического представления результатов измерений рекомендуется использовать программы AdvancedGrapher и Open/LibreOfficeCalc, распространяемые свободно.

– для обработки результатов измерений предлагается использовать программы Octave, Scilab, FreeMat, O-matrix и Maxima, распространяемые свободно.

7. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (при необходимости)

В процессе осуществления образовательного процесса по дисциплине используются:

автоматизированная библиотечно-информационная система «БУКИ-NEXT»
http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_find.php.

8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

а) основная литература

1. Алексеев В.П., Глушаков В.П. Ядерная физика. Лабораторный практикум (учебное пособие). Пособие имеет гриф УМО «Физика» по классическому университетскому образованию, Ярославль, ЯрГУ. 2009, 236 с.

б) дополнительная литература

1. Сивухин Д. В. Общий курс физики: учебное пособие для вузов: в 5 т – М.: Физматлит, 2017 (и др. года издания).
2. Савельев И.В. Курс общей физики: учеб. пособие для вузов: в 4 т – М.: КНОРУС, 2009 (и др. года издания).
3. Шпольский Э.В. Атомная физика. – М., Наука, 1984.
4. Зайдель А. Н. Элементарные оценки ошибок измерений. – М., Книга по требованию, 2013 (и др. года издания).

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

Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине включает в свой состав специальные помещения:

- учебные аудитории для проведения занятий лабораторных работ, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации;
- помещения для самостоятельной работы;
- помещения для хранения и профилактического обслуживания технических средств обучения.

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

Число посадочных мест в аудитории для лабораторных работ больше либо равно половине списочного состава группы обучающихся. (Для проведения лабораторных работ группа обучающихся делится на две подгруппы).

Лаборатория "ядерная физика"

Лабораторная работа №1

- Лабораторная установка "Статистика ядерных излучений" (изг. на заказ)

Лабораторная работа №2

- Лабораторная установка "Счётчик Гейгера-Мюллера" (изг. на заказ)
- Источник питания БНВ-16п
- Пересчётный прибор ПСО2-5

Лабораторная работа №3

- Лабораторная установка "Сцинтилляционный одноканальный гамма-спектрометр" (изг. на заказ)
- Пересчётный прибор ПСО2-5

Лабораторная работа №5

- Лабораторная установка "Альфа-пробежный спектрометр" (изг. на заказ)

Лабораторная работа №6

- Лабораторная установка "Изучение прохождения бета-излучения через вещество" (изг. на заказ)

Лабораторная работа №7

- Лабораторная установка "Исследование прохождения гамма-квантов через вещество" (изг. на заказ)

Лабораторная работа №8

- Лабораторная установка "Измерение объёмной активности дочерних продуктов радона в воздухе" (изг. на заказ)

Лабораторная работа №9

- Лабораторная установка "Исследование спектров альфа-распада" (изг. на заказ)

Лабораторная работа №10

- Лабораторная установка "Исследование спектров бета-распада" (изг. на заказ)

Ассистент кафедры
микроэлектроники и общей физики

(подпись)

Неменко Е. О
(Фамилия И.О.)

**Приложение №1 к рабочей программе дисциплины
«Физический практикум по ядерной физике»**

**Фонд оценочных средств
для проведения текущей и промежуточной аттестации студентов
по дисциплине**

**1. Типовые контрольные задания или иные материалы,
используемые в процессе текущего контроля успеваемости**

При выполнении лабораторной работы, студент должен представить её результаты в форме отчета, согласно единым требованиям. Отчёт подаётся каждым студентом индивидуально.

2. Список вопросов и (или) заданий для проведения промежуточной аттестации

**Задания для самостоятельной работы №1
(проверка сформированности ОПК-2, индикатор ИД_ОПК-2.1.и ИД_ОПК-2.2).**

1. В чем заключается причина возникновения случайных ошибок?
2. Сформулировать определения основных параметров генеральной совокупности и выборки?
3. Связь между распределениями Пуассона и Гаусса.
4. Как оценить надежность результата для заданного доверительного интервала значений нормально распределенной случайной величины?
5. Как определить доверительный интервал и надежность результата в случае одного единственного измерения?
6. Что такое выборочный критерий Пирсона?
7. Что такое квантиль?
8. Что такое дисперсия и математическое ожидание?
9. Как соотносятся дисперсия и математическое ожидание в распределении Пуассона?
10. Какой метод регистрации положен в основу счётчика Гейгера-Мюллера?
11. Какую информацию об излучении дает сигнал на выходе счётчика Гейгера-Мюллера?
12. Каковы основные характеристики счётчика Гейгера-Мюллера?
13. Какова область применения счётчика Гейгера-Мюллера?
14. От чего зависит эффективность счётчика Гейгера-Мюллера?
15. Почему разрешающее время у самогасящегося счетчика меньше, чем у несамогасящегося?
16. Объясните линейную чувствительность счётчика Гейгера-Мюллера.
17. Объясните счётную характеристику счётчика Гейгера-Мюллера.
18. Какой метод регистрации положен в основу сцинтилляционного детектора?
19. Какую информацию об излучении дает сигнал на выходе сцинтилляционного детектора?
20. Каковы основные характеристики сцинтилляционного детектора?
21. Какова область применения сцинтилляционного детектора?
22. От чего зависит эффективность сцинтилляционного детектора?
23. Объясните счётную характеристику сцинтилляционного детектора.

24. Что такое дискриминатор?
25. Проанализируйте полученный спектр.
26. Какой пик является фотопиком? пиком полного поглощения? Причины их появления.
- 27.

Задания для самостоятельной работы №2
(проверка сформированности ОПК-2,
индикатор ИД_ОПК-2.3.и ИД_ОПК-2.4.).

1. Природа альфа-распада.
2. Почему альфа-спектр дискретен?
3. Как происходит взаимодействие тяжёлых заряженных частиц с веществом?
4. Почему альфа-частицы с данной энергией имеют в воздухе фиксированную длину пробега?
5. Достоинства и недостатки альфа-пробежного спектрометра.
6. Каково влияние альфа-излучения на живые организмы?
7. Какие радиоактивные элементы удалось идентифицировать в источнике «триплет»?
8. Почему β -спектр является непрерывным?
9. Записать энергетические условия возможности β -распада.
10. Записать схемы бета-распада.
11. Как происходит взаимодействие бета-частиц с веществом?
12. Записать цепочку распада Стронция-90.
13. Как в данной работе разделяются спектры Стронция-90 и Иттрия-90.
14. Используя полученное в работе значение R_β для алюминия, оценить пробег β -частиц в воздухе.
15. При каких условиях ядро $M(Z,A)$ превращается в свой изобар только посредством Е-захвата?
16. Почему при одних и тех же превращениях нуклонов в ядре различные элементы испускают β -частицы с различными энергетическими спектрами?
17. Влияние бета-излучения на живые организмы.
18. Природа гамма излучения.
19. Почему спектр γ -излучения дискретный?
20. Виды взаимодействия гамма-излучения с веществом.
21. Почему фотоэффект реализуется только на связанном электроны?
22. Почему на свободном электроны происходит рассеяние гамма-квантов?
23. Какие условия необходимы для образования электрон-позитронной пары?
24. Почему фотоэффект не наблюдается на алюминиевом поглотителе в отличие от свинцового?
25. Влияние гамма-излучения на живые организмы.
26. Показать, что средняя длина пробега γ -квантов в веществе равна 1μ .
27. Причины появления радона в воздухе.
28. Записать цепочку распада радона.
29. Какие дочерние продукты радона исследуются в данной работе?
30. Как выглядит зависимость от времени накопления дочерних продуктов радона на фильтре при прокачке?
31. Как выглядит зависимость активности дочерних продуктов радона от времени после прекращения прокачки?

32. Влияние радона и его дочерних продуктов на живые организмы.
33. Записать цепочки альфа-распада для всех источников применяемых в данной работе.
34. Чем отличаются спектр Радия-226 от спектров Плутония-238 и Урана-233?
35. Для чего применяется источник Радий-226 в альфа-спектроскопии?
36. Различные схемы альфа-распада.
37. Магические и дважды-магические ядра.
38. Разрешённые и запрещённые альфа-переходы.
39. В чём состоит явление электронной конверсии?
40. Чем отличаются конверсионные электроны от бета-частиц?
41. При каких условиях ядро будет бета-стабильным?
42. Как выглядят законы сохранения энергии и импульса при бета-распаде?
43. Разрешённые и запрещённые бета-переходы. Порядок запрета.
44. График Кюри.
45. Для чего применяются конверсионные источники в бета-спектроскопии?

**Задания для самостоятельной работы №3
(проверка сформированности ОПК-2, индикатор ИД_ОПК-2.5.).**

1. Показать, что средняя длина пробега γ -квантов в веществе равна 1μ .
2. Причины появления радона в воздухе.
3. Записать цепочку распада радона.
4. Какие дочерние продукты радона исследуются в данной работе?
5. Как выглядит зависимость от времени накопления дочерних продуктов радона на фильтре при прокачке?
6. Как выглядит зависимость активности дочерних продуктов радона от времени после прекращения прокачки?
7. Влияние радона и его дочерних продуктов на живые организмы.
8. Записать цепочки альфа-распада для всех источников применяемых в данной работе.
9. Чем отличаются спектр Радия-226 от спектров Плутония-238 и Урана-233?
10. Для чего применяется источник Радий-226 в альфа-спектроскопии?
11. Различные схемы альфа-распада.
12. Магические и дважды-магические ядра.
13. Разрешённые и запрещённые альфа-переходы.
14. В чём состоит явление электронной конверсии?
15. Чем отличаются конверсионные электроны от бета-частиц?
16. При каких условиях ядро будет бета-стабильным?
17. Как выглядят законы сохранения энергии и импульса при бета-распаде?
18. Разрешённые и запрещённые бета-переходы. Порядок запрета.
19. График Кюри.
20. Для чего применяются конверсионные источники в бета-спектроскопии?

Зачет по физическому практикуму выставляется по итогам текущей аттестации, при выполнении студентом установленного количества лабораторных работ.

Правила выставления оценки

По итогам зачёта выставляется одна из оценок: «зачет» или «незачет».

Оценка «зачет» выставляется студенту, который подготовил отчёты по лабораторным работам, знает физические величины и их единицы измерения, формулировки основных физических законов электромагнетизма, методов обработки результатов, умеет пользоваться предоставленными приборами и установками, умеет использовать материалы к лабораторным работам, владеет навыками практического применения лабораторных установок и приборов в конкретной лабораторной работе.

Оценка «незачтено» выставляется студенту, у которого не подготовлен хотя бы один отчёт по необходимым лабораторным работам, который не знает физические величины и их единицы измерения, формулировки основных физических законов электромагнетизма, методов обработки результатов, не умеет пользоваться предоставленными приборами и установками, не умеет использовать материалы к лабораторным работам или не владеет навыками практического применения лабораторных установок и приборов в конкретной лабораторной работе.

Приложение № 2 к рабочей программе дисциплины «Физический практикум по ядерной физике»

Методические указания для студентов по освоению дисциплины

Физический практикум по ядерной физике играет важную роль в процессе изучения студентами основных физических законов и закономерностей, прививает им навыки самостоятельной постановки и проведения физического эксперимента, знакомит их с методами обработки результатов измерений и представлением полученных данных в виде графиков и таблиц. В физическом практикуме рассмотрены основные закономерности физики атомного ядра и элементарных частиц. Обсуждается применение установленных закономерностей в науке и технике. Рассмотрены основные исторические исследования, вклад отечественных ученых в развитие ядерной физики. Подчеркнута роль ядерных взаимодействий в формировании научной картины мира.

1. Занятия проходят по расписанию физического факультета в лаборатории 301 (1 учебного корпуса) — лаборатория «Ядерная физика».
2. Ответственным за проведение занятий в каждой группе является преподаватель, ведущий в этой группе физический практикум. В лаборатории, как ответственный за работу приборов и аппаратуры, присутствует лаборант. Каждый студент заранее получает информацию о номере лабораторной работы физического практикума, которую ему предстоит выполнять на очередном занятии.
3. Студент должен без опоздания явиться в лабораторию, где выполняется физический практикум.
4. На занятия физического практикума студент должен приходить подготовленным к выполнению лабораторной работы, что означает: усвоение теоретического материала по теме лабораторной работы, знание порядка ее выполнения, основных элементов установки, методов обработки результатов. При подготовке следует изучить описание и дополнительный материал в рекомендованной литературе (в конце описания), подготовить ответы на контрольные вопросы.
5. После изучения описания лабораторной работы студент должен подготовить в рабочей тетради конспект теоретического материала, привести схему экспериментальной установки и основные расчетные формулы, приготовить таблицы для записи результатов экспериментов, указать названия упражнений.
6. Измерения на установке производятся в том порядке, который указан в описании лабораторной работы. В рабочую тетрадь, или, как правило, в заранее подготовленную таблицу, студент должен записать результаты всех проведенных прямых измерений непосредственно во время эксперимента. Все данные записываются в таблицу только ручкой, предельно аккуратно, с указанием размерности измеряемых величин. Если для обработки данных используется компьютер, то данные сначала записываются в тетрадь и только потом в компьютер. Если студент не может объяснить, как они получены, то это может послужить основанием для неудовлетворительной оценки. По окончании выполнения эксперимента студент представляет результаты измерений преподавателю. Преподаватель подписывает результаты в рабочей тетради студента и делает отметку о выполнении работы в своей книжке. Только после этого лабораторная работа считается выполненной, а студент имеет право покинуть лабораторию.
7. Для сдачи работы студент должен выполнить все задания, приведенные в описании лабораторной работы. В рабочей тетради должны быть представлены результаты обработки экспериментальных данных и погрешности (с указанием расчетных формул для их оценки). В конце отчета приводятся основные результаты и формулируются выводы. Отчет по лабораторной работе сдается во время очередного занятия практикума преподавателю. Преподаватель знакомится с полученными результатами, задает дополнительные вопросы и, с учетом ответов студента по теоретическим и эксперимен-

тальным результатам ставит оценку за выполненную работу. Если ответы студента не удовлетворяют преподавателя или обработка результатов проведена не в полном объеме, то преподаватель имеет право отправить студента для дополнительной подготовки и повторной сдачи лабораторной работы.

8. Преподаватель имеет право поставить за работу студента по выполнению задачи оценку «не зачтено». В этом случае задача считается несданной, а ее результаты аннулируются.

9. Лабораторная работа должна быть сдана в течение трех последующих занятий физического практикума после ее выполнения. По истечении этого срока преподаватель, имеет право отказать в приеме отчета.

10. Студент, своевременно выполнивший и сдавший лабораторные работы, получает оценку «зачтено», которая проставляется преподавателем группы в зачетную книжку, а также в зачетную ведомость. Для студентов, имеющих по окончании физического практикума несданные лабораторные работы, организуется комиссия по практикуму, на которой разрешается сдать работы, выполненные ранее. Выполнение лабораторного практикума на комиссии не допускается. На комиссии должны присутствовать все студенты, не получившие зачет по практикуму. Комиссия выясняет причины невыполнения учебного плана по практикуму. С учетом предъявленных студентом объяснений и справок комиссия принимает решение о зачете или незачете по практикуму.

ЕДИНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ к оформлению отчёта по лабораторным работам

- 1) Порядковый номер и наименование лабораторной работы.
- 2) Цель работы.
- 3) Перечень используемого оборудования с указанием основных параметров установок и приборов.
- 4) Основные теоретические сведения и расчетные формулы.
- 5) Функциональную и принципиальную схему лабораторной установки.
- 6) Предварительные расчеты, выполненные при подготовке к выполнению работы (где это требуется по описанию работы).
- 7) Содержание работы (порядок выполнения).
- 8) Ход выполнения работы:
 - а) таблицы с результатами вычислений;
 - б) графики экспериментальных и расчетных зависимостей.

Примечание: графики вычерчиваются на миллиметровой бумаге или с помощью компьютера и вклеиваются в отчет. На каждом графике строятся только те зависимости, которые предусмотрены соответствующим пунктом описания. Особое внимание следует обратить на рациональный выбор масштабов по осям координат. Графики экспериментальных зависимостей следует выполнять так, чтобы были ясно видны точки снятых отсчетов. Поскольку получаемые точки имеют некоторый разброс, то кривые следует проводить между ними, сообразуясь с физическими закономерностями.

9) Оценку ошибок измерений и вычислений.

10) Краткие выводы: критические сопоставления результатов эксперимента и теоретических положений, объяснения расхождений между ними (в случае их наличия).