

Минобрнауки России  
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт сильноточной электроники  
Сибирского отделения Российской академии наук  
(ИСЭ СО РАН)

УТВЕРЖДАЮ  
директор ИСЭ СО РАН  
академик РАН



Н. А. Ратахин Н. А. Ратахин

«24» августа 2018 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
**ДИСЦИПЛИНЫ**  
**«Взаимодействие потоков частиц**  
**и излучений с веществом»**

основных профессиональных образовательных программ высшего образования —  
программ подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре  
по направлениям подготовки кадров высшей квалификации

№ п/п	Направление подготовки	Наименование ОПОП (профиль подготовки)	Место дисциплины в учебном плане
1	03.06.01 Физика и астрономия	Физическая электроника	Вариативная часть, дисциплина по выбору
2		Оптика	Вариативная часть, дисциплина по выбору дисциплина
3		Электрофизика, электрофизические установки	Вариативная часть, дисциплина по выбору
4	11.06.01 Электроника, радиотехника и системы связи	Вакуумная и плазменная электроника	Вариативная часть, дисциплина по выбору



# 1. Общая характеристика дисциплины

## 1.1. Место дисциплины в структуре ООП

Перечень основных профессиональных образовательных программ высшего образования — программ подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре по направлениям подготовки кадров высшей квалификации, в учебные планы которых входит данная дисциплина, и ее место в учебном плане обозначены на титульном листе настоящей рабочей программы.

Для успешного освоения дисциплины аспирант должен знать:

- общую физику, электродинамику, атомную физику, квантовую механику, оптику, физику твердого тела в объеме, предусмотренном для магистров, и уметь:
- применять методы математического анализа и математической физики.
- использовать персональный компьютер для решения научных задач.

## 1.2. Цели и задачи освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины является формирование у аспиранта глубоких и систематических физических представлений о закономерностях взаимодействия заряженных частиц и фотонов с веществом.

В результате изучения дисциплины аспирант должен:

знать:

- процессы взаимодействия заряженных частиц и фотонов с веществом;
- свойства и характеристики ионизирующих излучений различных типов для прогнозирования эксперимента и анализа его результатов;

уметь:

- рассчитывать характеристики поля излучения любого вида по заданным параметрам источника,
- применять пакеты прикладных программ для расчета полей ионизирующих излучений.

## 1.3. Формируемые компетенции

Освоение настоящей дисциплины дает вклад в формирование у обучающихся следующих компетенций:

ОПК-1: Способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий.

ПК-1: Наличие широких, целостных и глубоких знаний о физических явлениях, определяющих процессы взаимодействия заряженных частиц и фотонов с веществом, свойствах и характеристиках ионизирующих излучений различных типов (как составляющая профессиональной компетенции ПК-1 в ООП, в состав которой включается настоящая дисциплина).

ПК-2: Умение вычленять физические факторы, существенных в системах, в которых присутствует или действие которых основано на взаимодействии потоков и частиц и излучений с веществом, рассчитывать параметры процессов в таких системах, прогнозировать их поведение; рассчитывать характеристики поля излучения любого вида по заданным параметрам источника, применять пакеты прикладных программ для расчета полей ионизирующих излучений (как составляющая профессиональной компетенции ПК-2 в ООП, в состав которой включается настоящая дисциплина)..

УК-1: Способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях.

УК-2: Способность проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки.

УК-3: Готовность участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач.



Таблица соответствия компонентов фонда оценочных средств (ФОС) по дисциплине формируемым компетенциям приведена в п. 5.2 рабочей программы.

## 2. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы (108 часов).

### 2.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу аспирантов, и их трудоемкость (в часах)		
		Лекции	Практика	Самостоятельная работа
1	Кинематика столкновений	4	—	8
2	Сечения взаимодействия	4	—	8
3	Упругие столкновения заряженных частиц	6	—	12
4	Неупругие взаимодействия заряженных частиц с атомами	6	—	12
5	Ядерные взаимодействия тяжелых заряженных частиц	4	—	8
6	Флуктуации потерянной энергии, пробеги, коэффициенты пропускания и отражения заряженных частиц	4	—	8
7	Взаимодействие электромагнитного излучения с веществом	8	—	16
	ИТОГО	36	—	72

### 2.2. Наименование тем, их содержание, объём в часах лекционных занятий

Порядковый номер лекции	Раздел, тема учебного курса, содержание лекции	Трудоемкость	
		час.	зач. ед.
Раздел 1. Кинематика столкновений		4	0,11
1	Тема 1.1. Упругое рассеяние (нерелятивистский случай). Лабораторная система координат. Нерелятивистское упругое рассеяние. СЦИ. Связь физических величин в ЛСК и СЦИ.	2	0,055
2	Тема 1.2. Релятивистская кинематика упругого рассеяния. Кинематика неупругих столкновений.	2	0,055
Раздел 2. Сечения взаимодействия		4	0,11
3	Тема 2.1. Микроскопическое сечение взаимодействия. Дифференциальные сечения. Вычисление средних величин.	2	0,055
4	Тема 2.2. Сечения рассеяния и поглощения энергии. Преобразование сечений. Макроскопические коэффициенты взаимодействия.	2	0,055
Раздел 3. Упругие столкновения заряженных частиц		6	0,17
5	Задача двух тел. Использование законов сохранения для анализа движения (нерелятивистский случай). Задача Кеплера. Формула Резерфорда.	2	0,055
6	Элементы квантовой теории упругого рассеяния. Приближение Борна.	2	0,055



	Упругое рассеяние заряженных частиц атомами. Экранирование.		
7	Особенности упругого рассеяния электронов и позитронов. Влияние упругого рассеяния на траекторию заряженной частицы в веществе. Многократное рассеяние.	2	0,055
Раздел 4. Неупругие взаимодействия заряженных частиц с атомами		6	0,17
8	Сечение ионизации атома заряженными частицами. Дельта электроны. Классическая теория потерь энергии на ионизацию и возбуждение атомов. Формула Бете-Блоха. Эффект плотности.	2	0,055
9	Потери на столкновения легких заряженных частиц. Связь между потерями энергии и ионизацией.	2	0,055
10	Тормозное излучение заряженных частиц. Потери энергии на тормозное излучение. Полные потери энергии. Эффект аннигиляции.	2	0,055
Раздел 5. Ядерные взаимодействия тяжелых заряженных частиц		4	0,11
11	Основные определения. Механизмы ядерных реакций. Законы сохранения в ядерных реакциях. Общие свойства ядерных реакций. Особенность ядерных взаимодействий заряженных частиц.	2	0,055
12	Типы ядерных взаимодействий заряженных частиц. Энергетические диаграммы ядерной реакции. Роль ядерных реакций в ослаблении пучка заряженных частиц. Выход ядерной реакции.	2	0,055
Раздел 6. Флуктуации потерянной энергии, пробеги, коэффициенты пропускания и отражения заряженных частиц		4	0,11
13	Тема 6.1. Статистический разброс потерь энергии на столкновения. Распределение Ландау. Флуктуации в потерях энергии на излучение.	2	0,055
14	Тема 6.2. Пробеги заряженных частиц в веществе. Коэффициенты пропускания. Коэффициенты отражения.	2	0,055
Раздел 7. Взаимодействие электромагнитного излучения с веществом		8	0,22
15	Тема 7.1. Рассеяние электромагнитных волн на свободных зарядах. Формула Томсона.	2	0,055
16	Тема 7.2. Рассеяние электромагнитных волн связанными зарядами. Рассеяние электромагнитных волн системой зарядов. Когерентное и некогерентное рассеяние. Эффект Комптона.	2	0,055
17	Тема 7.3. Фотоэффект. Эффект образования электронно-позитронных пар.	2	0,055
18	Тема 7.4. Фотоядерные реакции. Полное сечение взаимодействия фотонов.	2	0,055
СУММАРНАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ		36	1,0

### 2.3. Практические занятия

Не предусмотрены.

### 2.4. Самостоятельная работа аспирантов

Внеаудиторная самостоятельная работа аспирантов включает следующие виды деятельности:

- проработку учебного материала по конспектам лекций и учебной литературе,
- конспектирование и реферирование источников из списка дополнительной учебной и научной литературы.
- решение задач по заданию преподавателя.

#### 2.4.1. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы аспирантов.

Используются виды самостоятельной работы аспиранта: в читальном зале библиотеки, в учебных кабинетах, на рабочих местах с доступом к интернет-ресурсам, и в домашних условиях. Аспиранты имеют возможность получать консультации у лектора.



Самостоятельная работа подкрепляется учебно-методическим и информационным обеспечением, включающим основную и дополнительную учебную и научную литературу, а также конспекты лекций.

#### 2.4.2. Примеры вопросов для самоконтроля при самостоятельной работе

1. Перечислить процессы, в которых образуется электромагнитное излучение.
2. Как в классической электродинамике описывается процесс рассеяния электромагнитного излучения? Записать общий вид дифференциального сечения рассеяния электромагнитного излучения.
3. Перечислить силы, которые необходимо учитывать при вычислении сечения рассеяния электромагнитных волн связанными зарядами. Записать уравнение Ньютона для этого случая.
4. Показать на рисунке все углы, которые необходимо учитывать при вычислении дифференциального сечения рассеяния поляризованного электромагнитного излучения.
5. Записать дифференциальное и полное сечение томсоновского рассеяния.
6. Изобразить на графике полное сечение рассеяния в зависимости от частоты падающего излучения. Провести анализ.
7. Дать определения когерентного и некогерентного излучения. Какова зависимость сечений этих процессов от  $Z$ ?
8. В чем состоит эффект Комптона? Описать зависимость  $E'_\gamma(E_\gamma)$ . Показать, как меняется угловое распределение рассеянных фотонов с изменением энергии первичного излучения. Как и почему влияет учет связи атомных электронов на сечение комптоновского рассеяния?
9. Перечислить основные особенности фотоэффекта. Записать выражения для энергии ХРИ и оже-электрона.
10. Основные закономерности эффекта образования электронно-позитронных пар.
11. Что такое фотоядерная реакция и в чем особенность сечений фотоядерных реакций? Как зависит выход фотонейтронов от  $Z$  вещества?
12. Изобразить графически зависимость сечений основных процессов взаимодействия фотонов с веществом от их энергии.

#### 2.4.3. Примеры задач для самостоятельного решения

1. Сделать рисунок к равенству  $\vec{p}_1 = \vec{p}'_1 + \vec{p}'_2$  и записать соответствующее равенство для проекций, выраженных через углы рассеяния. Объяснить, как исключить из этих уравнений одну из величин  $p'_1, p'_2, \vartheta_1, \vartheta_2$ ?
2. Нерелятивистская частица с массой  $m_1$  и кинетической энергией  $T_1$  испытывает упругое лобовое столкновение с частицей массой  $m_2$  и  $T_2 = 0$ . Вычислить переданную энергию  $Q$  и отношение  $q = Q/T_1$ . Построить график функции  $q(A)$ , где  $A = m_1/m_2$ . При каком  $A$ , величина  $q$  будет максимальной (наиболее эффективный замедлитель)?
3. Нерелятивистская частица с массой  $m_1$  и кинетической энергией  $T_1$  испытывает упругое столкновение с покоящейся частицей массой  $m_2$ . Вычислить угол разлета частиц после рассеяния. Что будет, если  $m_1 = m_2$ ?
4. В опытах Чедвика (1932 г.) нейтроны давали в водороде протоны отдачи с  $Q_{\max} = 5,7$  МэВ, а в азоте – ионы отдачи с  $Q_{\max} = 1,6$  МэВ. Найти по этим данным массу нейтрона.
5. Построить векторную диаграмму импульсов для упругого рассеяния 2-х нерелятивистских частиц с массами  $m_1$  и  $m_2$ . В ЛСК вторая частица до столкновения покоится. Определить



из построенной диаграммы возможные углы рассеяния налетающей частицы  $\vartheta_1$  для случаев:  $m_1 < m_2$ ;  $m_1 = m_2$ ;  $m_1 > m_2$ .

6. Частица массы  $m_1$  с импульсом  $p_1$  испытала упругое столкновение с покоящейся частицей массы  $m_2$ . Найти импульс первой частицы после столкновения  $p_1'$ , если в результате столкновения она рассеялась под углом  $\vartheta$  к первоначальному направлению движения. Провести физический анализ результата в зависимости от соотношения масс частиц.
7. Заряженная частица с зарядом  $Z_1e$ , массой  $m_1$  и кинетической энергией  $T_1$  налетает на покоящуюся частицу с зарядом  $Z_2e$  и массой  $m_2$ . Найти минимальное расстояние, на которое сблизятся частицы при лобовом столкновении. Решить задачу отдельно в ЛСК и СЦИ.
8. Какую часть  $\eta$  своей кинетической энергии теряет частица массы  $m_1$  при упругом рассеянии под предельным углом (см. задача 6) на покоящейся частице массы  $m_2 < m_1$ ?
9. Заряженная частица с импульсом  $\vec{p}$  упруго рассеивается на атомном электроны. Пренебрегая энергией связи электрона и считая его покоящимся, вычислить импульс рассеянной частицы как функцию угла, под которым вылетит электрон.
10. Частица массы  $m_1$ , имеющая скорость  $v$  испытала упругое столкновение с покоящейся частицей массы  $m_2$ . Выразить скорости обеих частиц после столкновения через их углы рассеяния в ЛСК.

### 3. Учебно-методические материалы

#### 3.1. Основная литература:

1. В.И. Беспалов Взаимодействие ионизирующих излучений с веществом: учебное пособие. 4-е изд., исправ./ – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008.
2. Черняев А. П. Взаимодействие ионизирующего излучения с веществом. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004.
3. Н.Г. Гусев, В.А. Климанов, В.П. Машкович, А.П. Суворов Защита от ионизирующих излучений. – Т. 1. Физические основы защиты от излучений: Учебник для вузов -3е изд. М.: Энергоатомиздат, 1989.
4. А.М. Кольчужкин, В.В. Учайкин Введение в теорию столкновений, Томск, ТГУ, 1979.
5. В.В. Балашов Строение вещества. – М.: Изд. МГУ, 1993.
6. С.В. Стародубцев, А.М. Романов. "Взаимодействие гамма-излучения с веществом", Ташкент, 1964.
7. Ю.М. Широков, Н.П. Юдин "Ядерная физика", М., Наука, 1972.
8. К.Н. Мухин "Экспериментальная ядерная физика", т. 1., М., Атомиздат, 1974.

#### 3.2. Дополнительная литература:

1. Г.А. Пшеничный "Взаимодействие излучений с веществом и моделирование задач ядерной геофизики", М.: Энергоиздат, 1982.
2. И.Е. Иродов "Основные законы механики", Учебное пособие, М.: Высшая школа, 1985.
3. И.Е. Иродов "Квантовая физика. Основные законы": Учеб. пособие для вузов. – М.: Лаборатория Базовых Знаний, 2002.
4. Л.Д.Ландау, Е.М.Лифшиц "Механика", М.: Наука, 1965.
5. Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц "Теория поля". – М.: ГИФМЛ, 1962.
6. Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц "Теоретическая физика": Учеб. Пособие для вузов. В 10 т. Т. 3. "Квантовая механика (нерелятивистская теория)". – М.: Наука, 1989.



7. Дж. Джексон "Классическая электродинамика". – М.: Мир, 1965.
8. Машкович, А.В. Кудрявцева "Защита от ионизирующих излучений", Справочник, М.: Энергоатомиздат, 1995.
9. О.Ф. Немец, Ю.В. Гофман "Справочник по ядерной физике", Киев.: Наукова думка, 1975.
10. С.В. Стародубцев, А.М. Романов. "Прохождение заряженных частиц через вещество", Ташкент, 1962
11. А.А. Воробьев, Б.А. Кононов "Прохождение электронов через вещество", Томск, ТГУ, 1966
12. И.П. Калашников, В.С. Ремизович, М.И. Рязанов "Столкновения быстрых заряженных частиц в твердых телах". – М.: Атомиздат, 1980.
13. В.А. Квливидзе, С.С. Красильников "Введение в физику атомных столкновений". – М.: Изд. МГУ, 1985.
14. С.В. Скачков, Л.В. Константинов, Р.П. Строганова и др. "Сборник задач по ядерной физике". – М.: ГИФМЛ, 1963.
15. И.Е. Иродов "Задачи по квантовой физике". 2-е изд. – М.: Лаборатория Базовых Знаний, 2001.
16. И.Е. Иродов "Атомная и ядерная физика". Сборник задач: Учебное пособие.– С-П: Изд. Лань, 2002.
17. Сборник задач по физике элементарных частиц: Учеб. пособие для вузов / Ю.П. Никитин, В.П. Протасов, Э.П. Топоркова и др. – М.: Энергоатомиздат, 1992.
18. Г.А. Бете, Ю. Ашкин "Прохождение излучения через вещество": В кн. Экспериментальная ядерная физика, Т.1. – М.: ИИЛ, 1955.
19. Электронный проект: «Ядерная физика в Интернете» кафедры Общей ядерной физики ФФ МГУ (<http://nuclphys.sinp.msu.ru>).

### 3.3. Интернет-ресурсы:

1. <http://nuclphys.sinp.msu.ru>
2. <http://www.vargin.mephi.ru/index.html>
3. <http://ihtik.lib.ru/>
4. <http://www.nndc.bnl.gov>
5. <http://www.ndc.tokai-sc.jaea.go.jp/index.html>
6. <http://www.springerlink.de>

## 4. Материально-техническое обеспечение дисциплины

- аудиторный фонд ИСЭ СО РАН,
- средства мультимедиа,
- рабочее место аспиранта с выходом в Интернет,
- библиотечный фонд ИСЭ СО РАН.

## 5. Оценка качества освоения дисциплины

### 5.1. Оценочные мероприятия и формирование оценки

Оценка качества освоения дисциплины обучающимся осуществляется с использованием балльной системы. Перечень оценочных мероприятий и максимальное количество баллов, которое может быть получено обучающимся в результате каждого мероприятия, приведены в таблице.

Оценочное мероприятие	Максимальное число баллов
Промежуточные тесты (по разделам дисциплины), суммарно	20



Решение задач (самостоятельная работа)	30
Дифференцированный зачет	50
<b>Максимальный суммарный балл</b>	<b>100</b>

На дифференцированном зачете аспиранту выставляется оценка и соответствующее ей число баллов:

«Отлично»: 41—50 баллов.

«Хорошо»: 31—40 баллов.

«Удовлетворительно»: 21—30 баллов.

«Неудовлетворительно»: 20 баллов и менее.

Итоговая оценка качества освоения дисциплины определяется величиной суммарного балла:

«Отлично»: 81—100 баллов.

«Хорошо»: 61—80 баллов.

«Удовлетворительно»: 41—60 баллов.

«Неудовлетворительно»: 40 баллов и менее.

## 5.2. Соответствие оценочных мероприятий (компонентов ФОС) дисциплины формируемым компетенциям, перечисленным в п. 1.3

Компонента ФОС, оценочное мероприятие	Компетенции					
	ОПК-1	ПК-1	ПК-2	УК-1	УК-2	УК-3
Промежуточные тесты (по разделам дисциплины)	+	+	+			
Решение задач (на практических (семинарских) занятиях)	+	+	+		+	+
Решение задач (самостоятельная работа)	+	+	+		+	
Дифференцированный зачет	+	+	+	+		

## 5.3. Примеры контрольных вопросов на зачете

1. Определение центра инерции. ЛСК и СЦИ. Картина упругого рассеяния в этих системах координат. Совместная диаграмма скоростей и связь углов рассеяния в ЛСК и СЦИ. Получить импульсы и скорости частиц до и после столкновения в СЦИ.
2. Связь физических величин в ЛСК и СЦИ. Выразить  $\vartheta_1$ ;  $\vartheta_2$  и  $v_1'$  через  $\theta$ . Найти энергию, переданную покоящейся частице в ЛСК. Связь в нерелятивистском случае кинетических энергий системы частиц в ЛСК и СЦИ.
3. Кинематика неупругих столкновений. Энергия реакции, типы реакций.
4. Полное и дифференциальное сечения: определение и физический смысл. Получить  $d\sigma/dE$ , вычислить  $d\sigma/d\rho$ . Правило вычисления средних значений через дифференциальные сечения.
5. Преобразование сечений, как вычислить  $d\sigma/dQ$ ? Найти  $d\sigma/d\Omega$ , если  $\rho = a \cos \vartheta/2$ .
6. Макроскопические коэффициенты взаимодействия частиц с веществом: определение и физический смысл:  $\Sigma(E)$ ,  $(-dE/dx)$ ,  $R_0(E)$ . Получить закон ослабления узкого пучка.



7. Основные процессы взаимодействия заряженных частиц с веществом. Задача двух тел: постановка задачи, метод решения. Центральные силы: определение, следствие центральности.
8. Полярные координаты. Скорость, момент импульса и закон сохранения энергии в полярных координатах. Использование закона сохранения энергии для анализа движения. Финитные и инфинитные траектории.
9. Получить связь прицельного параметра  $\rho$  с углом рассеяния  $\theta$  и вывести формулу Резерфорда  $d\sigma/d\Omega$ . Формула Резерфорда в ЛСК.
10. Вывести формулу Резерфорда  $d\sigma/d\Omega$ . В чем проявляется влияние экранирования? Потенциал Бора. Формула Мотта. Однократное, кратное и многократное рассеяния. Распределения многократного рассеяния. Теория Мольера. Влияние упругое рассеяние на траектории легких и тяжелых заряженных частиц в веществе.
11. Классическая теория ионизационных потерь энергии заряженными частицами. Формула Бора. Что учитывает формула Бете-Блоха? Зависимость потерь от энергии и вещества. Эффект плотности вещества. Кривая Брэгга.
12. Квазиклассическая теория радиационных потерь энергии заряженными частицами, получить  $(-dE/dx)_{rad}$ . Зависимость радиационных потерь от массы и энергии частицы. Критическая энергия, радиационная единица длины, связь пути частицы с ее энергией. Полная тормозная способность. Эффект аннигиляции.
13. Коэффициенты пропускания и пробеги заряженных частиц.
14. Эффект Комптона. Угловое и энергетическое распределения рассеянных фотонов и вторичных электронов. Когерентное и некогерентное рассеяние. Зависимость сечения от атомного номера вещества и энергии фотонов.
15. Фотоэффект и его особенности. Зависимость сечения от атомного номера вещества и энергии фотонов.
16. Основные особенности процесса образования пар. Зависимость от энергии фотонов сечений основных процессов взаимодействия фотонов с веществом.

Рабочая программа составлена на основании:

федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования (уровень подготовки кадров высшей квалификации) по направлениям подготовки 03.06.01 Физика и астрономия и 11.06.01 Электроника, радиотехника и системы связи, утвержденных приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 30 июля 2014 г. № 867;

- паспортов специальностей научных работников 01.04.04 — физическая электроника; 01.04.05 — оптика; 01.04.13 — электрофизика, электрофизические установки; 05.27.02 — вакуумная и плазменная электроника;

- программ-минимумов кандидатских экзаменов по выше перечисленным специальностям, утвержденных приказом Минобрнауки РФ от 08.10.2007 г. № 274.

Составитель рабочей программы

в.н.с., д.ф.-м.н., профессор



В. В. Рыжов

Рабочая программа рассмотрена и одобрена ученым советом ИСЭ СО РАН.

Протокол № 13 от «24» августа 2018 г.

Секретарь ученого совета, д.ф.-м.н.



И. В. Пегель



**Дополнения и изменения в рабочей программе**  
**за \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ учебный год**

В рабочую программу дисциплины «Взаимодействие излучения с веществом» вносятся следующие дополнения и изменения:

Дополнения и изменения внес \_\_\_\_\_  
(должность, Ф.И.О., подпись)

Рабочая программа пересмотрена и одобрена на заседании ученого совета ИСЭ СО РАН.  
Протокол № \_\_\_ от «    » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Секретарь ученого совета

подпись

Ф. И. О.