

**Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт проблем сверхпластичности металлов
Российской академии наук**

УТВЕРЖДАЮ

Директор ИПСМ РАН

Р.Р. Мулюков

2015 г.



**Рабочая программа учебной дисциплины «Планирование и обработка
результатов эксперимента»**

Составлена для аспирантов ИПСМ РАН, обучающихся по направлению
03.06.01 «Физика и астрономия»,
профиль «Физика конденсированного состояния»

Форма обучения

очная

Составитель

к.т.н.

А.Х. Ахунова

Программа обсуждена и одобрена на заседании ученого совета ИПСМ РАН,
протокол № 11-15 от 02 июля 2015 г.

Уфа 2015

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
1. Цель и задачи курса.....	3
1.1. Цель и задачи изучения дисциплины.....	3
1.2. Основные задачи изучения дисциплины.....	3
1.3. Компетенции, формируемые дисциплиной.....	3
2. Место дисциплины в учебном процессе	3
3. Объем дисциплины и виды учебной работы.....	4
4. Содержание дисциплины.....	4
4.1. Разделы дисциплины, трудоемкость (в часах) по видам занятий	4
4.2. Содержание разделов дисциплины.....	5
4.3. Самостоятельная работа	5
5. Текущая и промежуточная аттестация. Фонд оценочных средств.....	6
5.1. Организация текущего контроля освоения материала	6
5.2. Промежуточная аттестация.....	8
6. Материальное обеспечение дисциплины.....	9
7. Учебная литература для самостоятельной работы.....	9
7.1. Основная литература	9
7.2. Дополнительная литература	10

Введение

Настоящая учебная программа составлена в соответствии с Федеральным законом «Об образовании в Российской Федерации» от 29.12.2012 г. № 273-ФЗ, Приказом Министерства образования и науки РФ от 19.11.2013 №1259 «Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре)», федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 03.06.01 «Физика и астрономия» (уровень подготовки кадров высшей квалификации), утвержденным приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 30 июля 2014 г. N 867, с изменениями, утвержденными Приказом Минобрнауки России от 30.04.2015 г. № 464 «О внесении изменений в федеральные государственные образовательные стандарты высшего образования (уровень подготовки кадров высшей квалификации)», паспортом специальности 01.04.07 «Физика конденсированного состояния», Уставом ИПСМ РАН и положениями, регламентирующими работу аспирантуры ИПСМ РАН.

1. Цель и задачи изучения дисциплины

1.1. Цель изучения дисциплины – формирование у аспирантов основ планирования экспериментов, овладение методами и практическими навыками планирования и обработки результатов экспериментов.

1.2. Основные задачи изучения дисциплины

В результате изучения дисциплины аспирант должен знать:

- основы планирования, проведения и обработки результатов эксперимента;
- основы методов оценки результатов исследований и способы представления научно-технической информации;
- современное состояние науки в области постановки, проведения и обработки результатов эксперимента.

Аспирант должен уметь:

- применять на практике математический аппарат планирования эксперимента;
- определять необходимый объем экспериментальных исследований и составлять план проведения эксперимента;
- проводить анализ, отсеивание и обработку экспериментальных данных.

Аспирант должен приобрести навыки:

- планирования и проведения эксперимента;
- применения современных программных средств обработки данных;
- разработки выводов по результатам статистического анализа экспериментальных данных.

1.3. Компетенции, формируемые дисциплиной:

Дисциплина участвует в формировании общепрофессиональной компетенции:

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

2. Место дисциплины в учебном процессе

Дисциплина «Планирование и обработка результатов эксперимента» преподается во 2-й год обучения аспиранта и относится к обязательным дисциплинам вариативной

части для направления «Физика и астрономия».

Данная дисциплина базируется на следующих дисциплинах первых двух уровней высшего образования по направлению «Физика и астрономия»: высшая математика, физика.

Знания, умения и навыки, приобретенные в результате изучения дисциплины «Планирование и обработка результатов эксперимента», используются в научно-исследовательской работе аспиранта и подготовке диссертации на соискание ученой степени кандидата наук.

3. Объем дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов / зачетных единиц	Год
		3
Общая трудоемкость дисциплины	108 / 3	108
Аудиторные занятия	36 / 1	36
Лекции	36 / 1	36
Самостоятельная работа	72 / 2	72
Вид итогового контроля		зачет

4. Содержание дисциплины

4.1. Разделы дисциплины, трудоемкость (в часах) по видам занятий

№	Название раздела	Всего часов	Аудиторные часы		Самостоятельная работа
			Лекции	Практические занятия	
1	Эксперимент как предмет исследования	3	1		2
2	Основные понятия в области измерений	3	1		2
3	Основные положения теории вероятностей и математической статистики	22	7		15
4	Статистическая обработка результатов эксперимента	22	7		15
5	Проверка статистических гипотез при анализе результатов эксперимента	20	7		13
6	Аппроксимация экспериментальных данных	19	6		13
7	Планирование эксперимента	19	7		12
	Итого	108	36		72

4.2. Содержание разделов дисциплины

1. Эксперимент как предмет исследования

Понятие эксперимента. Классификация видов экспериментальных исследований. Качественный и количественный эксперимент. Натурный и модельный эксперимент. Пассивный и активный эксперимент. Факторный (отсеивающий), экстремальный (оптимизационный), интерполяционный (регрессионный), решающий эксперименты. Цели научных и инженерных исследований. Необходимость отбора и обработки информации, модели и планирования эксперимента.

2. Основные понятия в области измерений

Физические величины и их единицы. Классификация измерений физических величин. Принцип, метод, алгоритм и методика измерений. Погрешность измерений. Методическая, инструментальная, субъективная погрешности. Абсолютная, относительная и приведённая погрешности. Систематические, случайные и грубые погрешности. Статическая и динамическая погрешности. Средства измерений.

3. Основные положения теории вероятностей и математической статистики

Случайные события и вероятность. Случайные величины и законы их распределения. Числовые характеристики распределения непрерывных случайных величин: математическое ожидание, дисперсия, асимметрия, эксцесс. Коэффициент вариации и квантили распределения. Наиболее важные функции распределения: равномерное распределение, нормальное распределение, логарифмически нормальное распределение, распределение χ^2 , распределение Стьюдента. Многомерные случайные величины. Функция регрессии. Ковариация и коэффициент корреляции.

4. Статистическая обработка результатов эксперимента

Генеральная совокупность и выборка. Статистическая (выборочная) оценка. Свойства статистических оценок (несмещенность, эффективность, состоятельность). Эмпирическое (выборочное) распределение. Вычисление выборочных числовых характеристик. Точечное оценивание. Оценивание с помощью доверительного интервала. Построение доверительного интервала для математического ожидания. Построение доверительного интервала для дисперсии. Определение необходимого объема испытаний.

5. Проверка статистических гипотез при анализе результатов эксперимента

Статистические гипотезы. Статистические критерии. Проверка гипотез. Критерии для отбрасывания резко выделяющихся результатов испытаний. Критерий для отбрасывания при известной генеральной дисперсии. Критерий Н.В. Смирнова.

6. Аппроксимация экспериментальных данных

Регрессионный и корреляционный анализ. Корреляционная зависимость. Линейная регрессия. Множественная линейная регрессия. Нелинейная регрессия.

7. Планирование эксперимента

Основные понятия и термины. Параметр оптимизации. Факторы. Факторное пространство. Выбор модели. Предпланирование эксперимента. Интерполяционная модель. Однофакторный эксперимент. Полный факторный эксперимент. Дробный факторный эксперимент.

4.3. Самостоятельная работа

В курсе запланировано 72 часа на самостоятельную работу аспирантов, которая включает в себя самостоятельную проработку и расширенное изучение материала, систематизацию, закрепление знаний и подготовку к сдаче кандидатского экзамена.

5. Текущая и промежуточная аттестация. Фонд оценочных средств

5.1. Организация текущего контроля освоения материала

Текущий контроль знаний по дисциплине «Планирование и обработка результатов эксперимента» осуществляется путем устных или письменных опросов по вопросам пройденных тем с периодичностью через 2 занятия с использованием вопросов для текущего контроля, а также задания, направленного на проверку сформированности компетенций при изучении дисциплины.

Объектами оценивания при текущем контроле выступают:

- учебная дисциплина - активность на занятиях, своевременность выполнения различных видов заданий, посещаемость занятий;
- степень усвоения теоретических знаний;
- степень сформированности компетенций.

Примерный перечень вопросов для подготовки аспирантов к текущему контролю теоретических знаний

1. Понятие эксперимента.
2. Понятие качественного эксперимента.
3. Понятие количественного эксперимента.
4. Понятие пассивного эксперимента.
5. Понятие активного эксперимента.
6. Понятие факторного эксперимента.
7. Понятие экстремального эксперимента.
8. Понятие интерполяционного эксперимента.
9. Понятие решающего эксперимента.
10. Цели научных и инженерных исследований
11. Почему необходим отбор и обработка информации?
12. Почему необходимо планировать эксперимент?
13. Понятие физической величины.
14. Размерность физической величины.
15. Классификация измерений физических величин.
16. Методы измерений.
17. Понятие методической погрешности.
18. Понятие инструментальной погрешности.
19. Понятие субъективной погрешности.
20. Понятие абсолютной погрешности.
21. Понятие относительной погрешности.
22. Понятие приведённой погрешности.
23. Понятие систематической погрешности.
24. Понятие случайно погрешности.
25. Понятие грубой погрешности.
26. Понятие статической погрешности.
27. Понятие динамической погрешности.
28. Средства измерений.
29. Понятие события.
30. Классическое определение вероятности.
31. Понятие случайной величины.
32. Закон распределения случайной величины.
33. Понятие математического ожидания.
34. Понятие дисперсии.
35. Понятие ковариации и коэффициента корреляции.

36. Функция равномерного распределения.
37. Функция нормального распределения.
38. Функция распределения χ^2 .
39. Функция распределения Стьюдента.
40. С какой целью используют законы распределения при обработке данных экспериментальных исследований?
41. Почему нормальный закон распределения наиболее применим в экспериментальной практике?
42. Понятие многомерной случайной величины.
43. Функция регрессии.
44. Ковариация.
45. Статистическое определение вероятности.
46. Выборка и генеральная совокупность.
47. Понятие статистических оценок.
48. Свойства статистических оценок.
49. Понятие эмпирического распределения.
50. Понятие точечной оценки.
51. Понятие интервальной оценки.
52. Понятие доверительного интервала.
53. Связь доверительного интервала, точности и объема информации.
54. Понятие статистической гипотезы
55. С помощью каких критериев производится отсев грубых погрешностей?
56. Понятие нулевой гипотезы.
57. Понятие альтернативной гипотезы.
58. Для чего служит проверка статистических гипотез?
59. Понятие критерия.
60. Критерий для отбрасывания при известной генеральной дисперсии.
61. Критерий Н.В. Смирнова.
62. Основная задача корреляционного анализа.
63. О чем свидетельствует близость нулю коэффициента корреляции?
64. О чем свидетельствует близость единице коэффициента корреляции?
65. Основная задача регрессионного анализа.
66. Что такое линия регрессии?
67. Понятие линейной регрессии.
68. Понятие множественной линейной регрессии.
69. Понятие нелинейной регрессии.
70. Что такое планирование эксперимента?
71. Цель планирования эксперимента.
72. Определение плана эксперимента.
73. В чем состоит принцип оптимальности плана?
74. Понятие фактора и факторного пространства.
75. Какие факторы задаются в плане эксперимента?
76. Понятие однофакторного эксперимента.
77. Понятие полного факторного эксперимента.
78. Понятие дробного факторного эксперимента.

Задание для оценки степени сформированности компетенций

Для демонстрации степени сформированности компетенции (ОПК-1) при изучении дисциплины аспирант самостоятельно выполняет письменное задание следующего содержания.

1. На основе современных методов планирования эксперимента и статистического анализа полученных результатов, осуществляет оптимизацию испытаний, выполняемых в

рамках своей научно-исследовательской работы, обращая внимание на обеспечение требуемой точности и достоверности при возможно малой продолжительности эксперимента и минимальных материальных затратах;

2. Самостоятельно организывает проведение эксперимента в рамках своей исследовательской работы, научно обоснованно интерпретирует результаты испытаний, оценивает границы их применимости и оформляет в виде короткого устного доклада (5-7 минут).

5.2. Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация осуществляется с целью выявления степени освоения аспирантом теоретических знаний по дисциплине. Промежуточная аттестация проводится в форме зачета в конце 4-го семестра.

Обучающийся допускается к зачету или экзамену в случае выполнения всех учебных заданий, предусмотренных настоящей программой. В случае наличия учебной задолженности (пропущенных занятий и (или) невыполненных заданий) аспирант обрабатывает пропущенные занятия и выполняет задания.

Зачет проводится в письменно-устной форме. Аспиранту выдается задание в виде двух из приведенного ниже перечня. Зачет проводится в аудитории, время на написание и подготовку к ответам 40 минут.

Оценка «зачтено» выставляется при правильном и достаточно полном ответе, правильно использующем специальную терминологию, и умении отвечать на дополнительные вопросы, непосредственно связанные с темой билета. При этом могут допускаться ошибки непринципиального характера.

Оценка «не зачтено» выставляется при недостаточно полном ответе, при неправильном использовании специальной терминологии, неумении отвечать на дополнительные вопросы, непосредственно связанные с темой билета, при наличии в ответе ошибок принципиального характера.

Получение зачета является необходимым условием аттестации аспиранта за третий год обучения.

Перечень вопросов для подготовки аспирантов к промежуточной аттестации по дисциплине

1. Понятие эксперимента. Классификация видов экспериментальных исследований.
2. Цели научных и инженерных исследований. Необходимость отбора и обработки информации, модели и планирования эксперимента.
3. Физические величины и их единицы. Классификация измерений физических величин.
4. Погрешность измерений.
5. Средства измерений.
6. Случайные события и вероятность.
7. Случайные величины и законы их распределения.
8. Числовые характеристики распределения непрерывных случайных величин
9. Наиболее важные функции распределения: равномерное распределение, нормальное распределение и логарифмически нормальное распределение.
10. Функция распределения χ^2 .
11. Функция распределения Стьюдента.
12. Многомерные случайные величины. Функция регрессии. Ковариация и коэффициент корреляции.
13. Генеральная совокупность и выборка. Статистическая (выборочная) оценка.

14. Свойства статистических оценок (несмещенность, эффективность, состоятельность).
15. Эмпирическое (выборочное) распределение.
16. Вычисление выборочных числовых характеристик.
17. Точечное оценивание.
18. Оценивание с помощью доверительного интервала.
19. Построение доверительного интервала для математического ожидания.
20. Построение доверительного интервала для дисперсии.
21. Определение необходимого объема испытаний.
22. Статистические гипотезы. Статистические критерии.
23. Проверка гипотез.
24. Критерий для отбрасывания при известной генеральной дисперсии.
25. Критерий Н.В. Смирнова.
26. Регрессионный анализ.
27. Корреляционный анализ. Корреляционная зависимость.
28. Линейная регрессия.
29. Множественная линейная регрессия.
30. Нелинейная регрессия.
31. Цели и задачи планирования эксперимента.
32. Принцип оптимальности плана. Параметр оптимизации.
33. Факторы и факторное пространство.
34. Предпланирование эксперимента.
35. Однофакторный эксперимент.
36. Полный факторный эксперимент.
37. Дробный факторный эксперимент.

6. Материальное обеспечение дисциплины

Для проведения занятий используется аудитория, оснащенная компьютером, проектором и экраном.

7. Учебная литература для самостоятельной работы

7.1. Основная литература

1. Шкуратник В.Л. Измерения в физическом эксперименте: Учеб. для вузов. – М.: Издательство Академии горных наук, 2000. – 256 с.
2. Щиголев Б.М. Математическая обработка наблюдений. - М.: Государственное издательство физико-математической литературы, 1962. — 344 с.
3. Долинский Е.Ф. Обработка результатов измерений. - М.: Изд-во стандартов, 1973. – 192 с.
4. Круг Г.К. Планирование эксперимента в задачах идентификации и экстраполяции. - Издательство: М.: Наука, 1977. – 208 с.
5. Клепиков Н.П., Соколов С.Н. Анализ и планирование экспериментов методом максимума правдоподобия. – М.: Наука, 1964. – 194 с.
6. Методы исследований и организация экспериментов / под ред. проф. К.П. Власова. – Харьков: Издательство «Гуманитарный Центр», 2013.–412 с
7. Сидняев Н.И. Теория планирования эксперимента и анализ статистических данных . Учебное пособие.- М.: Юрайт, 2015 . – 496 с.

7.2. Дополнительная литература

1. Алгоритм обработки экспериментальных данных. – М.: Наука, 1986. – 184 с.
2. Устойчивые статистические методы оценки данных / под ред. Р.Л. Лонера, Г.Н. Уилкинсона; пер. с англ. Ю.И. Малахова ; под ред. Н. Г. Волкова. - М. : Машиностроение, 1984. – 229 с.