

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»

УТВЕРЖДАЮ
Директор ИЕиС
И.Ю. Мезин

14.02.2022 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ

Научная специальность

1.3.8. Физика конденсированного состояния

Уровень высшего образования - подготовка кадров высшей квалификации

Форма обучения
очная

Институт/ факультет	Институт естествознания и стандартизации
Кафедра	Физики
Курс	2
Семестр	4

Магнитогорск
2022 год

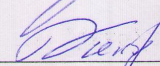
Рабочая программа составлена на основе ФГТ (приказ Минобрнауки России от 20.10.2021 г. № 951)

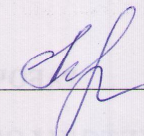
Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Физики
01.02.2022, протокол № 4

Зав. кафедрой  М.Б. Аркулис

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИЕиС
14.02.2022 г. протокол № 6

Председатель  И.Ю. Мезин

Рабочая программа составлена:
профессор кафедры Физики, канд. физ.-мат. наук  В.К. Белов

Рецензент:
зав. кафедрой ВТиП, канд. техн. наук  О.С. Логунова

Лист актуализации рабочей программы

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2023 - 2024 учебном году на заседании кафедры Физики

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ М.Б. Аркулис

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2024 - 2025 учебном году на заседании кафедры Физики

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ М.Б. Аркулис

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2025 - 2026 учебном году на заседании кафедры Физики

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ М.Б. Аркулис

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2026 - 2027 учебном году на заседании кафедры Физики

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ М.Б. Аркулис

1 Цели освоения дисциплины (модуля)

Целями освоения дисциплины «Методы обработки экспериментальных данных» являются:

- подготовка студентов по дисциплине в соответствии с требованиями Федерального Государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО)
- приобретение студентами знаний и формирование профессиональных компетенций.

2 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) и планируемые результаты обучения

В результате освоения дисциплины (модуля) «Методы обработки экспериментальных данных» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

КНС-3 Способен планировать, организовывать, проводить исследование и анализировать полученные научные результаты по направлению физика конденсированного состояния	

3. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных единиц 72 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 34 акад. часов;
- аудиторная – 34 акад. часов;
- внеаудиторная – 0 акад. часов;
- самостоятельная работа – 38 акад. часов;

Форма аттестации - зачет

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)		Самостоятельная работа студента	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации
		Лек.	практ. зан.		
1. Введение. Измерения и погрешности					
1.1 Цель математической обработки данных эксперимента. Роль вычислительных средств в обработке экспериментальных данных.	4	2	2	2	лабораторные работы
1.2 Оценка точности измерений. Доверительный интервал и доверительная вероятность		3	3	4	лабораторные работы
1.3 Грубые погрешности. Косвенные измерения		3	3	5	лабораторные работы
Итого по разделу	8		8	11	
2. Обработка экспериментальных функциональных зависимостей					
2.1 Интерполяция и экстраполяция. Сплайны.	4	3	3	9	лабораторные работы
2.2 Регрессионный анализ. Метод наименьших квадратов. Неравноточные измерения		3	3	9	лабораторные работы
2.3 Сглаживание данных.		3	3	9	лабораторные работы
Итого по разделу	9		9	27	
Итого за семестр	17		17	38	зачёт
Итого по дисциплине	17		17	38	зачет

4 Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестации

Представлены в приложении .

5 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

а) Основная литература:

1. Обработка экспериментальных данных на ЭВМ : учебник / О.С. Логунова, П.Ю. Романов, Е.А. Ильина [и др.]. — Москва : ИНФРА-М, 2019. — 326 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). — www.dx.doi.org/10.12737/textbook_5aafb5a99fb14.44742313. - ISBN 978-5-16-013461-1. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1025509> (дата обращения: 22.10.2020). – Режим доступа: по подписке.

2. Гребенникова, И. В. Методы математической обработки экспериментальных данных: Учебно-методическое пособие / Гребенникова И.В., - 2-е изд., стер. - Москва :Флинта, Изд-во Урал. ун-та, 2017. - 124 с. ISBN 978-5-9765-3081-2. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/947245> (дата обращения: 22.10.2020). – Режим доступа: по подписке.

б) Дополнительная литература:

1. Волкова, П. А. Статистическая обработка данных в учебно-исследовательских работах : учебное пособие / П.А. Волкова, А.Б. Шипунов. — Москва : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2020. — 96 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-00091-710-7. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1091712> (дата обращения: 22.10.2020). – Режим доступа: по подписке.

2. Карманов, Ф. И. Статистические методы обработки экспериментальных данных с использованием пакета MathCad: Учебное пособие/Ф.И.Карманов, В.А.Острейковский - М.: КУРС, НИЦ ИНФРА-М, 2019. - 208 с. - ISBN 978-5-905554-96-4. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1016017> (дата обращения: 22.10.2020). – Режим доступа: по подписке.

в) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Программное обеспечение

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
MS Office 2003 Professional	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Название курса	Ссылка
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)	URL: https://elibrary.ru/project_risc.asp
Поисковая система Академия Google (Google Scholar)	URL: https://scholar.google.ru/
Информационная система - Единое окно доступа к информационным ресурсам	URL: http://window.edu.ru/
Международная реферативная и полнотекстовая справочная база данных научных изданий «Scopus»	http://scopus.com
Международная база полнотекстовых журналов Springer Journals	http://link.springer.com/

Примерные задания для расчетно-графических работ:

РГР №1 «Оценка точности измерений. Доверительный интервал и доверительная вероятность»

По данным, полученным при выполнении лабораторных в лаборатории атомной физики вычислить доверительный интервал для радиационного фона при доверительной вероятности 0,9.

РГР №2 «Грубые погрешности. Косвенные измерения»

По данным многократных измерений постоянной физической величины, приведённым в таблицах отсеять грубые погрешности согласно правилу трёх сигма

Таблица №1

5,610284	7,88195	3,779055	9,131787	5,256624	9,069033	7,825978	6,316144
4,22294	3,171266	8,785284	5,555169	5,373539	10,1535	6,996638	4,508181
2,896668	4,425174	6,834714	10,77829	7,657024	3,299832	10,75141	3,529121
3,742987	4,680524	3,218907	5,111784	4,421726	6,970224	9,529361	2,695928
8,815184	9,923589	2,846472	8,470916	8,559826	10,71363	10,63426	9,71499

Таблица №2

7,00818	3,263433	2,156069	2,404637	5,021009	6,043578	10,61872	3,748221
7,576194	2,719491	2,360039	10,14605	8,600666	4,876618	6,184563	5,723925
9,591972	5,906979	4,884587	10,53435	9,790838	2,164178	3,918848	8,964465
5,030019	8,81922	4,820405	2,37536	3,361355	4,447239	2,743175	10,13367
5,586619	10,72114	2,946444	4,060005	8,561952	6,003812	9,670066	4,746513

Таблица №3

6,906418	5,895601	3,813897	3,017191	2,84639	8,550337	9,702569	3,562947
3,45122	5,275556	8,453422	7,240513	2,166526	10,51478	5,544337	2,019434
6,905847	2,869739	7,074925	6,689336	2,986912	6,080951	5,391582	7,557118
9,231726	7,306944	10,60156	5,269253	9,26685	10,62134	5,911223	2,718381
10,53353	10,54232	8,44414	6,845798	2,079933	2,560919	10,88671	3,42376

РГР №3 «Интерполяция и экстраполяция. Сплайны.»

Интерполировать кубическими сплайнами представленную в таблице зависимость величины y от величины x

Таблица №4

x	y
0	10,59518
1	8,899317
2	3,26062
3	10,2505
4	6,765649
5	6,875457
6	8,150725
7	10,15468
8	7,895465
9	2,746291
10	2,325924
11	9,455882
12	10,72882
13	10,80965
14	4,460022
15	5,030027
16	9,836426
17	4,562501
18	4,445688
19	7,045079

20	9,78882
21	6,080052
22	7,453604
23	4,011753
24	7,173831

Таблица №5

x	y
0	7,271793
1	10,43217
2	2,502101
3	6,677913
4	4,897335
5	5,895909
6	2,435987
7	2,191606
8	10,14201
9	2,112832
10	7,887412
11	9,698528
12	9,156497
13	9,529206
14	5,544716
15	10,94379
16	4,074859
17	10,99554
18	9,0456
19	6,035385
20	5,769347
21	7,8398
22	9,769682
23	10,64063
24	4,086683

Таблица №6

x	y
0	3,857612
1	10,00997
2	5,412825
3	6,658068
4	5,592984
5	10,58825
6	9,683701
7	8,182555
8	7,209446
9	4,478467
10	7,037312
11	5,625127
12	6,041776
13	8,31066

14	6,986661
15	10,04389
16	4,922776
17	9,94236
18	10,27154
19	3,432327
20	9,348943
21	5,303291
22	7,399996
23	10,81627
24	5,250312

РГР №4 «Регрессионный анализ. Метод наименьших квадратов. Неравноточные измерения»

Интерполировать методом наименьших квадратов следующую зависимость величины y от величины x вид функциональной зависимости подобрать самостоятельно

Таблица №7

x	7,18	10,47	9,96	7,63	3,95	10,26	5,69	2,80
y	10,09	4,00	4,70	4,62	9,16	4,48	4,32	5,63

Таблица №8

x	6,08	7,74	8,98	9,10	6,88	4,28	8,05	9,47
y	4,43	9,66	5,15	7,52	8,19	5,01	2,04	7,58

Таблица №9

x	3,08	5,05	2,50	7,20	9,57	7,11	8,98	8,20
y	10,40	2,96	5,62	9,44	4,69	2,58	2,89	7,28

РГР №5 «Сглаживание данных»

Сгладить данные

x	2,57	4,30	2,71	2,21	8,27	8,63	4,04	5,81
y	8,56	9,30	3,24	5,69	7,79	7,71	8,79	7,78

РГР №6 «Математические пакеты обработки данных эксперимента»

При помощи пакета OriginPro построить графики функций $y(x)$, данных в таблице:

x	y1	y2	y3	y4	y5
0,00	10,10	10,48	2,41	10,14	2,55
0,10	5,04	8,14	9,32	4,02	8,11
0,20	10,94	9,91	9,13	8,79	10,75
0,30	3,16	7,52	8,61	5,90	5,88
0,40	4,90	2,67	7,72	13,12	8,72
0,50	3,75	2,77	6,04	10,13	8,09
0,60	7,88	2,33	6,80	9,58	5,70
0,70	8,97	4,62	10,56	11,52	5,87
0,80	10,10	10,06	2,64	16,74	6,19
0,90	5,10	10,04	10,63	11,33	9,97
1,00	8,48	7,38	8,13	14,53	8,85

1,10	9,35	2,14	10,39	20,25	5,73
1,20	10,66	10,78	5,08	19,69	6,45
1,30	5,04	9,11	8,56	16,88	3,76
1,40	7,79	2,07	4,31	21,98	10,90
1,50	5,44	9,96	2,98	22,47	10,49
1,60	10,39	7,21	10,89	24,90	8,49
1,70	7,33	3,47	3,24	20,69	12,28
1,80	2,69	9,32	2,01	21,79	6,20
1,90	8,95	8,05	4,28	25,08	12,04
2,00	6,19	7,79	5,26	24,69	11,45
2,10	7,13	2,04	8,06	24,43	11,48
2,20	4,70	7,65	4,31	26,89	7,84
2,30	2,16	2,87	3,17	26,31	12,15
2,40	9,04	4,85	5,77	30,13	8,69

Приложение Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестации

а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации:

Оценочные средства

КНС-3 Способен планировать, организовывать, проводить исследование и анализировать полученные научные результаты по направлению физика конденсированного состояния

Оценочные средства

Примерные вопросы к экзамену:

1. Цель математической обработки результатов эксперимента; Виды измерений и причины ошибок;
2. Типы ошибок измерения, свойства случайных ошибок.
3. Наиболее вероятное значение измеряемой величины.
4. Доверительный интервал случайной величины.
5. Оценка точности измерений.
6. Доверительный интервал и доверительная вероятность.
7. Обнаружение промахов. Правила округления чисел.
8. Ошибки косвенных измерений.
9. Порядок обработки результатов измерений.
10. Виды случайных величин, интегральный и дифференциальный законы распределения.
11. Основные характеристики случайных величин.
12. Основные дискретные и непрерывные законы распределения.
13. Статистическая гипотеза и статистический критерий.
14. Графический метод обработки результатов.
15. Функциональные шкалы и их применение.
16. Интерполяция и экстраполяция, регрессия (виды и механизм построения).
17. Способ средней.
18. Метод наименьших квадратов.
19. Интерполирование функций методом Лагранжа.
20. Конечные разности n-го порядка.
21. Построение интерполяционных многочленов Ньютона.
22. Обратное интерполирование функций.
23. Возможности OpenOfficeCalc (MicrosoftExcel) для интерполирования функций.
24. Функции пакета MathCAD для построения интерполяции (линейная, сплайн), экстраполяции (предсказания), регрессии (линейная, полиномиальная) и сглаживания функций.
25. Функции пакета Origin для построения интерполяции (линейная, сплайн), экстраполяции (предсказания), регрессии (линейная, полиномиальная) и сглаживания функций.
26. Функции пакетов Grapher и Surpher для построения интерполяции (линейная, сплайн), экстраполяции (предсказания), регрессии (линейная, полиномиальная) и сглаживания функций.

Примерные практические задания к экзамену:

1. Рассчитать дисперсию, среднеквадратичное отклонение и среднее для заданного набора результатов измерений:

6,76	5,45	0,74	0,37	5,58
6,46	1,05	2,34	9,76	9,23
1,63	8,08	2,42	5,23	8,20
3,01	9,02	6,62	3,29	9,94
7,92	7,19	6,90	1,90	3,14
3,43	2,17	4,34	1,97	0,51
8,38	8,62	6,91	6,81	6,86
0,90	7,72	3,88	7,46	4,77
6,96	3,64	9,39	0,23	7,62
4,30	3,67	1,71	0,20	9,50
1,52	0,71	9,04	5,80	2,59
0,08	5,24	6,75	5,65	9,09
3,68	6,60	7,01	5,23	1,56
7,71	5,05	7,09	4,81	9,87
3,33	2,06	5,40	7,39	0,27
4,46	6,74	0,66	8,56	7,58
4,92	1,76	7,05	7,89	6,24
3,74	8,84	2,16	4,23	1,26

2. Для заданных результатов измерений получить доверительный интервал с доверительной вероятностью 0,8.
3. Для заданных результатов измерений получить доверительный интервал с доверительной вероятностью 0,95.
4. Для заданных результатов измерений получить доверительный интервал с доверительной вероятностью 0,6.

Примерные задания для подготовки

Оценочные средства

Примерные практические задания для экзамена:

Аппроксимировать следующую зависимость методом наименьших квадратов. В качестве аппроксимирующей функции выбрать квадратичную.

x	y1
0,00	3,18
1,00	10,23
2,00	10,42
3,00	17,54
4,00	21,46
5,00	34,25
6,00	42,57
7,00	52,79
8,00	67,80
9,00	85,98
10,00	105,28
11,00	124,82
12,00	154,35
13,00	179,81
14,00	201,20
15,00	233,98
16,00	261,90
17,00	299,07
18,00	328,05
19,00	371,82
20,00	404,01
21,00	447,33
22,00	487,73
23,00	533,44
24,00	581,06

2. Экстраполировать полученную квадратичную зависимость на диапазон (25;50)

3. Получить в табличном виде зависимость, экстраполированную на область изменения $x = (-25;0)$

1. По данным, полученным в ходе выполнения лабораторных работ в курсе «Общезащитный практикум», раздела «Электричество и магнетизм» построить градуировочную кривую шунтированного гальванометра.

2. По данным, полученным в ходе выполнения лабораторных работ в курсе «Общезащитный практикум», раздела «Электричество и магнетизм» построить градуировочную кривую гальванометра с добавочным сопротивлением.

Оценочные средства

При помощи интерполяционных полиномов Ньютона интерполировать следующую экспериментальную зависимость:

x	y1
0,00	8,25
0,50	3,82
1,00	3,65
1,50	4,92
2,00	11,10
2,50	11,22
3,00	12,37
3,50	21,28
4,00	25,53
4,50	25,20
5,00	27,27
5,50	32,45
6,00	45,64
6,50	48,76
7,00	57,42
7,50	63,85
8,00	72,99
8,50	80,36
9,00	83,04
9,50	99,57
10,00	105,32
10,50	112,95
11,00	125,80
11,50	140,42
12,00	148,98

Примерные практические задания

Пример 1. Утверждается, что шарики для подшипников, изготовленные автоматическим станком, имеют средний диаметр 10 мм. Используя односторонний критерий с $\alpha=0,05$, проверить эту гипотезу, если в выборке из n шариков средний диаметр оказался равным 10,3 мм, а дисперсия известна и равна 1 мм.

Пример 2. Продавец утверждает, что средний вес пачки чая составляет 100 г. Из партии извлечена выборка и взвешена. Вес каждой пачки - см. таблицу вариантов. Не противоречит ли это утверждению продавца? Доверительная вероятность 99%. Вес пачек чая распределен нормально.

Пример 3. По результатам $n=7$ независимых измерений найдено, что $\bar{x}=82,48$ мм, а $S=0,08$ мм. Допустив, что ошибки измерения имеют нормальное распределение проверить на уровне значимости $\alpha=0,05$ гипотезу $H_0:\sigma^2=0,01$ мм² против конкурирующей гипотезы $H_0:\sigma^2=0,005$ мм². В ответе записать разность между фактическим и табличным значениями выборочной характеристики.

Пример 4. Компания не осуществляет инвестиционных вложений в ценные бумаги с дисперсией годовой доходности более чем 0,04. Выборка из 52 наблюдений по активу А показала, что выборочная дисперсия ее доходности равна 0,045. Выяснить, допустимы ли для данной компании инвестиционные вложения в актив А на уровне значимости: а) 0,05; б) 0,01.

Пример 5. Фирма рассылает рекламные каталоги возможным заказчикам. Как показал опыт, вероятность того, что организация получившая каталог, закажет рекламируемое изделие, равна 0,08. Фирма разослала 1000 каталогов новой, улучшенной, формы и получила 100 заказов. На уровне значимости 0,05 выяснить, можно ли считать, что новая форма рекламы существенно лучше прежней.

б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания:

Промежуточная аттестация по дисциплине включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень усвоения обучающимися знаний, и практические задания, выявляющие степень сформированности умений и владений, проводится в форме экзамена и в форме выполнения и защиты курсовой работы.

Зачет по данной дисциплине проводится в устной форме по билетам, каждый из которых включает 2 теоретических вопроса и одно практическое задание.

Показатели и критерии оценивания экзамена:

– на оценку **«зачтено»** – обучающийся демонстрирует высокий уровень сформированности компетенций, всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, свободно выполняет практические задания, свободно оперирует знаниями, умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.

– на оценку **«не зачтено»** – обучающийся демонстрирует знания не более 20% теоретического материала, допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.