

Министерство образования и науки Российской Федерации
Ярославский государственный университет
им. П. Г. Демидова

В. П. Алексеев, Е. О. Неменко,
В. А. Папорков, Е. В. Рыбникова

Механика.
Физический практикум
Измерительный цикл

Учебное пособие

ЯРОСЛАВЛЬ 2012

УДК 531(075.8)
ББК В2я73
А 47

*Рекомендовано
Редакционно-издательским советом университета
в качестве учебного издания. План 2012 года*

Рецензенты:

кафедра физики Ярославского государственного технического
университета;

Глушаков В. П., канд. физ.-мат. наук,
доцент кафедры физики ЯГПУ им. К. Д. Ушинского

А47 **Механика. Физический практикум: Измерительный цикл: учебное пособие** / Алексеев В. П., Неменко Е. О., Папорков В. А., Рыбникова Е. В. Яросл. гос. ун-т им. П. Г. Демидова. – Ярославль: ЯрГУ, 2012. – 112 с.
ISBN 978-5-8397-0881-5

Учебное пособие представляет собой руководство к выполнению необходимого физического эксперимента и обработке результатов измерений. Содержит основные положения теории измерений физических величин, описания методов измерений линейных размеров тел, методов точного взвешивания на технических и аналитических весах и методики определения плотности жидких и твёрдых тел.

Предназначено для студентов первого курса физического факультета ЯрГУ, обучающихся по направлениям 011200.62 **Физика** (дисциплина “Механика(физический практикум)”), цикл Б3; 210100.62 **Электроника и нанoeлектроника** (дисциплина “Практикум по механике”); 011800.62 **Радиофизика**, 210400.62 **Радиотехника** и 210700.62 **Инфокоммуникационные технологии и системы связи** (дисциплина “Физический практикум по механике”), цикл Б2, очной формы обучения.

Работа издана при финансовой поддержке гранта ЗН-1063.

Рис. 27. Табл. 8. Библиогр.: 12.

УДК 531(075.8)
ББК В2я73

ISBN 978-5-8397-0881-5

© Ярославский государственный
университет им. П.Г. Демидова,
2012

Оглавление

Общие методические указания	3
Введение	3
Физические величины и их измерение	4
Обработка результатов измерений	5
1. Статистическая обработка результатов прямых измерений	6
1.1. Краткая теория	6
1.1.1. О точности и ошибках измерений	6
1.1.2. Типы погрешностей измерений	7
1.1.3. Определение доверительного интервала и доверительной вероятности	15
1.1.4. Погрешность определения погрешности	17
1.1.5. Необходимое число измерений	17
1.1.6. Обнаружение промахов	18
1.1.7. Учёт систематической и случайной ошибки	20
1.1.8. Правила обработки и порядок представления результатов физических измерений	20
1.2. Порядок выполнения работы	22
2. Обработка результатов косвенных измерений. Оценка точности измерений удельного сопротивления проводника	25
2.1. Краткая теория	26
2.1.1. Методы определения ошибки косвенных измерений	26
2.1.2. Вычисление удельного сопротивления проводника при косвенных измерениях	28
2.2. Порядок выполнения работы	28

3. Измерение	
линейных размеров тел	32
3.1. Краткая теория	32
3.1.1. Измерительная линейка	33
3.1.2. Измерения с применением нониуса. Штангенциркуль	36
3.1.3. Микрометр	41
3.1.4. Измерительный микроскоп	43
3.2. Порядок выполнения работы	45
3.2.1. Измерения линейкой	45
3.2.2. Измерения штангенциркулем	46
3.2.3. Измерения микрометром	46
3.2.4. Измерения микроскопом	47
3.2.5. Дополнительное задание	48
4. Методы	
точного взвешивания	49
4.1. Краткая теория	49
4.1.1. Масса и вес	49
4.1.2. Принцип взвешивания на весах	54
4.1.3. Устройство технических весов	56
4.1.4. Чувствительность весов	56
4.1.5. Измерения	58
4.1.6. Особые методы взвешивания	61
4.2. Порядок выполнения работы	63
5. Определение плотности	
жидких и твёрдых тел	65
5.1. Краткая теория	66
5.1.1. Плотность и удельный вес	66
5.1.2. Пикнометр	66
5.1.3. Определение плотности жидкости с помощью пикнометра	68
5.1.4. Определение плотности твердых тел с помощью пикнометра	68
5.2. Порядок выполнения работы	70
Приложения	72
А. Графическое представление	
результатов измерений	72
Б. Построение гистограмм	75

В. Аппроксимация экспериментальных данных методом наименьших квадратов (регрессионный анализ)	78
В.1. Линейная аппроксимация	79
В.1.1. Пример задачи на линейную аппроксимацию	80
В.2. Аппроксимация полиномами более высокого порядка	81
В.3. Примеры программ для аппроксимации методом наименьших квадратов	82
В.3.1. Пример программы линейной аппроксимации	83
В.3.2. Пример программы аппроксимации полиномом произвольного порядка.	83
Г. Правила приближенных вычислений	86
Г.1. Действия над приближенными числами	87
Г.2. Применение метода оценки результатов измерений для предварительного анализа точности измерений	88
Д. Правила обращения с техническими весами	90
Д.1. Правила взвешивания на технических весах	91
Е. Электронные аналитические весы <i>Ohaus Explorer Pro EP-214c</i>	92
Е.1. Описание электронных аналитических весов <i>Ohaus Explorer Pro EP-214c</i>	92
Е.2. Правила пользования электронными аналитическими весами <i>Ohaus Explorer Pro EP-214c</i>	95
Ж.Справочные материалы и таблицы	97
Ж.1. Таблица 1. Доверительные вероятности	97
Ж.2. Таблица 2. Коэффициенты Стьюдента	98
Ж.3. Таблица 3. Доверительные интервалы для σ	99

Ж.4. Таблица 4.	
Оценка выскакивающих измерений	100
Ж.5. Таблица 5.	
Необходимое число измерений для получения случайной ошибки ε с надёжностью α	101
Ж.6. Таблица 6.	
Абсолютная и относительная погрешности косвенных измерений	102
Ж.7. Таблица 7.	
Удельное электрическое сопротивление ρ (при 20°C)	103
Ж.8. Таблица 8.	
Плотности наиболее часто встречающихся веществ	103
3. Единые требования к оформлению отчёта по лабораторным работам	105