

Типовой лабораторный журнал (кафедры физики). – М.: 2008, 96 с.: ил.

ISBN 5-7035-1944-6

Лабораторный практикум является необходимой составной частью процесса изучения физики. Главные цели лабораторного практикума – дать возможность студентам познакомиться с приборами, некоторыми физическими явлениями, овладеть различными методами измерений, научиться технике эксперимента. Конечной целью физического эксперимента является измерение определенных физических величин или каких-либо функций от них. Результаты измерений и сам эксперимент необходимо подвергнуть логическому анализу и провести необходимую обработку результатов измерений.

Учебное издание

ISBN 5-7035-1944-6

© Ассоциация кафедр физики технических ВУЗов России

## **Инструкция (типовая)**

### **по технике безопасности при проведении лабораторных занятий со студентами в учебных практикумах кафедры физики**

#### **Общие положения**

1. В учебных лабораторных практикумах кафедры проводятся практические занятия с группой студентов под руководством преподавателя и лаборанта по соответствующему разделу курса физики, предусмотренному учебными планами.
2. Ответственность за технику безопасности и охрану труда при проведении занятий со студентами в лаборатории несет преподаватель, проверяющий занятия по расписанию, или назначенный распоряжением заведующего кафедрой.
3. К выполнению лабораторных работ допускаются студенты, ознакомившиеся с настоящей инструкцией и расписавшиеся на инструктаже группы.

#### **Правила поведения и обязанности студентов при выполнении лабораторных работ в учебных практикумах кафедры**

1. При эксплуатации лабораторного оборудования (электрооборудования) несчастные случаи могут произойти от:
  - соприкосновения с токопроводящими частями электроустановок, находящихся под напряжением;
  - прикосновения к металлическим нетокопроводящим частям электроустановок, случайно оказавшимся под напряжением;
  - коротких замыканий на землю между фазами с образованием электрической дуги и т.д.
2. Все работы на лабораторном оборудовании могут проводиться только с разрешения преподавателя, ведущего практические занятия.
3. До начала работы студенты должны на месте подробно ознакомиться с лабораторной установкой и со схемой электрических соединений (если таковые имеются в данной установке).
4. Сборка схемы должна производиться без напряжения при отключенных автоматах или выключателях со стороны питающей сети.

5. Перед подачей напряжения на электроустановку ( лабораторную работу) необходимо визуальнo проверить состояние ее заземления.
6. Включение напряжения производится только после проверки схемы преподавателем или лаборантом.
7. В случае обнаружения неисправности в электроустановке необходимо прекратить все работы на ней, выключить приборы и доложить преподавателю или лаборанту.
8. Запрещается:
  - под напряжением вскрывать крышки приборов, перебирать электросхему, расстыковывать штепсельные разъемы и т.д.
  - выносить из лаборатории методические пособия, материалы и приборы, полученные для выполнения лабораторных работ;
  - выходить за пределы лаборатории без разрешения преподавателя.
9. Студенты, нарушающие настоящую инструкцию, от занятий в лаборатории отстраняются.

## **Общие указания к выполнению лабораторных работ**

Каждая конкретная лабораторная установка рассчитана на работу подгруппы студентов из 2-х человек. Эти группы создаются обычно по желанию студентов и фиксируются преподавателем в журнале кафедры физики. Номера лабораторных работ для подгрупп студентов сообщаются за 1...2 недели со дня работы в лаборатории. Перед каждым лабораторным занятием студент должен ознакомиться с описанием заданной для выполнения работы, изучить соответствующий раздел теории и подготовить конспект в лабораторном журнале.

Конспект должен содержать ( в пунктах 1 и 2 “Отчета”):

- 1) номер и название работы;
- 2) цель работы;
- 3) краткие теоретические сведения по разделу, к которому относится работа;
- 4) схему установки;
- 5) расчетные формулы;
- 6) в протоколе выполнения лабораторной работы подготавливаются таблицы для записи результатов измерений.

В начале лабораторного занятия каждый студент должен показать конспект преподавателю и получить разрешение на выполнение работы.

Не имеющие конспекта по неуважительной причине студенты к занятиям в лабораторном практикуме не допускаются и выполняют работу после представления конспекта преподавателю во внеаудиторное время.

Выполняя экспериментальную часть, надо руководствоваться описанием работы, а также указаниями преподавателя и лаборанта. После окончания измерений и расчетов необходимо показать полученные результаты преподавателю для проверки и соответствующей отметки в журнале. Электрическую схему установки (если таковая имеется) следует разбирать только после проверки преподавателем полученных результатов.

Каждый студент представляет отчет по выполненной работе и защищает его. Отчеты оформляют в лабораторном журнале. Он включает в себя конспект с заполненной таблицей результатов и указанием единиц соответствующих величин, графики, если они требуются в работе, и расчет погрешностей измерений.

### **Графическое изображение результатов**

Как правило, физические зависимости – это гладкие, плавные линии без резких изломов. Чтобы получить наглядное представление о взаимной связи рассматриваемых величин и их закономерном измерении, результаты экспериментов представляют графически, пользуясь, как правило, прямоугольной системой координат.

Графики выполняются на миллиметровой бумаге. При построении графиков выбирают масштабы по вертикальной и горизонтальной осям. Естественно, они обычно различны. Масштабы должны быть такими, чтобы рационально

использовать всю площадь чертежа: график не должен "прижиматься" к оси ординат или абсцисс, наибольшее значения рассматриваемых величин должно отмечаться на концах координатных осей. Координатные оси отмечают буквами, обозначающими складываемые величины; там же указывают их размерность. Полученные экспериментальные данные наносятся на график в виде точек, кружочков, крестиков и т.д.

Экспериментальные точки вследствие ошибок измерений не ложатся на прямую (кривую) физической зависимости, а группируются вокруг нее случайным образом. Точки не следует соединять отрезками прямых, получая некоторую ломаную линию. Необходимо проводить гладкие кривые, соответствующие изучаемым физическим зависимостям. Сначала необходимо выяснить, какая имеется зависимость (линейная, степенная, экспоненциальная и т.д.). Затем проводят по точкам усредненную кривую. Обычно точки не лежат на ней, а имеют некоторый разброс (из-за погрешности эксперимента) и кривую проводят так, чтобы экспериментальные точки равномерно отклонялись от нее. Если на графике наносят несколько кривых, то возможно вычерчивать их разноцветными карандашами или показывать их разными линиями (сплошная, пунктир, штрих – пунктир).

## Как обрабатывать результаты прямых измерений.

При прямых измерениях определяемая величина ( $x$ ) измеряется с помощью измерительного прибора (например: весов, линейки, часов и т.д.)

- 1) Результаты каждого отдельного измерения  $x_i$  занести в таблицу. Рекомендуемое число измерений, если специально не оговорено в описании, должно составлять  $n=3 \div 7$ . Если одно или два измерения резко отличаются от других, то их опустить.
- 2) Найти среднее значение величины  $X$ :

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

- 3) Найти абсолютные погрешности отдельных измерений:  $\Delta x_i = \bar{x} - x_i$  и занести их в таблицу, где представлены  $x_i$ .
- 4) В ту же таблицу занести квадраты абсолютных погрешностей отдельных измерений, т.е.  $(\Delta x_i)^2$ .
- 5) Найти среднюю квадратичную погрешность проведенной серии измерений

$$\bar{\sigma}_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta x_i)^2}{n(n-1)}} .$$

- 6) Задаться доверительной вероятностью  $P$ . (если особо не оговорено в описании, принять  $P = 0,90$ ).
- 7) По ниже приведенной таблице для заданной доверительной вероятности ( $P$ ) и заданного числа произведенных измерений ( $n$ ), определить коэффициент  $t_{p(n)}$ .

n	P		
	0,90	0,95	0,99
3	2,9	4,3	9,9
4	2,4	3,2	5,8
5	2,1	2,8	4,6
6	2,0	2,6	4,0
7	1,9	2,4	3,7

- 8) Найти границы доверительного интервала, т.е. абсолютную погрешность серии измерений.

$$\Delta x = t_{p(n)} \bar{\sigma}_x .$$

- 9) Сравнить погрешность  $\Delta x$  с аппаратурной погрешностью и, если она превосходит последнюю, окончательный результат в лабораторном журнале представить в виде:

$$x = \bar{x} \pm \Delta x .$$

- 10) Если определённая выше случайная погрешность  $\Delta x$  меньше или соизмерима с приборной погрешностью ( $\Delta x_c$ ), определяемой классом прибора, то границы доверительного интервала надо расширить на  $\Delta x_c$ .
- 11) В заключении следует оценить относительную погрешность серии измерений:

$$\delta = \frac{\Delta x}{\bar{x}} 100\% .$$

Примечание:

По решению преподавателя, расчет погрешности прямых измерений может быть осуществлен без использования доверительной вероятности (Р).

В этом случае пункты 6, 7, 8 при расчете исключаются, а формула пункта 5

используется в виде:  $\Delta x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta x_i)^2}{n(n-1)}} .$

## Как обрабатывать результаты косвенных измерений.

Это такие измерения, когда исследуемая величина ( $y$ ) не измеряется непосредственно с помощью прибора, а рассчитывается с помощью формулы  $y = f(x_1, x_2, x_3 \dots x_n)$ , где  $x_1, x_2, x_3 \dots x_n$  - истинные значения величин, соответствующие прямым измерениям. Порядок обработки косвенных измерений следующий:

- 1) Рассчитывается среднее значение  $y$ :

$$\bar{y} = f(\bar{x}_1, \bar{x}_2, \bar{x}_3 \dots \bar{x}_n), \quad \text{где}$$

$\bar{x}_1, \bar{x}_2, \bar{x}_3 \dots \bar{x}_n$  - средние значения величин, полученных прямыми измерениями.

- 2) По формуле

$$\Delta y = \sqrt{\sum_{i=1}^n \left( \frac{\partial f}{\partial x_i} \Delta x_i \right)^2}, \quad \text{где}$$

$\Delta x_i$  - погрешность прямого измерения  $x_i$ , определяется граница доверительного интервала или, по другому, погрешность в измерении величины  $y$ .

- 3) В лабораторный журнал результат записывается в виде

$$y = \bar{y} \pm \Delta y.$$

- 4) Для того, чтобы оценить относительную погрешность выражение  $y = f(x_1, x_2, x_3 \dots x_n)$  логарифмируют, берут частные производные по всем переменным и на этом основании записывают выражение для относительной погрешности.

Например, если

$$y = \frac{2x_1^2 \cdot x_2}{x_3^2}, \quad \text{то, логарифмируя, имеем}$$

$$\ln y = \ln 2 + 2 \ln x_1 + \ln x_2 - \frac{1}{2} \ln x_3.$$

Дифференцируя, получим:

$$\frac{dy}{y} = 2 \frac{dx_1}{x_1} + \frac{dx_2}{x_2} - \frac{1}{2} \frac{dx_3}{x_3}$$

Последнее выражение определяет относительную погрешность в определении  $y$ :

$$\delta = \frac{\Delta y}{y} \cdot 100\% = \left( 2 \frac{\Delta x_1}{\bar{x}_1} + \frac{\Delta x_2}{\bar{x}_2} + \frac{1}{2} \frac{\Delta x_3}{\bar{x}_3} \right).$$

- 5) Прежде чем записать в журнал относительную погрешность, надо проанализировать ее выражение и заведомо малыми её составляющими пренебречь.



б) В заключении целесообразно сделать вывод о возможных путях повышения точности измерений.

### **О точности вычислений.**

Ошибка в вычислениях должна быть согласована с погрешностью измерений. Надо придерживаться следующего правила: *ошибка вычислений должна быть на порядок меньше суммарной погрешности измерений.*

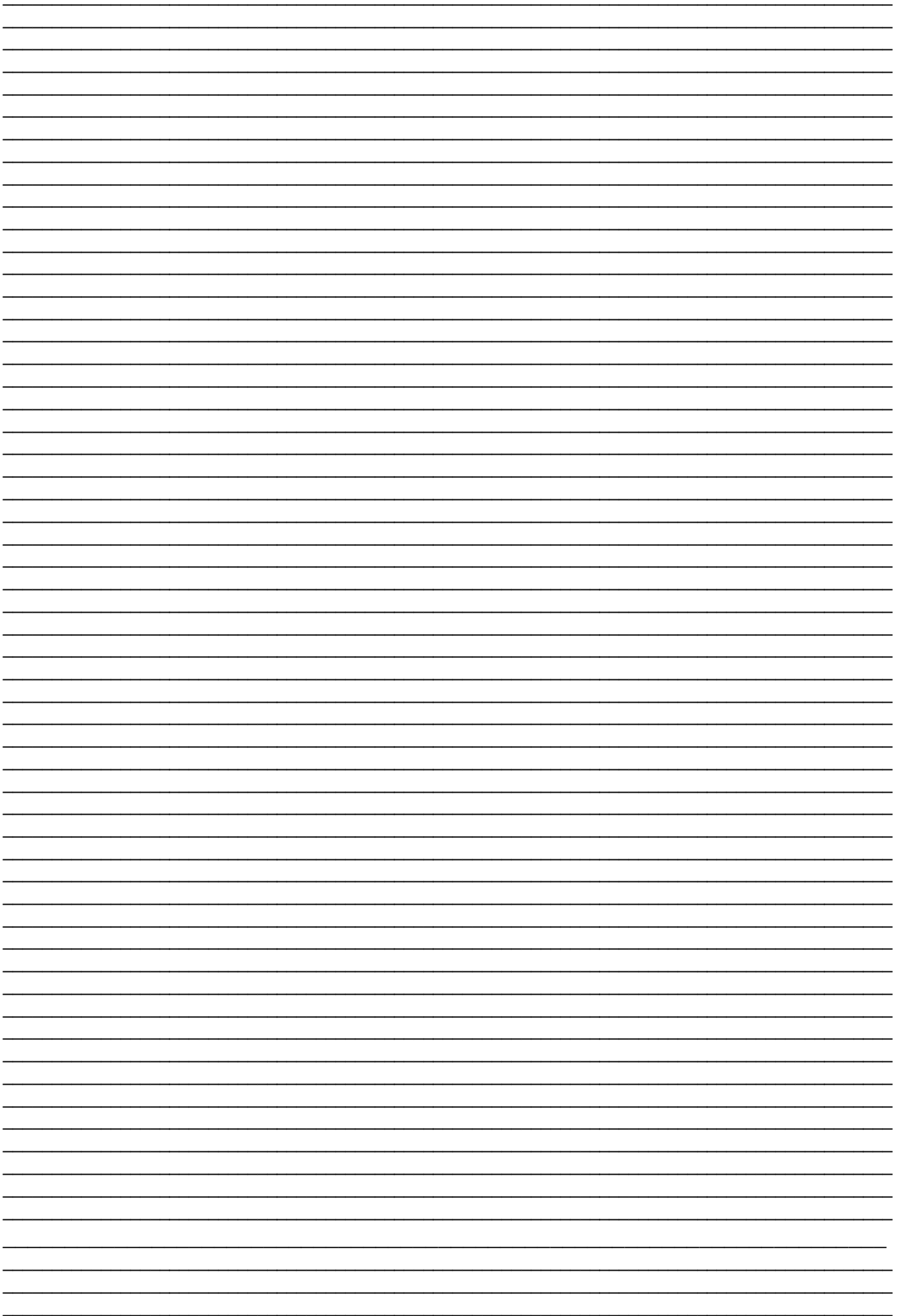
Например, если при вычислении ускорения свободного падения калькулятор показал, что  $\bar{g} = 9,8167944 \frac{M}{c^2}$ , а погрешность измерений оценена в 2%, то результат надо записать в виде:

$$\bar{g} = 9,82 \frac{M}{c^2}.$$

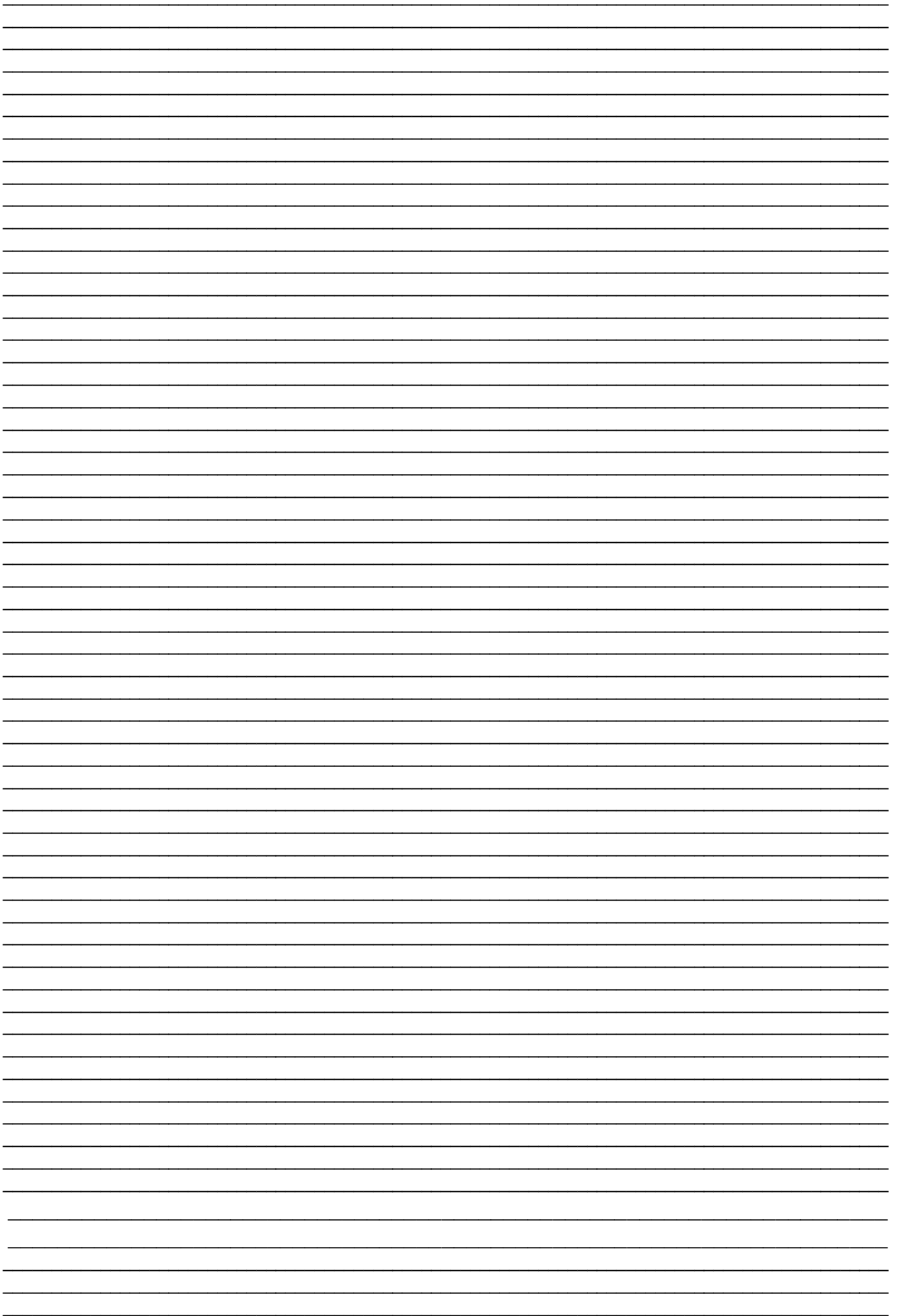
















## Семестр

№	Отметка о выполнении лабораторной работы			Отметка о сдаче лабораторной работы ведущему преподавателю		
	Дата	№ лаб. р.	Подпись	Дата	Оценка	Подпись
1.						
2.						
3.						
4.						
5.						

Подпись ведущего преподавателя \_\_\_\_\_

## Семестр

№	Отметка о выполнении лабораторной работы			Отметка о сдаче лабораторной работы ведущему преподавателю		
	Дата	№ лаб. р.	Подпись	Дата	Оценка	Подпись
1.						
2.						
3.						
4.						
5.						

Подпись ведущего преподавателя \_\_\_\_\_

## Семестр

№	Отметка о выполнении лабораторной работы			Отметка о сдаче лабораторной работы ведущему преподавателю		
	Дата	№ лаб. р.	Подпись	Дата	Оценка	Подпись
1.						
2.						
3.						
4.						
5.						

Подпись ведущего преподавателя \_\_\_\_\_

## Таблицы

### 1. Физические константы

Гравитационная постоянная.....	$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{кг}^2$
Скорость света в пустоте.....	$C = 2,998 \cdot 10^8 \text{ м} / \text{с}$
Постоянная Больцмана.....	$k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж} / \text{К}$
Число Авогадро (число молекул в 1 моле).....	$N_0 = 6,02 \cdot 10^{23}$
Постоянная Стефана – Больцмана.....	$\sigma = 5,7 \cdot 10^{-8} \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К}^4)$
Постоянная Вина.....	$b = 2,90 \cdot 10^{-3} \text{ м} / \text{К}$
Элементарный заряд.....	$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$
Масса электрона.....	$m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$
Постоянная Планка.....	$\hbar = 1,055 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$
Число Фарадея.....	$F = 96,5 \cdot 10^3 \text{ Кл} / \text{моль}$
Масса Солнца.....	$M = 2 \cdot 10^{30} \text{ кг}$
Радиус Солнца.....	$R = 695500 \text{ км}$
Масса Земли.....	$m = 5,98 \cdot 10^{24} \text{ кг}$
Средний радиус Земли.....	$R = 6371 \text{ км}$
Расстояние от Земли до Солнца.....	$R = 149,5 \cdot 10^6 \text{ км}$

### 2. Плотности тел, кг / м<sup>3</sup>

Воздух.....	1,293	Висмут.....	9700
Водород.....	0,089	Вольфрам.....	19000
Кислород.....	1,429	Золото.....	19300
Углекислый газ....	1,977	Железо (сталь).....	7800
Керосин.....	800	Медь.....	8900
Скипидар.....	850	Никель.....	8800
Спирт.....	790	Свинец.....	11300
Ртуть.....	13590	Серебро.....	10500
Эфир (20°С).....	714	Цинк.....	700
Морская вода.....	1030	Лед.....	918
		Сосна.....	400

### 3. Удельные теплоемкости тел, Дж / (кг · К)

Алюминий	920	Керосин	2135
Висмут	130	Олово	235
Вольфрам	155	Свинец	135
Железо	460	Стекло	840
Латунь	385	Сахар	2300
Медь	380	Спирт	2470
Молоко	3930	Цинк	390

#### 4. Удельные теплоемкости газов, Дж/(кг К)

Газы		
Воздух	660	920
Пары воды	1380	1820
Азот	740	1042
Кислород	650	912
Углекислый газ	653	862

#### 5. Коэффициенты теплопроводности, Вт/(м К)

Воздух	0,023	Дерево	0,3
Алюминий	210	Кирпич	0,7
Железо	70	Сажа	0,07
Медь	390	Стекло	0,75

#### 6. Теплота и температура плавления, кДж/кг

Вещество	Теплота плавления, кДж/кг	Температура плавления, С
Алюминий	385	658
Железо	206	1520
Золото	67	1064
Лед	334	0
Медь	175	1083
Олово	58	232
Ртуть	11.7	-39
Свинец	26.3	327
Цинк	111	419

#### 7. Диэлектрические проницаемости

Вода	81	Слюда	7.0
Бумага	2	Стекло	2-7
Керосин	2	Скипидар	2.2
Парафин	2	Фарфор	6.0
Спирт	26	Эбонит	2.5

#### 8. Удельные сопротивления проводников

Алюминий	0,028	Никелин	0.40
Железо	0,098	Нихром	1,00
Константан	0,050	Свинец	0,22
Медь	0,017	Уголь	40

#### 9. Температурные коэффициенты сопротивлений, К<sup>-1</sup>

Алюминий	$4,2 \cdot 10^{-3}$	Свинец	$4,2 \cdot 10^{-3}$
Железо	$6,0 \cdot 10^{-3}$	Уголь	$-0,8 \cdot 10^{-3}$
Медь	$4,0 \cdot 10^{-3}$		



**Типовой лабораторный журнал  
кафедры физики**

Лицензия ЛР №040211 от 7.04.97

Подписано в печать

Бумага офсетная. Формат 60×84 1/8. Печать офсетная.

Усл. печ. 10,08. Зак. №

Тираж 1000 экз.

---