

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Тульский государственный университет»

Естественнонаучный институт  
Кафедра «Физики»

Утверждено на заседании кафедры  
«Физики»

« 16 » января 2023 г., протокол № 6

Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_  
Р.Н.Ростовцев

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**  
**по проведению самостоятельной работы студента**  
**по дисциплине (модулю)**  
**«ВВЕДЕНИЕ В ФИЗИКУ»**

**основной профессиональной образовательной программы**  
**высшего образования – программы бакалавриата**

по направлениям подготовки

**12.03.01 Приборостроение**

**15.03.06 Мехатроника и робототехника**

**13.03.02 Электроэнергетика и электротехника**

**12.03.04 Биотехнические системы и технологии**

**24.03.02 Системы управления движением и навигация**

**12.03.02 Оптотехника**

**24.03.03 Баллистика и гидроаэродинамика**

**11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы**

**15.05.01 Проектирование технологических машин и комплексов**

**24.05.06 Системы управления летательными аппаратами**

**17.05.02 Стрелково-пушечное, артиллерийское и ракетное оружие**

**24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей**

**24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов**

**17.05.01, Боеприпасы и взрыватели**

Формы обучения: очная, очно-заочная, заочная

Тула 2023 год

## **Разработчик методических указаний**

Колмаков Ю.Н., к.ф.-м.н., доцент

*(ФИО, должность, ученая степень, ученое звание)*

*(подпись)*

Назначение и сроки выполнения мероприятий по реализации всех форм самостоятельной работы.

Самостоятельная работа планируется и выполняется в соответствии с Государственными образовательными стандартами направления подготовки для специальностей 12.03.01 Приборостроение, 15.03.06 Мехатроника и робототехника, 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, 12.03.04 Биотехнические системы и технологии, 24.03.02 Системы управления движением и навигация, 12.03.02 Оптотехника, 24.03.03 Баллистика и гидроаэродинамика, 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы, 15.05.01 Проектирование технологических машин и комплексов, 24.05.06 Системы управления летательными аппаратами, 17.05.02 Стрелково-пушечное, артиллерийское и ракетное оружие, 24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей, 24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов, 17.05.01, Боеприпасы и взрыватели

Самостоятельная работа студентов осуществляется в течение 1-го семестра срока обучения.

I. Цели и задачи выполнения самостоятельной работы по дисциплине «Введение в физику»:

1) закрепить знания и навыки, полученные студентами при изучении параллельно читаемой дисциплины “Математические основы естественных дисциплин”;

2) освоить приемы и методы решения практических задач механики, требующих использования методов векторной алгебры и математического анализа;

3) приобрести умение самостоятельно выделить конкретное физическое содержание в практических задачах механики и применить адекватную математическую модель их описания и решения;

4) приобрести первичные навыки обработки экспериментальных данных с применением элементов теории ошибок, построения графиков зависимостей физических величин;

5) научиться самостоятельно работать с учебной литературой, справочниками и энциклопедиями.

II. Содержание самостоятельной работы по дисциплине «Введение в физику».

Самостоятельная работа является неотъемлемой частью рабочей программы учебного плана студента в рамках изучения дисциплины “Введение в физику”. Невыполнение обязательных согласно рабочей программы мероприятий по самостоятельной работе в срок считается невыполнением учебного плана и ведет к не допуску студента к зачету.

На выполнение самостоятельной работы отводится заданное учебным планом и рабочей программой количество часов самостоятельных занятий студента. Мероприятия по самостоятельной работе выполняются в течение

всего семестра изучения дисциплины “Введение в физику”. Результаты этой работы должны быть представлены для проверки преподавателю в назначенный им срок.

В качестве элементов самостоятельной внеаудиторной работы по дисциплине “Введение в физику” студенты выполняют следующие виды работ:

1) изучение разделов дисциплины, вынесенных для самостоятельной работы в соответствии с разделом 4.6 рабочей программы, а также тех тем (по указанию преподавателя), которые не были рассмотрены по причине пропуска аудиторных занятий из-за праздничных дней и привлечения студентов к дежурствам и прочим мероприятиям;

2) подготовка к двум рубежным контрольным работам по дисциплине “Введение в физику”;

3) самостоятельное выполнение двух домашних заданий, в процессе которых студент должен решить набор практических задач (по индивидуальному списку) и подготовить отчет о их решении. В зависимости от числа задач, подробное решение которых правильно приведено в отчете, студент получает оценку за выполненную работу в баллах согласно разделу 7.2 рабочей программы. Задания формируются однотипно и с одинаковой сложностью из фонда заданий, принадлежащих к ресурсу кафедры физики. Образцы таких заданий приведены в приложениях 1,2;

4) выполнение расчетного задания по обработке предложенных по индивидуальному списку данных измерений в одном из экспериментов механики (включая графическое оформление результатов и расчет ошибок измерений). Выполнение этого задания является необходимым условием допуска к зачету. Образец задания приведен в приложении 3.

Самостоятельная работа выполняется с привлечением всех информационных возможностей (библиотека ТулГУ – учебная, монографическая, периодическая литература, электронные средства информации, другое).

### III. Методика выполнения самостоятельной работы (домашних заданий).

Отчеты по индивидуальным домашним заданиям выполняются на отдельных листах формата А4 или А5.

#### Обязательные элементы отчета:

1) на титульной странице отчета указывается тип работы (“Домашнее задание №.... по теме .....”), № группы, Ф.И.О. студента;

2) приводятся условия задания;

3) аккуратно вычерчиваются и рисуются все геометрические построения, необходимые для решения задания;

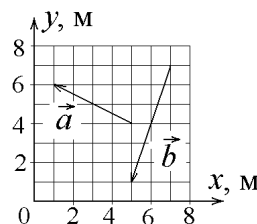
4) решения сопровождаются текстовыми пояснениями, как это делается при написании научной статьи или отчета. В текстовом пояснении необходимо обосновать выбор метода решения, выбор используемых теоретических посылок, объяснять путь решения;

5) окончательный ответ получается в виде формулы в общем виде. Должны быть проделаны все этапы получения этой формулы без пропусков. Для получения числового ответа в полученную формулу должна быть сделана подстановка всех используемых данных в системе СИ. Числовой ответ должен быть получен в единицах системы СИ с точностью округления, указанной в условии, или с точностью не менее трех значащих цифр;

6) все используемые данные из справочной литературы (коэффициенты, постоянные, математические преобразования) должны быть приведены с указанием на источник цитирования.

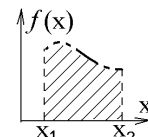
Домашнее задание 1. Введение в физику.

1.1. Найти модуль суммы векторов  $|\vec{a} + \vec{b}|$  и модуль векторного произведения  $|\vec{a} \times \vec{b}|$ . Ответ округлить до двух значащих цифр.



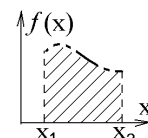
1.2. Вычислить минимальное и максимальное значение функции  $y = 2x^3 - 7x^2 + 4x$ . Результат округлить до трёх значащих цифр.

1.3. Вычислить площадь под кривой функции  $f(x)$  на интервале  $x_1 \leq x \leq x_2$  (заштрихована на рисунке), если  $f(x) = x^2 \cdot \sin(x^3)$ ,  $x_1 = 0$ ,  $x_2 = 1$ . Результат округлить до трёх значащих цифр.



1.4. Координата точки, движущейся по прямой линии, меняется со временем  $t$  по закону  $x = (2t^2 - 6) \cdot \exp(3t)$ , где  $x$  и  $t$  измеряются в метрах и секундах соответственно. Вычисляя производную, найти значение проекции скорости  $v_x$  этой точки (в м/с) в момент времени  $t = 1$  с. Ответ округлить до трех значащих цифр.

1.5. Вычислить площадь под кривой функции  $f(x)$  на интервале  $x_1 \leq x \leq x_2$  (заштрихована на рисунке), если  $f(x) = \sin(x) \cdot \cos^4(x) + \cos(x)$ ,  $x_1 = 0$ ,  $x_2 = 1$ . Результат округлить до трёх значащих цифр.



1.6. Вычислить коэффициент упругости (жёсткости) пружины № 1 двумя способами в соответствии с данными, приведенными в табл.1 и 2. Выполнить расчет погрешностей. Построить необходимые графики в соответствии с заданиями 1 и 2. **Без выполнения этого задания зачет не ставится.**

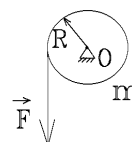
1.7. (дополнительное задание) Используя метод интегрирования по частям, вычислить величину интеграла  $\int_{x_1}^{x_2} f(x) dx$ , где  $f(x) = x \cdot \exp(-x^2)$ ;  $x_1 = 0$ ,  $x_2 = 1$ . Результат округлить до трёх значащих цифр.

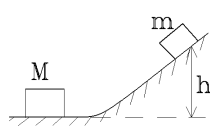
Домашнее задание 2. Введение в физику.

1.1. Камень бросили под углом  $\alpha = 45^\circ$  к горизонту с начальной скоростью  $v_0 = 10$  м/с с вершины башни. Камень упал на землю на расстоянии  $s = 30$  м от подножия башни. Какова высота  $h$ ? Принять  $g$  равным  $10$  м/с<sup>2</sup>.

1.2. Груз массой  $m = 0,5$  кг движется вдоль оси  $Ox$  так, что его координата меняется со временем  $t$  по закону  $x = A \cdot \sin(\omega t)$ , где  $A = 5$  см,  $\omega = 3,14$  рад/с. Найти проекцию на ось  $x$  силы  $F$ , действующей на груз в момент времени  $t = 1/6$  с.

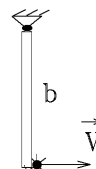
1.3. Цилиндр массы  $m = 2$  кг и радиуса  $R = 20$  см может вращаться вокруг своей закрепленной горизонтально оси симметрии  $O$ , причем на него действует при этом постоянный момент сил трения  $M_{тр} = 0,1$  Н\*м. С какой силой  $F$  надо тянуть намотанную на цилиндр нить, чтобы за время  $\Delta t = 4$  с угловая скорость цилиндра увеличилась на  $\Delta \omega = 6$  рад/с?



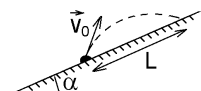


1.4. Тело массы  $m$  соскальзывает без трения со склона горы высотой  $h = 1,8$  м и сталкивается с покоившимся телом массы  $M = 2m$ . Удар абсолютно упругий и центральный. Определить скорость тела  $M$  после удара. Принять  $g = 10 \text{ м/с}^2$ .

1.5. Сидевшая на нижнем конце свободно подвешенного тонкого стержня массы  $M = 60$  г и длины  $b = 15$  см муха улетает со скоростью  $v = 5$  м/с в горизонтальном направлении. Стержень после этого отклонился на угол  $\alpha = 60^\circ$  от вертикали. Чему равна масса мухи? Принять  $g = 10 \text{ м/с}^2$ .



1.6. Кузнечик прыгает с начальной скоростью  $v_0 = 3$  м/с вверх по ровному склону, составляющему угол  $\alpha = 30^\circ$  с горизонтом. Пренебрегая сопротивлением воздуха и принимая  $g = 10 \text{ м/с}^2$ , найти наибольшую возможную длину  $L$  его прыжка.



## Приложение 3

### Задание расчета экспериментальной работы “Расчёт жёсткости пружины двумя методами”

#### 1. Статический метод. Описание эксперимента:

В нерастянутом состоянии  $N$  раз измеряют длину пружины  $l_0$ .

После этого к пружине подвешивают несколько грузиков с массой  $m$  и  $N$  раз определяют длину  $l$  пружины для каждого подвешенного грузика (рис.1).

Сила тяжести грузика уравновешена силой упругости растянутой пружины:

$$mg = k(l - l_0), \text{ откуда коэффициент жёсткости пружины } k = \frac{mg}{l - l_0} \quad (\text{Э1}).$$

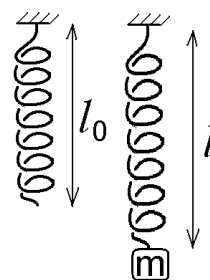


Рис.1.

Результаты измерений для тридцати исследованных пружин, к которым подвешивали десять различных грузиков приведены в таблице 1.

Таблица 1.

	Номер пружины									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$m, \text{ г}$	$l, \text{ см}$	$l, \text{ см}$	$l, \text{ см}$	$l, \text{ см}$	$l, \text{ см}$	$l, \text{ см}$	$l, \text{ см}$	$l, \text{ см}$	$l, \text{ см}$	$l, \text{ см}$
60	12,8	22,4	12,0	11,5	21,0	22,8	12,3	22,2	21,5	11,0
80	13,9	23,0	12,4	11,7	21,8	24,0	13,4	22,7	22,4	11,5
120	16,0	24,9	13,8	13,3	22,3	26,5	14,4	23,8	22,8	12,6
150	17,6	26,5	14,6	13,4	23,2	27,0	16,3	25,1	23,9	12,8
210	21,0	28,3	16,7	15,6	24,2	30,3	18,4	26,8	25,2	14,4
300	23,5	31,7	20,0	17,1	25,2	35,6	21,3	30,0	27,7	15,8
330	26,4	33,3	21,1	18,6	26,9	36,4	23,0	30,5	28,1	16,7
410	30,7	36,2	23,3	20,2	28,1	40,8	26,4	33,0	30,5	17,8
440	32,1	37,6	24,6	21,3	29,0	41,4	27,8	34,0	30,9	19,0
510	35,0	40,6	26,6	22,6	30,1	45,6	30,0	37,1	32,9	30,1

Таблица 1. Продолжение

	Номер пружины									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
m, г	l, см	l, см	l, см	l, см	l, см	l, см	l, см	l, см	l, см	l, см
40	14,1	22,1	11,5	21,0	10,6	23,8	12,0	21,5	10,8	21,0
70	16,7	23,3	12,7	21,4	11,8	27,3	13,7	22,4	11,9	21,3
110	22,2	25,8	14,9	21,5	11,9	31,6	15,1	28,9	12,6	22,0
190	27,9	28,5	17,5	22,9	13,9	39,2	19,9	27,4	14,8	24,1
220	32,1	31,3	18,9	24,5	14,2	41,6	20,8	28,9	15,1	24,3
280	37,8	34,0	22,2	27,0	15,7	48,0	23,8	31,0	17,6	25,8
320	42,1	36,2	22,6	27,6	16,1	51,6	26,4	33,0	17,7	26,4
350	44,6	37,2	24,3	28,7	16,8	55,8	27,5	34,0	18,6	26,8
400	50,0	40,0	25,5	30,0	18,2	59,1	29,5	35,7	20,2	28,1
480	58,2	44,4	29,6	32,3	20,0	68,2	34,2	39,9	22,0	29,4

Таблица 1. Продолжение

	Номер пружины									
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
m, г	l, см	l, см	l, см	l, см	l, см	l, см	l, см	l, см	l, см	l, см
50	11,7	15,2	17,6	19,3	13,4	15,4	19,6	21,3	11,0	15,1
75	12,4	16,4	18,2	21,4	14,4	16,6	21,2	22,3	11,8	15,7
100	13,5	17,5	19,4	21,7	14,8	16,6	22,2	22,6	12,7	16,6
130	14,1	18,2	21,4	22,0	15,7	17,4	21,6	23,8	13,2	17,4
210	16,5	22,4	22,6	24,8	17,6	20,0	24,0	25,5	15,4	19,5
350	21,7	25,5	27,5	29,5	21,3	23,8	27,5	30,0	18,4	22,2
380	22,5	26,3	28,9	31,5	22,7	24,1	28,7	32,1	19,3	23,6
420	23,2	28,0	29,4	31,7	23,8	25,4	29,7	31,8	22,2	24,4
490	26,2	32,0	32,1	34,2	25,4	27,8	32,0	33,4	22,3	26,3
540	27,9	31,5	33,6	35,4	27,5	29,1	33,2	35,4	23,3	27,0

**Задание 1.**

1. Для пружины со своим номером, указанным преподавателем, составьте таблицу из двух столбцов. В первый столбец занесите силу тяжести  $mg$ , где  $m$  – масса груза (в кг),  $g = 9,8 \text{ м/с}^2$ . Во второй столбец перенесите значения длин  $l$  указанной Вам пружины (в метрах). Внизу столбцов сделайте ячейки для средних значений  $\langle l \rangle$  и  $\langle mg \rangle$ .

2. Возьмите лист миллиметровой бумаги, нанесите на ней оси координат. В соответствии с данными выберите **оптимальный** масштаб и постройте график зависимости силы тяжести от длины пружины  $mg = f(l)$ , откладывая  $l$  вдоль оси  $x$ , а  $mg$  – вдоль оси  $y$ .

3. В соответствии с теоретической формулой (Э1) график такой зависимости должен быть прямой линией с коэффициентом наклона, равным коэффициенту жёсткости  $k$ . Составьте 7 пар точек 1-4, 2-5, 3-6, 4-7, 5-8, 6-9, 7-10. Методом парных точек рассчитайте 7

коэффициентов наклона по формулам  $a_{1-4} = \frac{y_4 - y_1}{x_4 - x_1}$ ,  $a_{2-5} = \frac{y_5 - y_2}{x_5 - x_2}$ , и.т.д, где  $y = mg$ ,  $x = l$ .

4. Найдите среднее значение этого коэффициента, которое соответствует среднему значению коэффициента жёсткости пружины, рассчитанному в статическом методе:

$$\langle a \rangle = \langle k_1 \rangle. \quad (\text{Э2})$$



5. Найдите среднеквадратичное отклонение  $S_a = S_{k_1} = \sqrt{\frac{1}{7-1} \sum_{i=1}^7 (a_i - \langle a \rangle)^2}$  и

доверительный интервал  $\Delta a = \Delta k_1 = S_a / \sqrt{7}$ , так как было получено 7 значений  $a$ .

6. Результат вычислений представьте в виде

$$k_1 = \langle k_1 \rangle \pm \Delta k_1 \text{ Н/м.} \quad (\text{Э3})$$

7. Представьте правильно построенный график зависимости  $mg = f(l)$  с указанными на нем размерностями величин.

1. Динамический метод. Описание эксперимента:

К исследуемой пружине подвешивают последовательно грузики массой  $m$  и слегка толкают вниз. Грузик с массой  $m$  на пружине с жёсткостью  $k$  будет совершать гармонические колебания (рис.2) с небольшой амплитудой и с периодом  $T = 2\pi\sqrt{m/k}$ , откуда следует линейная зависимость массы  $m$  грузика от

квадрата периода колебаний  $T^2$ : 
$$m = \frac{k}{4\pi^2} T^2 \quad (\text{Э4})$$



Для улучшения точности измерялось время  $t$   $N = 10$  полных колебаний грузика. Результаты измерений этого времени для всех пружин приведены в таблице 2.

Таблица 2.

	Номер пружины									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
m, г	t, с	t, с	t, с	t, с	t, с	t, с	t, с	t, с	t, с	t, с
60	3,4	3,1	2,8	2,5	2,2	3,6	3,0	2,9	2,4	2,1
80	4,1	3,6	3,4	2,7	2,7	3,8	3,7	3,1	2,9	2,5
120	5,0	4,5	4,0	3,6	3,0	5,1	4,2	3,9	3,3	3,3
150	5,4	4,8	4,3	3,7	3,6	5,3	4,9	4,6	4,0	3,4
210	6,5	5,8	5,4	4,6	4,0	6,4	5,8	5,4	4,4	4,0
300	7,6	6,7	6,2	5,6	4,9	7,9	7,1	6,2	5,5	5,0
330	8,3	7,4	6,7	5,7	5,3	8,0	7,1	6,5	5,6	5,0
410	9,0	8,0	7,4	6,6	5,6	9,2	8,1	7,5	6,6	5,8
440	9,5	8,4	7,5	6,6	6,0	9,4	8,5	7,8	6,6	6,0
510	10,1	9,2	8,4	7,3	6,5	9,9	9,0	8,2	7,0	6,3

Таблица 2. Продолжение

	Номер пружины									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
m, г	t, с	t, с	t, с	t, с	t, с	t, с	t, с	t, с	t, с	t, с
40	3,9	2,8	2,5	2,0	1,7	4,1	3,0	2,7	2,1	1,8
70	5,4	3,9	3,5	2,7	2,5	5,1	3,6	3,2	2,4	2,2
110	6,4	4,5	4,1	3,2	2,8	6,6	4,8	4,4	3,4	3,1
190	8,9	6,2	5,6	4,5	4,0	8,8	6,1	5,3	4,2	3,8
220	9,1	6,6	5,9	4,5	4,1	9,2	6,7	6,0	4,7	4,3
280	10,6	7,6	6,5	5,3	4,8	10,7	7,3	6,6	5,4	4,6
320	11,5	7,8	7,3	5,8	5,0	11,3	8,0	7,3	5,5	5,2
350	11,7	8,4	7,3	5,9	5,4	11,7	8,3	7,4	6,0	5,2
400	12,8	8,8	8,1	5,4	5,5	12,8	9,1	8,0	6,2	5,7
480	13,8	9,7	8,6	7,0	6,3	13,8	9,8	8,9	6,8	6,1

Таблица 2. Продолжение

	Номер пружины									
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
m, г	t, с	t, с	t, с	t, с	t, с	t, с	t, с	t, с	t, с	t, с
50	2,6	2,5	2,4	2,5	2,3	2,2	2,1	2,3	2,3	2,4
75	3,2	3,1	3,2	3,0	2,7	2,8	2,8	2,8	2,6	2,5
100	3,5	3,5	3,6	3,6	3,3	3,2	3,2	3,4	3,2	3,3
130	4,2	4,1	4,0	4,1	3,8	3,9	3,9	3,7	3,6	3,5
210	5,2	5,2	5,3	5,1	4,5	4,4	4,4	4,4	4,5	4,6
350	6,7	6,7	6,6	6,8	6,2	6,3	6,3	6,3	5,6	5,5
380	7,1	7,2	7,2	7,1	6,4	6,5	6,3	6,5	6,1	6,2
420	7,5	7,4	7,5	7,5	6,6	6,7	6,7	6,5	6,3	6,2
490	8,2	8,2	8,1	8,1	7,5	7,4	7,4	7,4	6,9	7,0
540	8,3	8,4	8,4	8,5	7,7	7,8	7,8	7,8	7,5	7,4

**Задание 2.**

1. Для пружины со своим номером, указанным преподавателем, составьте таблицу из двух столбцов или строк. В первый столбец (или строку) занесите значения масс грузов  $m$  (в кг). Во второй столбец (строку) перенесите значения времени  $t$  (в секундах) десяти полных колебаний для указанной Вам пружины. Против этих значений в третий столбец (строку) занесите значения периода  $T$  (время одного полного колебания, в секундах), а в четвертый столбец (строку) – квадрат этого периода  $T^2$  (в  $\text{с}^2$ ). Внизу столбцов (или в правой части строк) сделайте ячейки для средних значений  $\langle m \rangle$  и  $\langle T^2 \rangle$ .

2. Возьмите лист миллиметровой бумаги, нанесите на ней оси координат. В соответствии с данными выберите **оптимальный** масштаб и постройте график зависимости массы подвешенного груза от квадрата периода его колебания  $m = f(T^2)$ , откладывая  $T^2$  вдоль оси  $x$ , а  $m$  – вдоль оси  $y$ .

3. В соответствии с теоретической формулой (Э4) график такой зависимости должен быть прямой линией с коэффициентом наклона, равным коэффициенту жёсткости  $a = k/4\pi^2$ . Составьте 7 пар точек 1-4, 2-5, 3-6, 4-7, 5-8, 6-9, 7-10. Методом парных точек рассчитайте 7 коэффициентов наклона по формулам  $a_{1-4} = \frac{y_4 - y_1}{x_4 - x_1}$ ,  $a_{2-5} = \frac{y_5 - y_2}{x_5 - x_2}$ , и.т.д, где  $y = m$ ,  $x = T^2$ .

4. Найдите среднее значение этого коэффициента  $a$ , и соответствующее среднее значение коэффициента жёсткости пружины, рассчитанного динамическим методом:

$$\langle k_2 \rangle = 4\pi^2 \langle a \rangle. \quad (\text{Э5})$$

5. Найдите среднеквадратичное отклонение  $S_a = S_{k_1} = \sqrt{\frac{1}{7-1} \sum_{i=1}^7 (a_i - \langle a \rangle)^2}$  и

доверительный интервал  $\Delta a = S_a / \sqrt{7}$  и  $\Delta k_2 = 4\pi^2 \Delta a$ .

6. Результат вычислений представьте в виде

$$k_2 = \langle k_2 \rangle \pm \Delta k_2 \quad \text{Н/м}. \quad (\text{Э6})$$

7. Представьте правильно построенный график зависимости  $m = f(T^2)$  с указанными на нем размерностями величин.