

## Отчет по лабораторной работе МодМ – 02 ВТОРОЙ ЗАКОН НЬЮТОНА

студента(ки) \_\_\_\_\_ гр. \_\_\_\_\_  
Фамилия И.О.

ДОПУСК	ДАННЫЕ	РЕЗУЛЬТАТЫ
дата, подпись преподавателя	дата, подпись преподавателя	дата, подпись преподавателя

**Цель работы:** изучение второго закона Ньютона. Определение массы движущегося тела и коэффициента трения тела о поверхность.

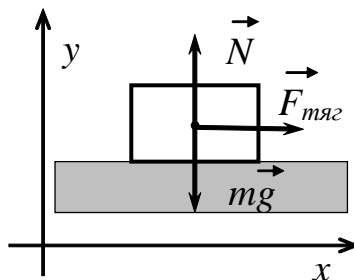
### **Краткое теоретическое содержание работы**

***Второй закон Ньютона:*** в инерциальной системе отсчета ускорение тела \_\_\_\_\_

И записывается:

***Инерциальная система отсчета*** – это \_\_\_\_\_

Если на тело кроме силы тяги  $\vec{F}_{\text{тяг}}$ , силы тяжести  $m\vec{g}$  и силы реакции опоры  $\vec{N}$  не действуют никакие другие силы, то согласно второму закону Ньютона получим векторное уравнение:



Второй закон Ньютона в проекциях на оси координат примет вид:  
проекция на ось  $x$ :

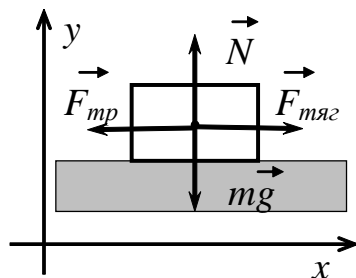
проекция на ось  $y$ :

Тогда ускорение тела равно:

График зависимости ускорения от силы тяги  $a = a(F_{\text{тяги}})$  является

---

Если на тело кроме указанных сил действует еще и сила трения  $\vec{F}_{\text{тр}}$ , то согласно второму закону Ньютона векторное уравнение:



Тогда второй закон Ньютона в проекциях на оси координат примет вид:

проекция на ось  $x$ :

проекция на ось  $y$ :

Ускорение тела равно:

График зависимости ускорения от силы тяги  $a = a(F_{\text{тяги}})$  в этом случае является \_\_\_\_\_

---

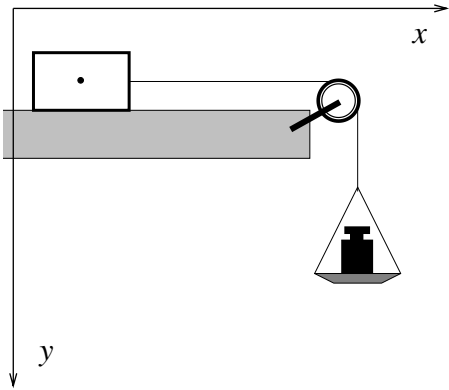
При движении по горизонтальной плоскости модуль силы трения  $F_{\text{тр}}$  пропорционален массе  $m$  движущегося тела

$$F_{\text{тр}} =$$

где  $\mu$  – \_\_\_\_\_

---

**Схема эксперимента:** силы, действующие на тело массы  $m$ , лежащее на горизонтальной опоре и на груз, прикрепленный к телу при помощи нити:



здесь:

$\vec{N}$  – \_\_\_\_\_

$m\vec{g}$  – \_\_\_\_\_

$\vec{F}_{тяг}$  – \_\_\_\_\_

$\vec{F}_{тр}$  – \_\_\_\_\_

$\vec{T}$  – \_\_\_\_\_

$m_z \vec{g}$  – \_\_\_\_\_

### Эксперимент

В данной работе с помощью средств компьютерной графики моделируется процесс движения тела по горизонтальной поверхности под действием груза перекинутого через блок и связанного с телом невесомой нерастяжимой нитью. Поверхность изготовлена из того же материала, что и тело. Тело может двигаться как с трением, так и без трения.

**Начальные данные**

Вариант № \_\_\_\_\_

Материал	Плотность вещества, г/см <sup>3</sup>	Объем тела, см <sup>3</sup>	Теоретическое значение массы тела, кг	Расстояние, пройденное телом по поверхности, м
				50 м

## а) Движение тела без сил трения

**Таблица 1. Результаты измерений**

Масса груза $m_c$ , г	№	Время $t$ , с	*Среднее время $t_{cp}$ , с	**Ускорение $a$ , м/с <sup>2</sup>	***Сила тяги $F_{тяг}$ , Н	Масса тела $m = \frac{F_{тяг}}{a}$ , кг
	1					
	2					
	3					
	4					
	5					
	6					
	7					
	8					
	9					
	10					

\*Чтобы найти среднее значение времени падения, надо сложить значения времени падения  $t_1, t_2 \dots t_n$ , полученные в каждом опыте, а полученный результат разделить на количество опытов  $n$ :  $t_{cp} = (t_1 + t_2 + \dots + t_n)/n$ .

\*\* Из формулы  $s = \frac{at^2}{2}$  получите выражение для ускорения.

\*\*\* Сила тяги  $F_{тяг} = m_c(g - a)$ ; (где  $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ )

*Масса груза $m_c$ , г	№	Время $t$ , с	Среднее время $t_{cp}$ , с	Ускорение $a$ , м/с <sup>2</sup>	Сила тяги $F_{тяг}$ , Н	Масса тела $m = \frac{F_{тяг}}{a}$ , кг
	1					
	2					
	3					
	4					
	5					
	6					
	7					

	8					
	9					
	10					

\*Здесь и в последующих измерениях рекомендуется увеличивать массу груза равномерно, на 100 г.

Масса груза $m_z$ , г	№	Время $t$ , с	Среднее время $t_{cp}$ , с	Ускорение $a$ , м/с <sup>2</sup>	Сила тяги $F_{тяг}$ , Н	Масса тела $m = \frac{F_{тяг}}{a}$ , кг
	1					
	2					
	3					
	4					
	5					
	6					
	7					
	8					
	9					
	10					

Масса груза $m_z$ , г	№	Время $t$ , с	Среднее время $t_{cp}$ , с	Ускорение $a$ , м/с <sup>2</sup>	Сила тяги $F_{тяг}$ , Н	Масса тела $m = \frac{F_{тяг}}{a}$ , кг
	1					
	2					
	3					
	4					
	5					
	6					
	7					
	8					
	9					
	10					

**Таблица 2. Среднее значение массы тела**

Масса тела, кг	*Экспериментальное среднее значение массы тела, кг	**Теоретическое значение массы тела, кг
1.		
2.		
3.		
4.		

\* Сложите все значения массы тела, записанные в таблицах 1, полученный результат разделите на четыре (количество серий экспериментов).

\*\* Для сравнения необходимо, чтобы теоретическое и экспериментальное значения массы тела имели одинаковое количество значащих цифр.

### б) Движение тела при наличии трения

**Таблица 3. Результаты измерений**

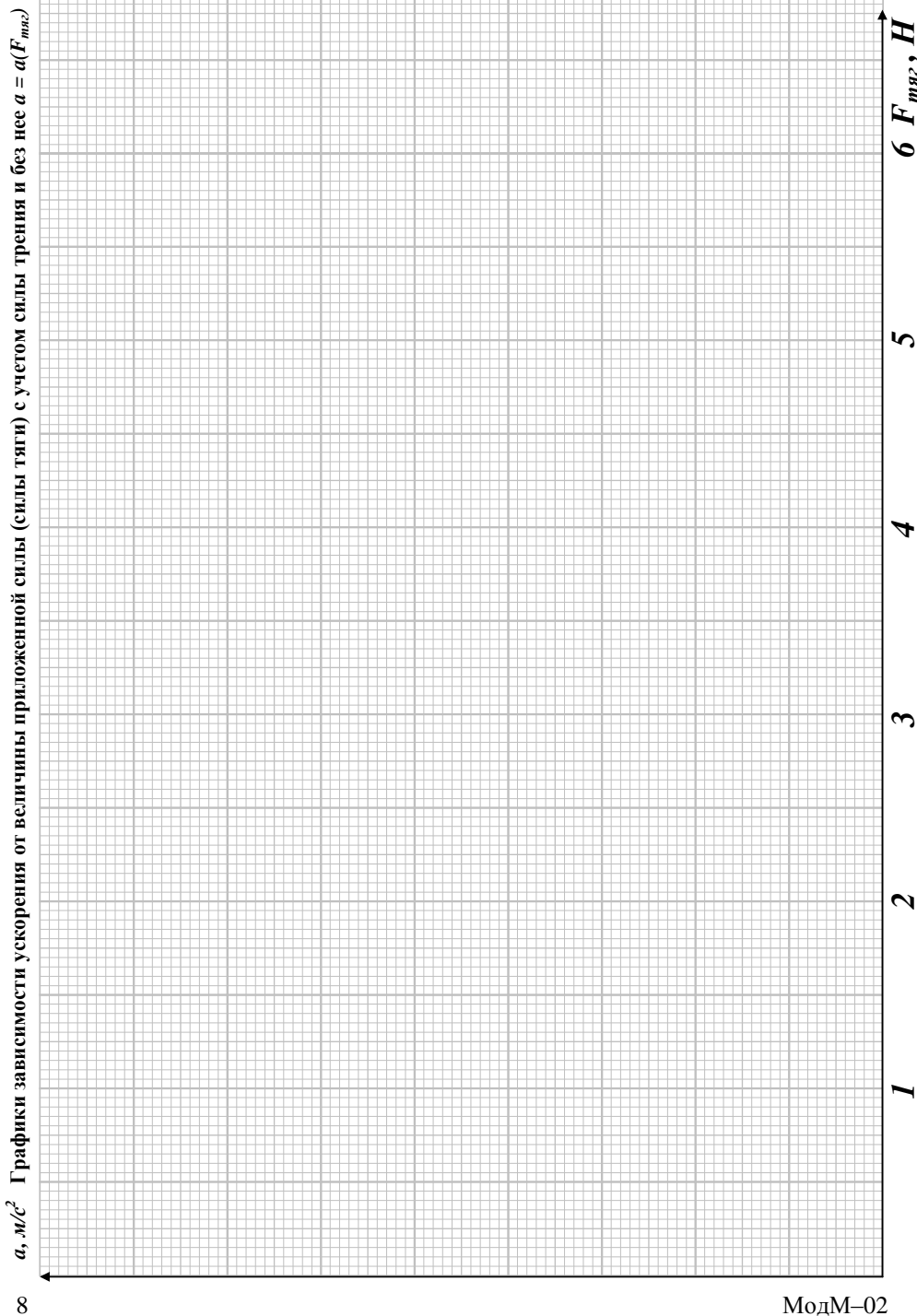
Масса груза $m_c$ , г	№	Время $t$ , с	Среднее время $t_{cp}$ , с	Ускорение $a$ , м/с <sup>2</sup>	Сила тяги $F_{тяги}$ , Н
	1				
	2				
	3				
	4				
	5				
	6				
	7				
	8				
	9				
	10				

Масса груза $m_c$ , г	№	Время $t$ , с	Среднее время $t_{cp}$ , с	Ускорение $a$ , м/с <sup>2</sup>	Сила тяги $F_{тяги}$ , Н
	1				
	2				
	3				
	4				
	5				

Масса груза $m_2$ , г	№	Время $t$ , с	Среднее время $t_{cp}$ , с	Ускорение $a$ , м/с <sup>2</sup>	Сила тяги $F_{тяг}$ , Н
	6				
	7				
	8				
	9				
	10				

Масса груза $m_2$ , г	№	Время $t$ , с	Среднее время $t_{cp}$ , с	Ускорение $a$ , м/с <sup>2</sup>	Сила тяги $F_{тяг}$ , Н
	1				
	2				
	3				
	4				
	5				
	6				
	7				
	8				
	9				
	10				

Масса груза $m_2$ , г	№	Время $t$ , с	Среднее время $t_{cp}$ , с	Ускорение $a$ , м/с <sup>2</sup>	Сила тяги $F_{тяг}$ , Н
	1				
	2				
	3				
	4				
	5				
	6				
	7				
	8				
	9				
	10				





**Таблица 4. Определение коэффициента трения**

Средняя масса тела, кг	*Сила трения, Н	Коэффициент трения

\* Значение силы трения определяется из графика

**Обработка результатов измерения.** Рассчитаем абсолютную и относительную погрешности измерений при движении тела без трения для второго значения массы груза (таблица 1).

- **Среднее квадратичное отклонение (дисперсия):**

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (t_{cp} - t_i)^2}{n(n-1)}} =$$

количество измерений  $n = 10$ , среднее время падения  $t_{cp}$  и  $t_i$  – из таблицы 1 для второго значения массы груза.

- **Случайная ошибка  $\Delta t_{cl}$  и ошибка однократного измерения**

$\Delta t_o$  :

$$\Delta t_{cl} = t_{an} \cdot \sigma =$$

$$\Delta t_o = \alpha \cdot \Delta t_{np} = 9,9 \cdot 10^{-4} \text{ с.}$$

где коэффициент Стьюдента  $t_{an} = 3,25$ ,

доверительная вероятность  $\alpha = 0,99$ ,

цена деления секундомера  $\Delta t_{np} = 1 \text{ мс.}$

- **Погрешность измерения времени  $\Delta t$  :**

$$\Delta t = \sqrt{(\Delta t_{cl})^2 + (\Delta t_o)^2} =$$

- **Относительная погрешность  $\delta_a$  ускорения тела  $a$ :**

$$\delta_a \equiv \frac{\Delta a}{a}, \text{ где } \delta_a = \frac{2\Delta t}{t_{cp}} =$$

- **Относительная погрешность  $\delta_F$  силы тяги  $F_{тяг}$ :**

$$\delta_F \equiv \frac{\Delta F_{тяг}}{F_{тяг}}, \text{ где } \delta_F = \left( \frac{a}{g-a} \right) \left( \frac{\Delta a}{a} \right) = \left( \frac{a}{g-a} \right) \delta_a =$$

значение  $a$  из таблицы 1 для второго значения массы груза;  $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ .

- **Абсолютная погрешность  $\Delta F_{тяг}$  силы тяги  $F_{тяг}$ :**

$$\Delta F_{тяг} = F_{тяг} \cdot \delta_F =$$

значение  $F_{тяг}$  из таблицы 1 для второго значения массы груза.

- **Относительная погрешность  $\delta_m$  массы тела  $m$ :**

$$\delta_m \equiv \frac{\Delta m}{m}, \text{ где } \delta_m = \sqrt{1 + \left( \frac{a}{g-a} \right)^2} \cdot \left( \frac{\Delta a}{a} \right) = \sqrt{1 + \left( \frac{a}{g-a} \right)^2} \cdot \delta_a =$$

значение  $a$  из таблицы 1 для второго значения массы груза;  $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ .

- **Абсолютная погрешность  $\Delta m$  массы тела  $m$ :**

$$\Delta m = m \cdot \delta_m =$$

значение  $m$  из таблицы 1 для второго значения массы груза.

- **Окончательный результат эксперимента без трения:**

$$m_{экспер} = m_{ср} \pm \Delta m =$$

- **Относительная погрешность  $\delta_\mu$  коэффициента трения  $\mu$ :**

$$\delta_\mu \equiv \frac{\Delta \mu}{\mu}, \text{ где } \delta_\mu = \sqrt{\left( \frac{\Delta F_{тр}}{F_{тр}} \right)^2 + \left( \frac{\Delta m}{m} \right)^2} = \sqrt{\left( \frac{\Delta F_{тр}}{F_{тр}} \right)^2 + (\delta_m)^2} =$$

Сила трения  $F_{тр}$  определяется из графика.

Если  $\Delta F_{тяг} \ll 0,025 \text{ Н}$ , значение  $\Delta F_{тр} = 0,025 \text{ Н}$  (цена деления на графике). Иначе, значение  $\Delta F_{тр} = \Delta F_{тяг}$  (абсолютная погрешность силы тяги).

- Абсолютная погрешность  $\Delta\mu$  коэффициента трения  $\mu$ :

$$\Delta\mu = \mu \cdot \delta_{\mu} =$$

значение  $\mu$  берется из таблицы 4.

- Окончательный результат эксперимента с трением:

$$\mu_{\text{экспер}} = \mu_{\text{ср}} \pm \Delta\mu =$$

### Окончательный результат:

Теоретическое значение массы тела, кг:  $m_{\text{теор}} =$  \_\_\_\_\_.

Экспериментальное значение массы тела, кг:  $m_{\text{экспер}} =$  \_\_\_\_\_  $\pm$  \_\_\_\_.

Сила трения, Н:  $F_{\text{тр}} =$  \_\_\_\_\_.

Коэффициент трения:  $\mu_{\text{экспер}} =$  \_\_\_\_\_  $\pm$  \_\_\_\_\_.

**Выводы:** \_\_\_\_\_

---



---



---



---



---



---



---

