

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ  
Государственное образовательное учреждение высшего профессионального  
образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор-директор ФТИ

\_\_\_\_\_ В.П.Кривобоков  
« \_\_ » \_\_\_\_\_ 2012 г.

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОМЕНТА СИЛЫ ТРЕНИЯ  
ПРИ ПОМОЩИ МАШИНЫ АТВУДА**

Методические указания к выполнению лабораторной работы М-14  
по курсу «Общая физика» для студентов всех специальностей

*Составитель* **Н.С. Кравченко, Н.И.Гаврилина**

Издательство  
Томского политехнического университета  
2012

УДК 53.076

**Определение моменты силы трения при помощи машины Атвуда.**

Методические указания к выполнению лабораторных работ М - 14 по курсу общей физики / сост. Н.С. Кравченко, Н.И. Гаврилина; Национальный исследовательский Томский политехнический университет. – Томск:

Изд-во Томского политехнического университета, 2012.–11с.

Методические указания рассмотрены и рекомендованы  
к изданию методическим семинаром кафедры  
теоретической и экспериментальной физики ФТИ.

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2012 г.

Зав. кафедрой ТиЭФ  
доктор физ.-мат. наук,  
профессор

\_\_\_\_\_ *В.Ф. Пичугин*

Председатель  
учебно-методической комиссии

\_\_\_\_\_ *С.И. Борисенко*

*Рецензент*

доцент к.ф.-м.н. Ю.А. Сивов

© Составление. ГОУ ВПО «Национальный  
исследовательский Томский политехнический  
университет», 2012

© Н.С. Кравченко, Н.И. Гаврилина составление,  
2010

© Оформление. Издательство Томского  
политехнического университета, 2012

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОМЕНТА СИЛЫ ТРЕНИЯ ПРИ ПОМОЩИ МАШИНЫ АТВУДА

**Цель работы:** определение момента силы трения, действующего на вращающийся блок, используя законы динамики.

**Приборы и принадлежности:** лабораторная установка (машина Атвуда) с грузами одинаковой массы, электрический секундомер, набор грузов.

### ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ СОДЕРЖАНИЕ

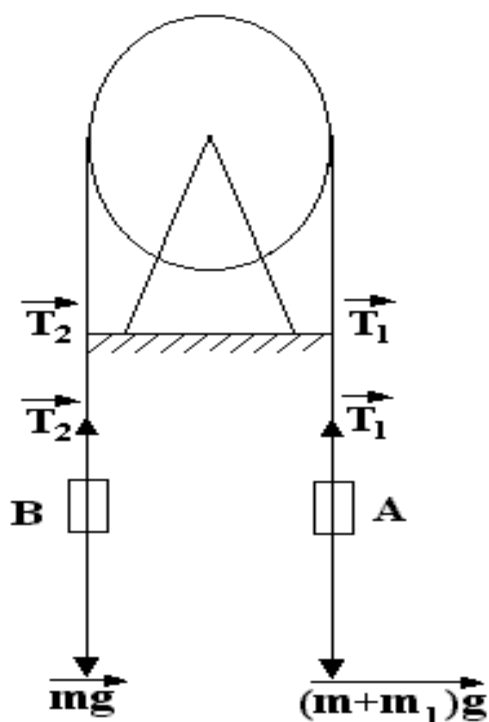


Рис. 1

Рассмотрим систему, состоящую из двух одинаковых (А) и (В) грузов, массами  $m$  каждый, подвешенных на невесомой нерастяжимой нити и блока, радиус которого  $R$ , момент инерции которого  $I = 0,5M_{\text{Бл}}R^2$  (блок - сплошной диск) (рис. 1).

Так как массы грузов (А) и (В) одинаковы, то система будет находиться в покое, т.е. грузы не перемещаются и блок не вращается.

Если на груз (А) положить перегрузок (дополнительный груз) массой  $m_1$ , то система грузов придет в движение. Движение грузов будет равноускоренное. Применив второй закон Ньютона в проекции на направление движения, получим уравнения движения груза (А):

$$(m + m_1)g - T_1 = (m + m_1)a \quad (1)$$

груза (В):

$$T_2 - mg = ma$$

Блок вращается равноускоренно и для него основной закон динамики вращательного движения имеет вид:

$$T_1 R - T_2 R - M_{\text{тр}} = I\varepsilon$$

$$\varepsilon = a/R, \text{ где } a - \text{ускорение грузов, } I = 0,5M_{\text{бл}}R^2 \quad (3)$$

$T_1$  и  $T_2$  – силы реакции натяжения нитей;

$\varepsilon$  – угловое ускорение

$I$  – момент инерции блока

$R$  – радиус блока

$M_{\text{тр}}$  – момент силы трения

Решая систему трех последних уравнений относительно  $a$  (ускорения), получим

$$a(2m + m_1 + M_{Бл}/2) = m_1 g - M_{тр}/R \quad (4)$$

Поскольку  $m_1 \ll 2m + 0,5M_{тр}$ , то можно считать, что ускорение линейно зависит от силы тяжести перегрузка  $m_1 g$ . Значит, построив экспериментальный график зависимости ускорения  $a$ , от силы тяжести перегрузка  $m_1 g$ , получим прямую под углом к оси, на которой откладывали значение силы тяжести перегрузка.

Из уравнения (11) следует, что если ускорение равно нулю т.е. движение равномерное, то

$$M_{тр}/R = m_1 g \quad (12)$$

Значит, чтобы найти величину  $M_{тр}/R$  нужно экспериментальную прямую продолжить до пересечения с осью абсцисс. Отрезок, отсекаемый экспериментальной прямой по оси абсцисс, и будет численно равен величине  $M_{тр}/R$ . Зная радиус  $R$  блока, можно найти момент сил трения, умножив найденную по графику величину на  $R$ .

## ОПИСАНИЕ УСТАНОВКИ И МЕТОДА ИЗМЕРЕНИЙ

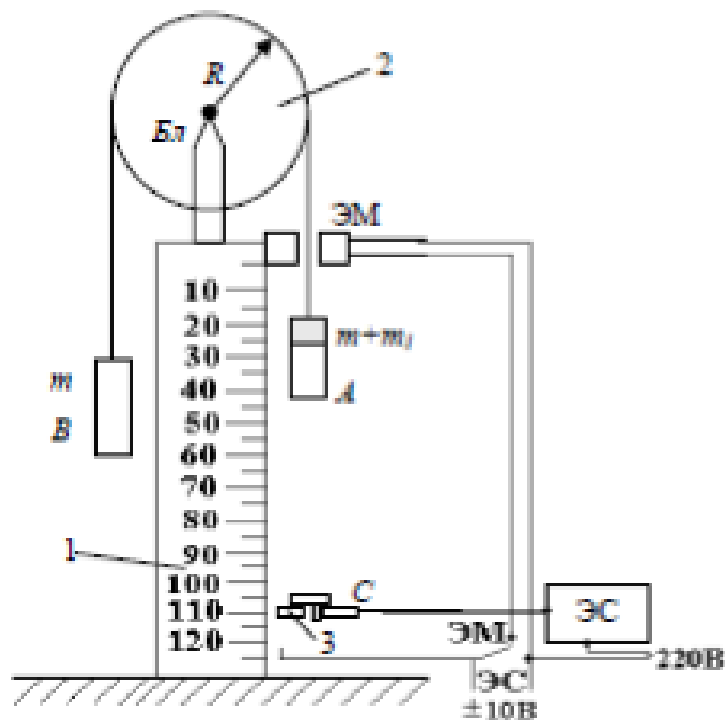


Рис. 2

Машина Атвуда (рис.2) представляет собой вертикальную штангу (1) с делениями, на верхнем конце которой укреплен легкий блок (2), вращающийся с небольшим трением вокруг горизонтальной оси. Через блок перекинута тонкая нить с грузами (А) и (В) одинаковой массы  $m$ . Груз (А) может удерживаться в верхнем положении при помощи электромагнита (ЭМ). На штанге закреплена платформа (С), имеющая контактную пластинку (3), соединенную с секундомером (4). При ударе груза (А) о платформу секундомер отключается.

Если на груз (А) положить дополнительный груз (перегрузок), то система грузов придет в движение. Отметив первоначальное положение груза (А) относительно платформы (С), можно определить ускорение, с которым движутся грузы.

Так как грузы движутся равноускоренно, то из кинематического уравнения движения, ускорение равно

$$a = \frac{2h}{t^2} \quad (13)$$

где  $h$  - расстояние от начального положения нижней части груза (А) до платформы С,  $t$  - время движения груза на этом пути.

## ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Грузы (А) и (В) поставить в начальное положение. Тумблер переключения в положение (ЭМ). При этом через обмотку электромагнита протекает ток и груз (А) фиксируется в верхнем положении.
2. На груз (А) поместить перегрузок массой  $m_1$ . Приподнять платформу (С), при этом замкнется цепь секундомера. Измерить расстояние  $h$ . Высота  $h$  задается преподавателем (не менее 50 см).
3. Тумблер установки перевести в положение (ЭС). Груз начинает двигаться вниз, а электрический секундомер включается. После удара груза (А) о платформу секундомер выключается.
4. С перегрузком  $m_1$  повторяют опыт 3-5 раз. Находят среднее время движения груза и по формуле (13) определяют ускорение.
5. Повторяют измерения для других перегрузков  $m_1$ : 4г., 6г., 8г., 10г., 12г. Вычисляют ускорения для всех случаев.
6. Строят зависимость  $a = f(m_1 g)$ . Из графика находят величину  $M_{тр}/R$ , а затем  $M_{тр}$ .

Таблица 1

№	$m_1$ (кг)	$h$ (см)	$t$ (с)	$a$ (см/с <sup>2</sup> )
1 2 3 и т.д.	4			
1 2 3 и т.д.	6			
и т.д.				

### Контрольные вопросы

1. Какова роль перегрузка  $m_1$ ?
2. Получите соотношение (4).
3. В чем сущность графического способа нахождения  $M_{тр}$ ?
4. Предложите способ оценки погрешности измерения.
5. Как может сказаться на результатах измерений конечное время срабатывания электромагнита?

Учебное издание

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОМЕНТА СИЛЫ ТРЕНИЯ  
ПРИ ПОМОЩИ МАШИНЫ АТВУДА.**

**Методические указания к выполнению лабораторной работы М-14**

Составители: Надежда Степановна Кравченко  
Нина Ивановна Гаврилина


**Отпечатано в Издательстве ТПУ в полном соответствии  
с качеством предоставленного оригинал-макета**

Подписано к печати \_\_\_\_\_ 2012. Формат 60x84/16. Бумага «Снегурочка».  
Печать XEROX. Усл.печ.л. 9,01. Уч.-изд.л. 8,16.  
Заказ \_\_\_\_ . Тираж \_\_\_\_\_ экз.



Национальный исследовательский Томский  
политехнический университет  
Система менеджмента качества  
Томского политехнического университета  
сертифицирована  
NATIONAL QUALITY ASSURANCE по стандарту  
ISO 9001:2008



ИЗДАТЕЛЬСТВО  ТПУ. 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30  
Тел./факс: 8(3822)56-35-35, [www.tpu.ru](http://www.tpu.ru)