



### 010110. Проверка законов динамики поступательного движения.

**Цель работы:** убедиться в справедливости основного закона поступательного движения.

**Требуемое оборудование, входящее в состав модульно учебного комплекса МУК-М2:**

- |   |       |
|---|-------|
| 1. Блок механический БМ2 (узел “плоскость”) | 1 шт. |
| 2. Секундомер электронный СЭ1               | 1 шт. |

#### *Краткое теоретическое введение*

Основной закон динамики (или второй закон Ньютона) выражает соотношение между силой  $F$  и изменением скорости (ускорением  $a$ ) взаимодействующих тел:

$$F=ma, \quad (1)$$

где  $m$  – масса тела.

С помощью основного закона динамики можно определить силы, действующие на тело, либо характер движения (ускорение) по заданным силам. При составлении уравнения движения необходимо пользоваться следующим алгоритмом:

- вначале нужно найти все силы, действующие на данную материальную точку (включая силы реакции);
- затем следует найти равнодействующую этих сил;
- применить основной закон динамики и решить уравнение относительно неизвестной величины.

В данной лабораторной работе предлагается рассмотреть основной закон динамики на примере движения бруска массой  $m_1$  по наклонной плоскости (рис.1). Для создания силы тяги  $F_1$  на невесомую, нерастяжимую нить, перекинутую через невесомый, вращающийся с малым трением блок подвешен груз массой  $m_2$ . Груз под действием силы тяжести  $F_{T2}$  опускается, натягивает нить и заставляет брусок скользить равноускоренно по поверхности наклонной плоскости вверх. На брусок будут действовать: сила тяжести  $F_{T1}=m_1g$ , сила тяги  $F_1$ , сила трения  $F_{TP}$ , сила реакции опоры  $N$ . На груз будут действовать сила натяжения нити  $F_2$  и сила тяжести  $F_{T2}=m_2g$ .

Для описания движения бруска введем инерциальную систему отсчета, ось  $X_1$ , которой сонаправим с ускорением  $a_1$ , а ось  $Y_1$  – перпендикулярно к наклонной плоскости. Движение груза будем рассматривать относительно системы отсчета, ось  $X_2$  которой направим по направлению ускорения  $a_2$ .

Запишем уравнения движения бруска и груза в векторной форме:

$$\begin{aligned} m_1 a_1 &= m_1 g + F_1 + F_{TP} + N; \\ m_2 a_2 &= m_2 g + F_2 \end{aligned} \quad (2)$$

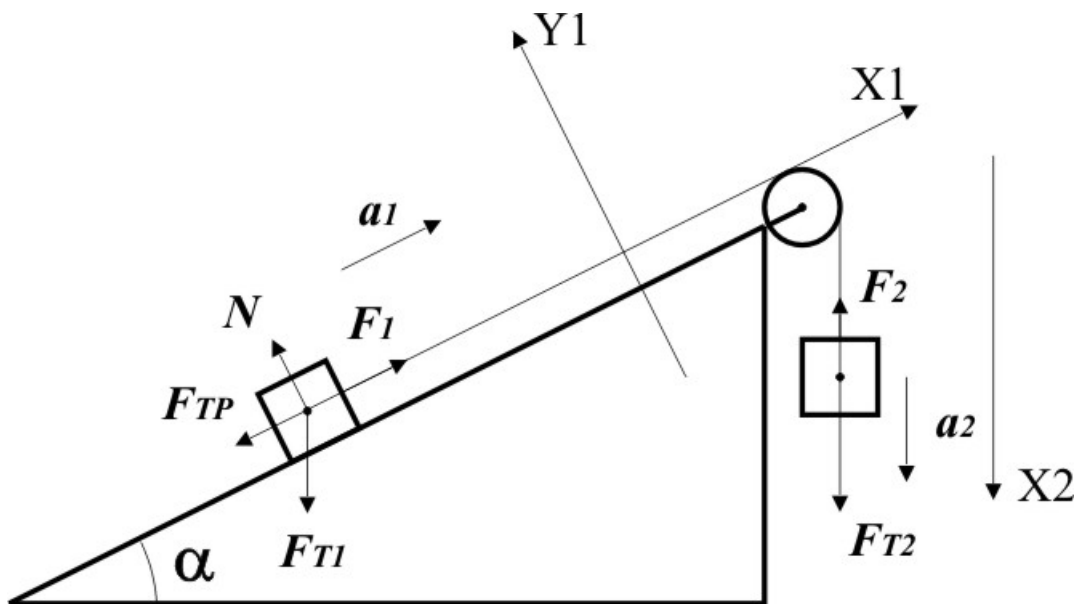


Рис. 1

Для решения полученной системы уравнений необходимо знать коэффициент трения  $\mu$ , входящий в формулу для определения модуля силы трения  $F_{тр} = \mu N$ . Для нахождения этого коэффициента удобнее расположить наклонную плоскость под углом  $0^\circ$  к горизонту. В этом случае:

$$F_1 = m_1(a_1 + \mu g); \quad (3)$$

$$F_2 = m_2(g - a_2).$$

Если считать, что блок невесомый и трение на оси блока отсутствует, то эти силы должны быть равны между собой по модулю. Поскольку нить нерастяжима, то ускорения  $a_1 = a_2 = a$ . Модуль ускорения  $a$  можно найти, зная длину пути  $L$ , пройденную бруском и время его движения:

$$a = \frac{2L}{t^2} \quad (4)$$

Таким образом, решая уравнения (3), можно получить выражения для нахождения коэффициента трения скольжения:

$$\mu = \frac{m_2 g - a(m_1 + m_2)}{m_1 g} \quad (5)$$

Рассмотрим общий случай, при котором  $\alpha \neq 0$ . Систему уравнений (2) в скалярном виде можно представить:

$$m_1 a_1 = F_1 - m_1 g \sin \alpha - \mu m_1 \cos \alpha \quad (6)$$

$$m_2 a_2 = m_2 g - F_2$$

Если выполняются условия  $F_1 = F_2 = F$  и  $a_1 = a_2 = a$ , то

$$a = \frac{g(m_1 - m_2(\sin \alpha + \mu \cos \alpha))}{m_1 + m_2} \quad (7)$$

### **Методика эксперимента**

Исследовать движение бруска по наклонной плоскости можно с помощью узла «плоскость» и секундомера СЭ1, входящих в состав модульно учебного комплекса МУК-М2.

Установка представляет собой наклонную плоскость 1, которую с помощью винта 2 можно устанавливать под разными углами  $\alpha$  к горизонту (рис.2). Угол  $\alpha$  измеряется с помощью шкалы 3. На плоскость может быть помещен брусок 4. Для удержания бруска используется электромагнит 5. Пройденное бруском расстояние можно измерить с помощью линейки 6. На нить 10, перекинутую через блок 8 подвешивается груз 9.

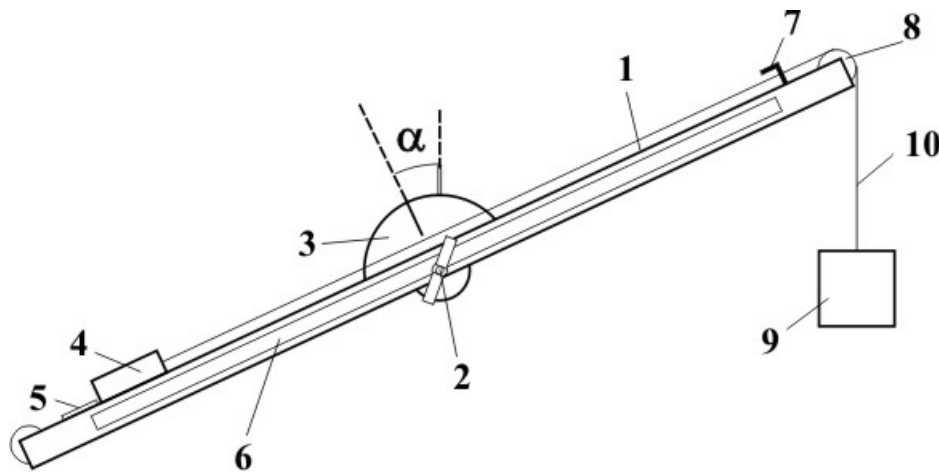


Рис.2

В комплект узла «плоскость» входят два бруска и 2 груза различной массы. Каждый брусок состоит из двух частей, изготовленных из различных материалов: дерево-дюраль и дерево-сталь.

### **Рекомендуемое задание**

1. Ослабив винт 2 (рис.2), установите плоскость под углом  $0^0$  к горизонту. Поместите брусок 4 (алюминий-дерево) на наклонную плоскость в положении деревом вниз.
2. Переключите тумблер управления электромагнитами механического блока в положение «плоскость».
3. Переведите секундомер СЭ1 в режим 1
4. Нажмите кнопку «Пуск» секундомера. Измерьте время опускания груза.
5. Повторите опыт пятикратно. Проведите математическую обработку результатов.
6. Найдите ускорение бруска по формуле (4) и коэффициент трения по формуле (5). Сравните полученный в опыте результат с табличным значением коэффициента трения скольжения или с результатами его измерения в работе Phys08.pdf.
7. Меняя угол наклона плоскости, найдите ускорение бруска по формуле (4), постройте зависимость  $a(\alpha)$ . Сравните полученный результат с теоретическим, найденным по формуле (7).
8. Повторите п.п. 1-7, повернув брусок в положение алюминийем вниз.
9. Сделайте выводы.

### **Список используемых источников**

1. Яворский Б. М., Пинский А. А. Основы физики: Учебное пособие. В двух томах: Т.1. Механика. Молекулярная физика. Электродинамика. – 3-е изд., перераб. – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1981. – 480 с.