

**Национальный исследовательский университет
«Московский энергетический институт»**

Кафедра общей физики и ядерного синтеза

Лабораторная работа №1

**Изучение динамики поступательного движения на установке
«Машина Атвуда»**

Группа: _____

Студент: _____

Преподаватель: _____

К работе допущен: _____

Дата выполнения работы: _____

Работу выполнил: _____

Работу сдал: _____

Москва, 2014

Внимание!!! Отчет оформляется студентами от руки

Цель работы – изучение динамики поступательного движения твердого тела, определение ускорения системы связанных тел в поле сил тяжести.

Принципиальная схема установки

1 – основание с регулировочными винтами; 2; 3 – стойка; 4 – легкий блок;
5 – подвижные грузы, закрепленные на концах нити 6;
7 – перегрузок; 8 – металлическая линейка с миллиметровой шкалой; 9 – захват груза;
10 – фотодатчик.

Расчетные формулы

Ускорение грузов, определяемое из экспериментов:

$$a_{\text{э}} = \frac{(\sqrt{2h_2} - \sqrt{2h_1})^2}{(\bar{\tau}_2 - \bar{\tau}_1)^2},$$

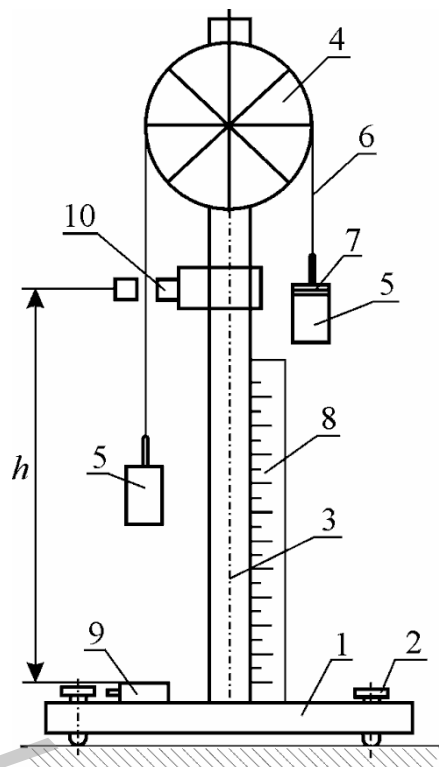
где h_1, h_2 – пути, пройденные грузами в первой и во второй серии экспериментов;

$\bar{\tau}_1, \bar{\tau}_2$ – средние времена движения грузов в первой и во второй серии экспериментов

Ускорение грузов, определяемое из теоретических уравнений:

$$a_{\text{т}} = \frac{m_0 g}{2m + m_0},$$

где m – масса каждого груза, m_0 – масса перегрузка, g – ускорение свободного падения.



Образец протокола измерений (распечатывается в лаборатории)

Данные установки:

Масса груза	$m = 68,20 \text{ г}; \Delta m = \pm 0,005 \text{ г.}$
Масса перегрузка	$m_0 = 1,90 \text{ г}; \Delta m_0 = \pm 0,005 \text{ г.}$
Координата нижнего торца груза	$y_1 = 45 \text{ мм}; \Delta y_1 = \pm 1 \text{ мм.}$
Координаты фотодатчика	$y'_2 = 250 \text{ мм}; \Delta y'_2 = \pm 0,5 \text{ мм.}$
	$y''_2 = 450 \text{ мм}; \Delta y''_2 = \pm 0,5 \text{ мм.}$

Таблица 1.

Спецификация измерительных приборов

Название прибора и его тип	Пределы измерения	Цена деления	Инструментальная погрешность
Миллиметровая шкала	500 мм	1 мм	0,5 мм
Миллисекундомер	99,999 с	0,001 с	0,002 с

Таблица 2.

Измерение времени движения грузов

№	$\tau_1, \text{ с}$	$\tau_2, \text{ с}$
1	2,097	2,911
2	2,117	2,902
3	2,102	2,920
4	2,103	2,877
5	2,079	2,911
ср.	2,099	2,904

ГРУППА _____

СТУДЕНТ _____

ДАТА ВЫПОЛНЕНИЯ _____

ПРЕПОДАВАТЕЛЬ _____

Обработка результатов измерений

Пути, пройденные грузами:

$$h_1 = y'_2 - y_1 = 250 - 45 = 250 \text{ (мм)};$$

$$h_2 = y''_2 - y_1 = 450 - 45 = 405 \text{ (мм)}.$$

Абсолютные случайные погрешности измерения движения грузов:

$$\begin{aligned}\Delta\tau_{1\text{сл}} &= t_{p,n} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\bar{\tau}_1 - \tau_i)^2}{n(n-1)}} = \\ &= 2,776 \sqrt{\frac{(2099-2097)^2 + (2099-2117)^2 + (2099-2102)^2 + (2099-2103)^2 + (2099-2079)^2}{5(5-1)}} = 17,01 \text{ (мс)}; \\ \Delta\tau_{2\text{сл}} &= t_{p,n} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\bar{\tau}_2 - \tau_i)^2}{n(n-1)}} = \\ &= 2,776 \sqrt{\frac{(2904-2911)^2 + (2904-2902)^2 + (2904-2920)^2 + (2904-2877)^2 + (2904-2911)^2}{5(5-1)}} = 20,46 \text{ (мс)};\end{aligned}$$

Абсолютные погрешности средств измерения (приборные погрешности) времени движения грузов:

$$\Delta\tau_{1\text{пп}} = \Delta\tau_{2\text{пп}} = \Delta_{\text{п}}\tau/\sqrt{3} = \Delta_{\text{п}}\tau/\sqrt{3} = 1,155 \text{ (мс)}.$$

Результирующие погрешности изменения времени движения грузов:

$$\Delta\tau_1 = \sqrt{\Delta\tau_{1\text{сл}}^2 + \Delta\tau_{1\text{пп}}^2} = \sqrt{17,01^2 + 1,155^2} = 17,05 \text{ (мс)}.$$

$$\Delta\tau_2 = \sqrt{\Delta\tau_{2\text{сл}}^2 + \Delta\tau_{2\text{пп}}^2} = \sqrt{20,46^2 + 1,155^2} = 20,49 \text{ (мс)}.$$

Ускорение грузов, определяемое из экспериментов:

$$a_3 = \frac{(\sqrt{2h_2} - \sqrt{2h_1})^2}{(\bar{\tau}_2 - \bar{\tau}_1)^2} = \frac{(\sqrt{2 \cdot 0,405} - \sqrt{2 \cdot 0,205})^2}{(2,904 - 2,099)^2} = 0,1042 \text{ (м/с}^2\text{)}.$$

Ускорение грузов, определяемое из теоретических уравнений:

$$a_{\text{т}} = \frac{m_0 g}{2m + m_0} = \frac{1,90 \cdot 10^{-3} \cdot 9,81}{2 \cdot 68,20 \cdot 10^{-3} + 1,90 \cdot 10^{-3}} = 0,1348 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}^2}\right).$$

Относительные погрешности косвенных измерений:

$$\delta a_3 = \frac{2}{|\bar{\tau}_1 - \bar{\tau}_2|} \sqrt{\Delta\tau_1^2 + \Delta\tau_2^2} = \frac{2}{|2099 - 2904|} \sqrt{17,05^2 + 20,49^2} = 6,614 \cdot 10^{-2};$$

$$\delta a_{\text{т}} = \frac{2m}{2m + m_0} \delta m_0;$$

$$\delta m_0 = \frac{\Delta m_0}{m_0} = \frac{0,005}{1,90} = 0,2632 \cdot 10^{-2}$$

$$\delta a_T = \frac{2 \cdot 68,20}{2 \cdot 68,20 + 1,90} 0,2632 \cdot 10^{-2} = 0,2596 \cdot 10^{-2};$$

Абсолютные погрешности косвенных измерений:

$$\Delta a_3 = \delta a_3 a_3 = 6,614 \cdot 10^{-2} \cdot 0,1042 = 6,892 \cdot 10^{-3} (\text{м/с}^2);$$

$$\Delta a_T = \delta a_T a_T = 0,2596 \cdot 10^{-2} \cdot 0,1348 = 0,3499 \cdot 10^{-3} (\text{м/с}^2);$$

Окончательный результат:

$$a_3 = (0,104 \pm 0,007) \text{м/с}^2; P = 0,95;$$

$$a_T = (0,1348 \pm 0,0003) \text{м/с}^2.$$

Вывод

Ускорение a_T , рассчитанное с помощью теоретических уравнений, на 29%,

$$(a_3 - a_T)/a_3 = (0,1348 - 0,1042)/0,10420 = 0,2937$$

превосходит ускорение a_3 , рассчитанное с помощью экспериментальных данных, так как при выводе формулы для a_3 не учитывались масса блока и сила трения, действующая при движении блока.