

Отчет о выполнении лабораторной работы
Экспериментальная проверка закона
вращательного движения на
крестообразном маятнике

Лепарский Роман

November 8, 2020

1 Аннотация

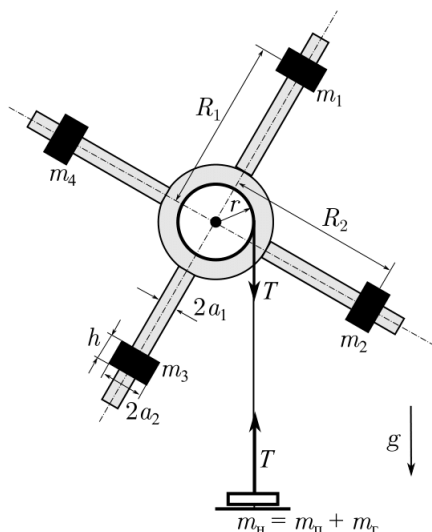
Целью работы является получение зависимости углового ускорения от момента прикладываемых к маятнику сил. Необходимо убедиться, что угловое ускорение зависит от момента сил линейно, определить момент инерции маятника. Также, нужно проанализировать влияние сил трения, действующих на ось вращения.

2 Теоретические сведения

В данной работе экспериментально проверяется уравнение вращательного движения:

$$I \frac{d\omega}{dt} = M \quad (1)$$

Для этого используется крестообразный маятник



Массы грузов:

$m_1, \text{ г}$	155,5
$m_2, \text{ г}$	148,9
$m_3, \text{ г}$	151,9
$m_4, \text{ г}$	150,1

$$m_0 = \langle m \rangle = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N m_i = \frac{155,5 + 148,9 + 151,9 + 150,1}{4} = 151,6 \text{ г}$$

Запишем также некоторые полезные данные:

- Высота опускания груза $H = 60\text{см}$
- Радиус маленького шкива $r_1 = 9\text{мм}$
- Радиус большого шкива $r_2 = 17,5\text{мм}$
- Расстояние от оси вращения до центров масс грузов в 1 опыте $R_1 = 60 + 12,5 = 72,5\text{мм}$
- Расстояние от оси вращения до центров масс грузов во 2 опыте $R_1 = 200 + 12,5 = 212,5\text{мм}$

Вращающий момент задаётся силой натяжения T :

$$M_H = rT \quad (2)$$

где r - радиус шкива. Силу T легко найти из уравнения движения платформы с перегрузком:

$$mg - T = ma \quad (3)$$

здесь m - масса платформы с перегрузком

Если момент трения в подшипниках мал по сравнению с моментом M_T , то из (1), (2) и (3) следует постоянство ускорения a , и, измеряя время t , в течение которого нагруженная платформа из состояния покоя опускается на расстояние h , можно найти её ускорение a :

$$a = \frac{2h}{t^2}$$

связанное с угловым ускорением $\beta = d\omega/dt$ соотношением:

$$a = r \frac{d\omega}{dt} = r\beta \quad (4)$$

Для дальнейшей работы удобно преобразовать уравнение (1), выделив момент сил трения в явном виде:

$$M_H - M_T = I \frac{d\omega}{dt}$$

3 Приборы и материалы

В работе используются:

- Крестообразный маятник,

- Набор перегрузков,
- Секундомер,
- Лнейка,
- Штангенциркуль

4 Обработка результатов

4.1 Опыт №1. $R = 72,5\text{мм}$

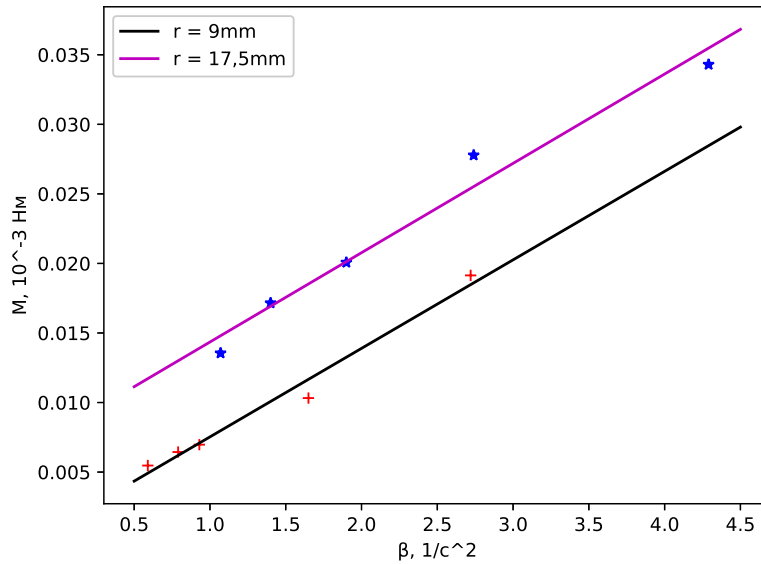
Запишем данные, полученные из экспериментов. Рассчитаем для каждого эксперимента угловое ускорение β и вращающий момент M_H :

$$\beta = \frac{2h}{rt^2}$$

$$M_H = mgr$$

Диаметр шкива	Масса платформы с перегрузком	Время падения	β	M_0
мм	г	с	с^{-2}	10^{-3}Нм
18	62	15	0,59	5,47
	73	13	0,79	6,44
	79	12	0,93	6,97
	117	9	1,65	10,32
	217	7	2,72	19,14
35	79	8	1,07	13,55
	100	7	1,40	17,15
	117	6	1,90	20,07
	162	5	2,74	27,78
	200	4	4,29	34,30

Построим график зависимости M от β



По МНК вычислим значения момента инерции:

$$I_1 = 6,36 \cdot 10^{-3} \pm 0,99 \cdot 10^{-3} \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

$$I_2 = 6,64 \cdot 10^{-3} \pm 1,27 \cdot 10^{-3} \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

Оттуда же узнаем M_T :

$$M_T = M(0) \approx 5 \cdot 10^{-3} \text{ Нм}$$

4.2 Опыт №2. $R = 212,5\text{мм}$

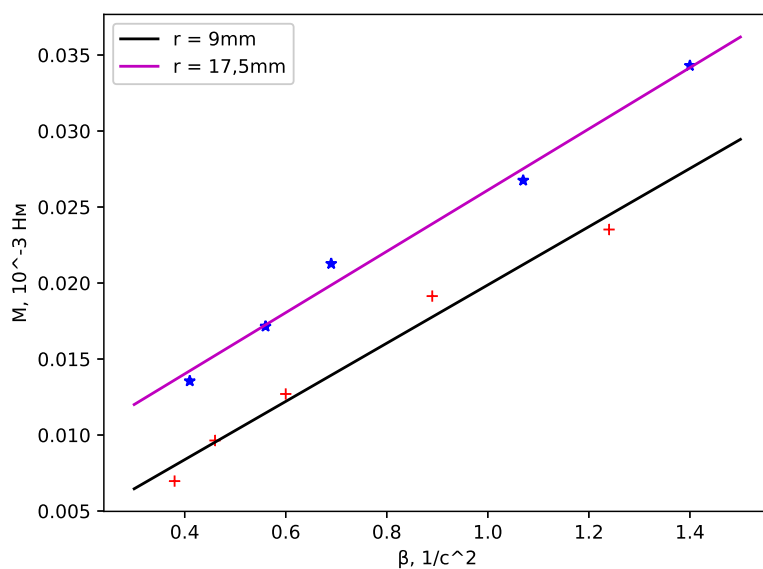
Запишем данные, полученные из экспериментов. Рассчитаем для каждого эксперимента угловое ускорение β и вращающий момент M_H :

$$\beta = \frac{2h}{rt^2}$$

$$M_H = mgr$$

Диаметр шкива	Масса платформы с перегрузком	Время падения	β	M_0
мм	г	с	с^{-2}	10^{-3}Нм
18	79	20	0,38	6,97
	123	18	0,46	9,64
	162	15	0,60	12,70
	217	13	0,89	19,14
	300	11	1,24	23,52
35	79	13	0,41	13,55
	100	11	0,56	17,15
	124	10	0,69	21,27
	156	8	1,07	26,75
	200	7	1,40	34,30

Построим график зависимости M от β



По МНК вычислим значения момента инерции:

$$I_1 = 19,15 \cdot 10^{-3} \pm 1,6 \cdot 10^{-3} \text{ кг}\cdot\text{м}^2$$

$$I_2 = 20,14 \cdot 10^{-3} \pm 3,7 \cdot 10^{-3} \text{ кг}\cdot\text{м}^2$$

Оттуда же узнаем M_T :

$$M_T = M(0) \approx 5 \cdot 10^{-3} \text{ Нм}$$

5 Вывод

Из проведённых опытов видно, что зависимость углового ускорения от момента приложенных сил с достаточной точностью (8%) аппроксимируется линейной функцией. Из чего можно сделать вывод, что формула $M = I\beta$ справедлива.