

Лабораторная работа №1.2.5  
Исследование прецессии уравновешенного  
гироскопа

Гёлецын А.Г.

22 июля 2022 г.

# 1 Ход работы

Сначала установим параметры системы.

$$\begin{aligned}l &= (112 \pm 1)_{\text{мм}} \\g &= (9.8155 \pm 0.0005)_{\text{мс}^{-2}} \\ \Delta m &= 1_{\text{г}} \\ \varepsilon_T &= 1\%\end{aligned}$$

Приведем данные, полученные при измерениях.

№	$m, \text{г}$	$N$	$t, \text{с}$	$\alpha, ^\circ$	$\Delta\alpha, ^\circ$	$T, \text{с}$
1	342	11	335	9	1	30.5
2	342	12	365	9	1	30.4
3	274	11	419	10	1	38.1
4	274	11	414	10	1	37.6
5	220	8	378	10	1	47.2
6	220	10	468	10	1	46.8
7	179	7	406	10	1	58.0
8	179	7	408	10	1	58.3
9	142	5	368	10	1	73.6
10	142	6	441	10	1	73.5

Таблица 1: Измерения периода прецессии при различных массах груза

Отсюда обработав данные получаем следующие значения

№	$m, \text{г}$	$T, \text{с}$	$\Delta T, \text{с}$	$\Omega, \text{с}^{-1}$	$\Delta\Omega, \text{с}^{-1}$	$M, \text{Нм}$	$\Delta M, \text{Нм}$
1	142	73.6	0.7	0.085	0.001	0.169	0.002
2	179	58.1	0.6	0.108	0.001	0.213	0.002
3	220	47.0	0.5	0.134	0.001	0.261	0.002
4	274	37.9	0.4	0.166	0.002	0.325	0.003
5	342	30.4	0.3	0.207	0.002	0.406	0.004

Таблица 2: Обработанные данные

В таблице выше были использованы следующие формулы

$$\begin{aligned}\Omega &= \frac{2\pi}{T} \\ \Delta\Omega &= \Omega \frac{\Delta T}{T} \\ M &= mgl \\ \Delta M &= M \sqrt{\left(\frac{\Delta m}{m}\right)^2 + \left(\frac{\Delta g}{g}\right)^2 + \left(\frac{\Delta l}{l}\right)^2}\end{aligned}$$

Теоретически есть зависимость между  $\Omega$  и  $M$ . Выглядит оно по следующему

$$\Omega = \frac{M}{L}$$

где

$$L = I_{\text{ротор}}\omega_{\text{ротор}}$$

Построив график  $\Omega(M)$  получаем значение  $1/L$ .

$$\frac{1}{L} = (0.509 \pm 0.005)(\text{Нмс})^{-1}$$

.

## 1.1 Измерение частоты вращения ротора

Теперь измерим момент инерции ротора для дальнейших обработок. Измерять будем крутильным маятником, предварительно "откалибровав" его цилиндром с известным моментом инерции.

Для цилиндра имеем

$$\begin{aligned}m_{\text{ц}} &= (1617.8 \pm 0.1)\text{г} \\ d_{\text{ц}} &= (7.80 \pm 0.01)\text{см} \\ I_{\text{ц}} &= \frac{md^2}{8} = (1.230 \pm 0.003)10^{-3}\text{кгм}^2\end{aligned}$$

Измерив периоды колебаний цилиндра и ротора посчитаем момент инерции ротора

$$\begin{aligned}T_{\text{ц}} &= (4.07 \pm 0.01)\text{с} \\T_{\text{р}} &= (3.22 \pm 0.01)\text{с} \\I_{\text{р}} &= I_{\text{ц}} \frac{T_{\text{р}}^2}{T_{\text{ц}}^2} = (0.771 \pm 0.006)10^{-3}\text{кгм}^2\end{aligned}$$

Если обозначим  $x = 1/L$  то частота вращения ротора получается

$$\nu = \frac{1}{2\pi I_{\text{р}} x} = (405 \pm 5)\text{Гц}$$

При измерении этой частоты осциллографом с помощью фигур лиссажу получаем значение

$$\nu_{\text{осц}} = (389 \pm 1)\text{Гц}$$

## 1.2 Измерение момента трения

Во время эксперимента ось гироскопа опускалось в первую очередь из за трения в вертикальной оси. Для оценивания момента сил трения можно воспользоваться данными про угол наклона  $\alpha$  за время эксперимента  $t$ . Формула момента трения приобретает следующий вид.

$$M_{\text{тр}} \approx \frac{L\alpha}{t}$$

Для наших данных получаем следующие значения.

$M_{\text{тр}}, 10^{-4}\text{Нм}$	9.0	8.0	8.0	8.0	9.0	7.0	8.0	8.0	9.0	8.0
$\Delta M_{\text{тр}}, 10^{-4}\text{Нм}$	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

Таблица 3: Моменты сил трения

Усредняя получаем

$$M_{\text{тр}} = (8.2 \pm 1.2)10^{-4}\text{Нм}$$

## 2 Заключение

Как видим частоты вращения близки, но в пределах погрешности они не совпадают. В чем причина расхождения? Пытатся объяснить тем, что мы не учитываем косинус угла при подсчете момента, или тем что угловая скорость прецессии в этом виновата не получится, слишком мелкие поправки. По моему мнению проблема состоит в измерении момента инерции ротора, так как при неуравновешенных колебаниях момент инерции искажается.

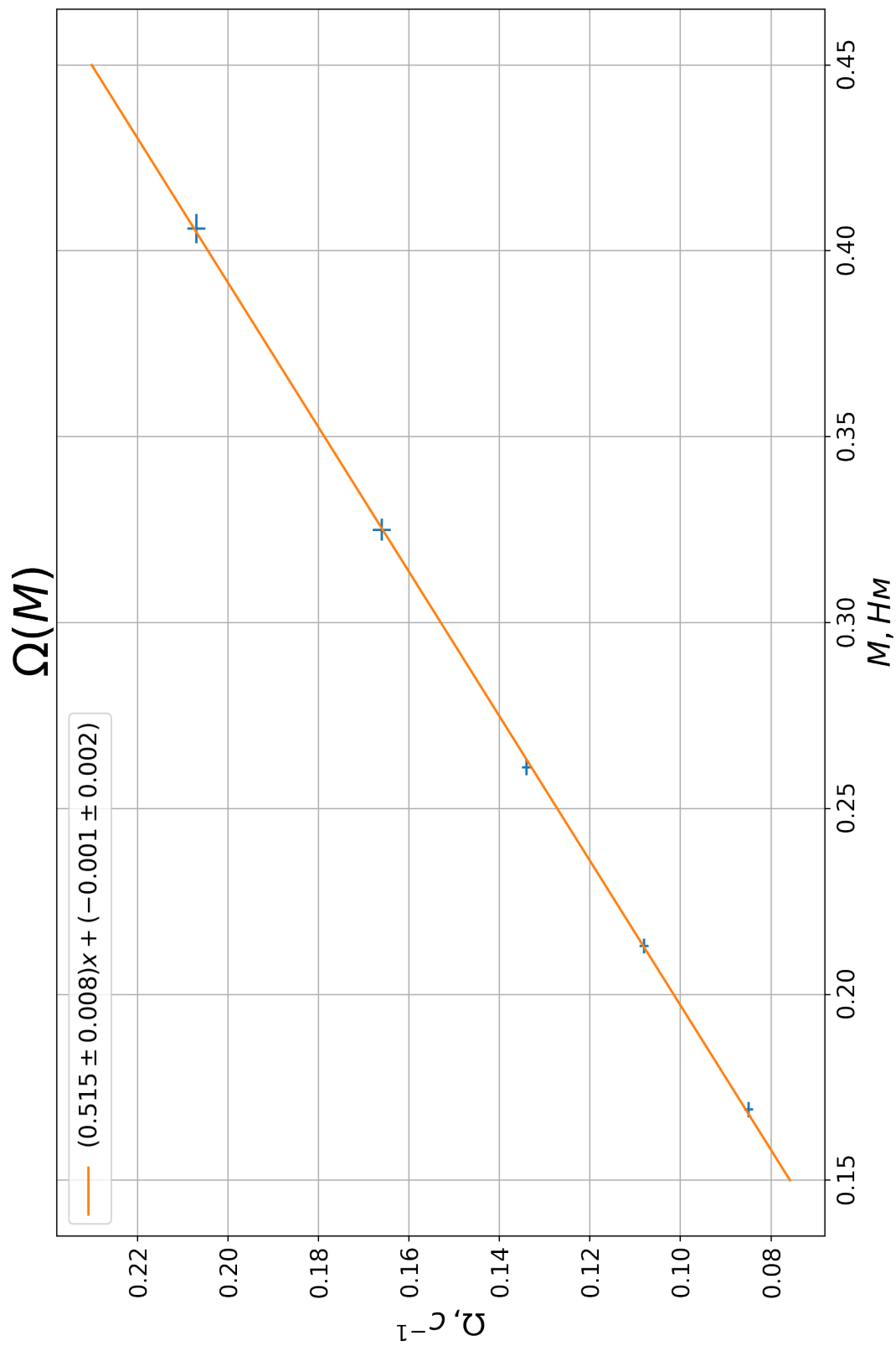


Рис. 1: График  $\Omega(M)$