

НИУ «Высшая школа экономики»

Лабораторная работа №4

Изучение прецессии гироскопа

Выполнил Никитин Илья

БФЗ 191_2

Оглавление

Цель работы.....	2
Теоретическое обоснование.....	2
Экспериментальная установка.....	2
Ход работы.....	2
Моменты неучтенных сил.....	4
Вывод.....	4

Цель работы

Изучить прецессию гироскопа. Определить момент инерции гироскопа. Определить причины, вызывающие отклонение наблюдаемой картины от простой модели. Оценить величину неучтенных сил или их моментов.

Теоретическое обоснование

Пусть I – момент инерции гироскопа, Ω – угловая скорость прецессии гироскопа. m – масса помещенного на ось гироскопа груза, плечо относительно подвеса равно \vec{r} . Момент, возникающей силы тяжести $\vec{T} = [\vec{r}, \vec{F}]$.

Уравнение динамики вращающегося тела

$$\frac{d\vec{L}}{dt} = \vec{T}$$

Тогда

$$L\omega = mgr$$
$$I\Omega\omega = mgr$$

Экспериментальная установка

- Электронный гироскоп с датчиком угловой скорости ротора и времени прецессии гироскопа
- Груз массой 140г
- Линейка
- Смартфон для самостоятельного засекания времени в отдельных случаях

Ход работы

Было проведено несколько экспериментов. Серии по 7 опытов при одном положении груза и разных угловых скоростях вращения ротора.

Насечки	Угловая скорость ротора, Гц	Время прецессии, с	Угловая скорость прецессии, Гц	Угол прецессии, град	Погрешность угла прецессии, град	Скорость реакции, с	Погрешность угловой скорости прецессии, Гц	Погрешность угловой скорости ротора, Гц	Погрешность искомой величины, Гц ²	$\Omega \cdot \omega$
3	251.33	6.92	0.151	60	3	0.2	0.009	18.85	3.600	38.03
3	314.16	4.74	0.110	30	3	0.2	0.012	18.85	4.304	34.70
3	376.99	14.82	0.106	90	1	0	0.001	18.85	2.047	39.96
3	439.82	5.98	0.088	30	3	0.2	0.009	18.85	4.383	38.51
3	502.65	7.16	0.073	30	3	0.2	0.008	18.85	4.058	36.76
3	565.49	7.38	0.071	30	3	0.2	0.007	18.85	4.367	40.12
3	628.32	16.35	0.064	60	3	0.2	0.003	18.85	2.398	40.24
4	251.33	4.64	0.339	90	1	0	0.004	18.85	6.451	85.08
4	314.16	5.85	0.269	90	1	0	0.003	18.85	5.147	84.36
4	376.99	4.78	0.219	60	3	0.2	0.014	18.85	6.786	82.59
4	439.82	8.07	0.195	90	1	0	0.002	18.85	3.790	85.61
4	502.65	9.55	0.164	90	1	0	0.002	18.85	3.234	82.68
4	565.49	10.14	0.155	90	1	0	0.002	18.85	3.078	87.60
4	628.32	11.54	0.136	90	1	0	0.002	18.85	2.736	85.53
5	251.33	3.07	0.512	90	1	0	0.006	18.85	9.750	128.59
5	314.16	3.62	0.434	90	1	0	0.005	18.85	8.318	136.32
5	376.99	4.28	0.367	90	1	0	0.004	18.85	7.087	138.36
5	439.82	5.03	0.312	90	1	0	0.003	18.85	6.081	137.35
5	502.65	5.44	0.289	90	1	0	0.003	18.85	5.677	145.14
5	565.49	6.33	0.248	90	1	0	0.003	18.85	4.931	140.33
5	628.32	7.54	0.208	90	1	0	0.002	18.85	4.188	130.90
6	251.33	2.19	0.717	90	1	0	0.008	18.85	13.668	180.27
6	314.16	2.73	0.575	90	1	0	0.006	18.85	11.030	180.76
6	376.99	3.41	0.461	90	1	0	0.005	18.85	8.895	173.66
6	439.82	3.72	0.422	90	1	0	0.005	18.85	8.223	185.72
6	502.65	4.02	0.391	90	1	0	0.004	18.85	7.682	196.41
6	565.49	4.82	0.326	90	1	0	0.004	18.85	6.475	184.29
6	628.32	5.53	0.284	90	1	0	0.003	18.85	5.710	178.47

Эксперименты проводились при разных углах прецессии, так как в некоторых опытах гироскоп слишком сильно отклонялся от вертикального положения (таким образом появлялся дополнительный момент силы трения, который не учитывается в простой теории)

Поэтому, чтобы избежать влияния момента силы трения, эксперименты завершались после поворота гироскопа на угол в 30/60 градусов.

Построим график зависимости величины $\Omega \omega$ от r

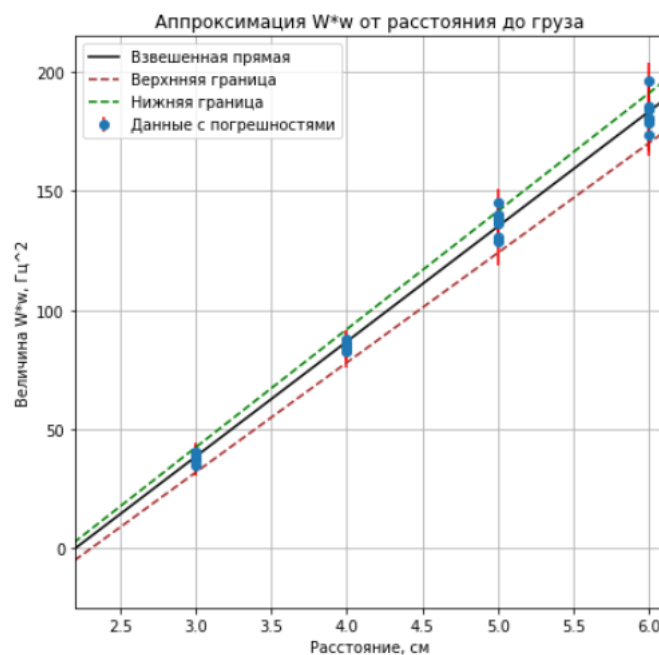


График показывает, что зависимость линейная, как это предполагалось в теории.

Исходя из коэффициента наклона и его минимального и максимального значений найдем момент инерции гироскопа

$$I = \frac{mg}{k}$$

$$k \approx 4820 \pm 200 \text{ Гц}^2 \cdot \text{м}^{-1} \quad \text{Тогда} \quad I = \frac{mg}{k} \approx (2.9 \pm 0.1)^{-4} \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

Моменты неучтенных сил

Разумеется, теоретическая модель работы, представленная выше, верна только в некотором приближении из-за наличия силы трения, из-за которой угол прецессирования гироскопа постоянно менялся. В результате неоднократных экспериментов было установлено, что при чем меньше угол отклонения гироскопа от вертикальной оси, тем ближе экспериментальное значение к теоретическому, поэтому в ходе опытов угол оборота гироскопа подбиралось таким образом, чтобы отклонения гироскопа от вертикальной оси были малыми, вследствие чего момент силы трения составлял менее 10 процентов от момента силы тяжести.

Вывод

Формула, представленная в теории работы довольно хорошо работает для гироскопа, угловая скорость вращения ротора которого много больше угловой скорости прецессии.

Получившийся момент инерции гироскопа $I = \frac{mg}{k} \approx (2.9 \pm 0.1)^{-4} \text{ кг} \cdot \text{м}^2$