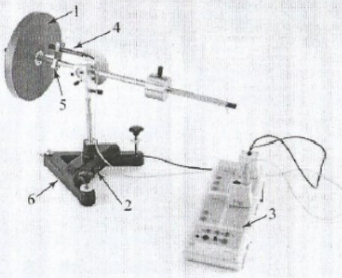
**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5**

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРЕЦЕССИИ И НУТАЦИИ ГИРОСКОПА**

*Поляков Даниил, Б07-ФЗ*

**Цель работы:** исследование поведения гироскопа, явлений прецессии и нутации, исследование зависимости частоты прецессии гироскопа от частоты вращения диска и момента сил и зависимости частоты нутации от частоты вращения диска.

**Схема установки и оборудование:**



1. Гироскоп;
2. Датчик вращения;
3. Sensor-CASSY 2;
4. Оптический барьерный датчик;
5. Клипса для крепления оптического барьерного датчика;
6. Штатив;

* Набор грузов по 50 г и нить для раскручивания гироскопа.

**Расчётные формулы:**

* Частота прецессии гироскопа:

– момент силы тяжести грузов;

– момент инерции гироскопа

относительно его оси фигуры;

– частота вращения диска.

* Частота нутации гироскопа:

– момент инерции гироскопа

относительно его оси фигуры;

– суммарный момент инерции

гироскопа относительно его

вертикальной оси;

– частота вращения диска.

* Момент инерции гироскопа относительно его оси фигуры:

– масса диска;

– радиус диска.

* Суммарный момент инерции гироскопа относительно его вертикальной оси:

– момент инерции стержня;

– момент инерции диска;

– момент инерции

балансирующего груза;

– масса стержня;

– длина стержня;

– расстояние от оси

до центра масс стержня;

– масса диска;

– расстояние от оси

до диска;

– масса уравновешивающего

груза;

– расстояние от оси до

уравновешивающего груза;

* Момент силы тяжести грузов:

– расстояние от вертикальной оси

гироскопа до точки крепления

грузов (плечо силы тяжести грузов);

– масса грузов;

– ускорение свободного падения.

**Метод измерения**

1. Установим датчик вращения снизу гироскопа для измерения частоты прецессии .
2. Уравновесим гироскоп, перемещая уравновешивающий груз до тех пор, пока гироскоп не установится в горизонтальном положении.
3. Намотаем нить на диск и резко раскрутим его. Подвесим к противоположному концу гироскопа груз и отпустим гироскоп. Гироскоп начнёт вращаться вокруг своей вертикальной оси. В программе CASSY Lab будем снимать частоту вращения диска и частоту прецессии в различные моменты времени по мере затухания вращения диска. Повторим те же измерения с двумя грузами.
4. Установим датчик вращения на горизонтальной оси гироскопа для измерения частоты нутации .
5. Уравновесим гироскоп, перемещая уравновешивающий груз до тех пор, пока гироскоп не установится в горизонтальном положении.
6. Намотаем нить на диск и резко раскрутим его. Подтолкнём горизонтальную ось гироскопа. Она начнёт вращаться в вертикальной плоскости. В программе CASSY Lab будем снимать частоту вращения диска и частоту нутации в различные моменты времени по мере затухания вращения диска. Нутация быстро затухает, поэтому периодически снова будем подталкивать ось гироскопа.

**Таблицы и обработка данных**

Масса каждого груза равна 50 г.

Коэффициенты наклона графиков (и их погрешности) каждой прямой зависимости найдём по методу наименьших квадратов.

Ускорение свободного падения g принято за 9.82 м/с2.

*1. Исследование зависимости прецессии гироскопа от частоты вращения диска.*

Теоретическая зависимость *fпр(fD)* имеет вид . Чтобы убедиться в правильности формы зависимости, кроме графиков *fпр(fD)* также изобразим графики *fпр(fD-1)*. Таким образом, в графиках *fпр(fD-1)* коэффициент наклона равен:

Найдём теоретическое значение данного коэффициента при одном и двух подвешенных грузах. Значения параметров гироскопа известны и указаны в расчётных формулах (кроме расстояния от вертикальной оси гироскопа до точки крепления грузов *d*; его значение грубо измерено линейкой и равно 35 см).

* 1 груз:
* 2 груза:

Далее рассмотрим экспериментальные результаты.

*fпр(fD)* при одном подвешенном грузе:

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |
| 10.6 | 0.094 | 0.042 | 8.8 | 0.114 | 0.053 |
| 10.5 | 0.095 | 0.044 | 8.7 | 0.115 | 0.053 |
| 10.4 | 0.096 | 0.045 | 8.6 | 0.116 | 0.052 |
| 10.3 | 0.097 | 0.046 | 8.5 | 0.118 | 0.052 |
| 10.2 | 0.098 | 0.046 | 8.4 | 0.119 | 0.054 |
| 10.1 | 0.099 | 0.047 | 8.2 | 0.122 | 0.055 |
| 10.0 | 0.100 | 0.046 | 8.1 | 0.123 | 0.057 |
| 9.9 | 0.101 | 0.046 | 7.8 | 0.128 | 0.057 |
| 9.8 | 0.102 | 0.047 | 7.7 | 0.130 | 0.060 |
| 9.7 | 0.103 | 0.047 | 6.6 | 0.152 | 0.067 |
| 9.6 | 0.104 | 0.048 | 6.5 | 0.154 | 0.069 |
| 9.5 | 0.105 | 0.049 | 6.4 | 0.156 | 0.070 |
| 9.3 | 0.108 | 0.050 | 6.3 | 0.159 | 0.070 |
| 9.1 | 0.110 | 0.050 | 6.2 | 0.161 | 0.071 |
| 9.0 | 0.111 | 0.051 | 6.1 | 0.164 | 0.071 |
| 8.9 | 0.112 | 0.051 | 6.0 | 0.167 | 0.072 |

График зависимости *fпр(fD)*:



График зависимости *fпр(fD-1)*:



Экспериментально полученный коэффициент наклона:

*fпр(fD)* при двух подвешенных грузах:

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |
| 9.9 | 0.101 | 0.094 | 9.0 | 0.111 | 0.099 |
| 9.8 | 0.102 | 0.093 | 8.9 | 0.112 | 0.098 |
| 9.7 | 0.103 | 0.093 | 8.8 | 0.114 | 0.100 |
| 9.6 | 0.104 | 0.094 | 8.7 | 0.115 | 0.102 |
| 9.5 | 0.105 | 0.095 | 8.6 | 0.116 | 0.101 |
| 9.4 | 0.106 | 0.097 | 7.8 | 0.128 | 0.112 |
| 9.3 | 0.108 | 0.096 | 7.7 | 0.130 | 0.116 |
| 9.2 | 0.109 | 0.097 | 7.6 | 0.132 | 0.116 |
| 9.1 | 0.110 | 0.099 | 7.4 | 0.135 | 0.118 |

График зависимости *fпр(fD)*:



График зависимости *fпр(fD-1)*:



График с осями из нуля



График со смещёнными ближе к точкам осями

Экспериментально полученный коэффициент наклона:

*Анализ результатов*

Экспериментально полученное значение коэффициента *α* в случае с одним грузом находится достаточно близко к теоретическому и отличается от него на 6%; в случае с двумя грузами разница между экспериментальным и теоретическим значением *α* составила 10%.

*2. Исследование зависимости нутации гироскопа от частоты вращения диска.*

Теоретическая зависимость *fн(fD)* имеет вид . Коэффициент наклона графика равен:

Найдём теоретическое значение данного коэффициента. Значения параметров гироскопа известны и указаны в расчётных формулах.

Далее рассмотрим экспериментальные результаты.

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| 10.83 | 1.068 |
| 10.35 | 1.055 |
| 10.23 | 1.002 |
| 9.32 | 0.917 |
| 8.61 | 0.840 |
| 7.97 | 0.752 |
| 7.70 | 0.738 |
| 7.33 | 0.732 |
| 6.95 | 0.670 |
| 6.50 | 0.635 |
| 5.81 | 0.579 |
| 5.35 | 0.533 |
| 5.06 | 0.509 |
| 4.61 | 0.449 |

График зависимости *fн(fD)*:



Экспериментально полученный коэффициент наклона:

*Анализ результатов*

Экспериментально полученное значение коэффициента *α* меньше теоретического на 16%.

**Выводы**

* Частота прецессии гироскопа обратно пропорциональна частоте вращения его диска и прямо пропорциональна моменту сил, действующих на него.
* Частота нутации гироскопа прямо пропорциональна частоте вращения его диска.
* Экспериментально полученные коэффициенты, связывающие исследованные зависимости частот гироскопа, несильно отличаются от вычисленных теоретически, что подтверждает верность описывающих данную связь формул.