

Группа K3122_____ К работе допущен_____

Студент. Суслопаров В.М._____ Работа выполнена_____

Преподаватель. Курашова С.А._____ Отчет принят_____

Рабочий протокол и отчет по лабораторной работе № 1.13

ИЗУЧЕНИЕ ПРЕЦЕССИИ ГОРОСКОПА

1. Цель работы.

- Измерить период прецессии гироскопа.
- Измерить частоту вращения гироскопа вокруг своей оси.
- Рассчитать момент инерции гироскопа относительно оси вращения.

2. Задачи, решаемые при выполнении работы.

- Исследование периода прецессии и частоты вращения маховика гироскопа.

3. Объект исследования.

Гироскоп.

4. Метод экспериментального исследования.

Многokrатное прямое измерение, снимаемое с лабораторной установки.

5. Рабочие формулы и исходные данные.

Формула периода прецессии

$$T_{\text{пр}} = A\omega_{\text{ср}}, \quad (8)$$

где $A = \frac{2\pi I}{mgl}$ (m – масса груза, g – модуль ускорения свободного падения).

$$A = \frac{\sum_{i=1}^n T_{\text{пр}i}\omega_{\text{ср}i}}{\sum_{i=1}^n T_{\text{пр}i}^2}, \quad (9)$$

где $T_{\text{пр}i}$ – значение периода прецессии (столбец 5 таблицы (1)) при определённом среднем значении частоты вращения маховика гироскопа (столбец 4 таблицы (1)), а $n = 5$ общее количество измерений для фиксированного момента силы.

$$\sigma_A = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (T_{\text{пр}i} - A\omega_{\text{ср}i})^2}{\sum_{i=1}^n (n-1)T_{\text{пр}i}^2}}, \quad I_{\text{теор}} = \frac{mR^2}{2}, \quad I_{\text{экс}} = \frac{Amgl}{2\pi}.$$

- формулы для момента инерции гироскопа.

6. Результаты прямых измерений и их обработки.

m, г	ω_1, об/мин	ω_2, об/мин	$\omega_{\text{ср}}$, об/мин	T, с
$m_0 + m_1 = 52$	278	267	273	18,7
	355	335	345	20,4
	478	440	459	29,3
	563	513	538	33,4
	744	654	699	43,3
$m_0 + 2m_1 = 102$	333	320	327	11,5
	370	357	364	11,1
	600	563	582	18,7
	670	630	650	20,6
	740	691	716	22,6
$m_0 + 3m_1 = 152$	258	250	254	5,9
	406	396	401	8,8
	420	408	414	9,6
	711	676	694	15
	815	768	792	17,2

Таблица №1. Таблица прямых измерений.

Для дальнейших вычислений угловая скорость была переведена в рад/с.

A		sA	
A_1	$0,06 \pm 0,01$	εA_1	11,4%
A_2	$0,031 \pm 0,004$	εA_2	11,8%
A_3	$0,021 \pm 0,001$	εA_3	4,8%

Таблица №2. Доверительных интервалов для A.

A	$I_{\text{эксп}}$, КГ * m^2	$I_{\text{теор}}$, КГ * m^2
0,06	$0,03 \pm 0,01$	0,01
0,03	$0,016 \pm 0,002$	
0,02	$0,011 \pm 0,001$	

Таблица №3. Момент инерции крестовины и расположения утяжелителей для каждой из рисок.

7. Графики.

График №1. График зависимости периода прецессии от частоты вращения маховика для 1 грузика.

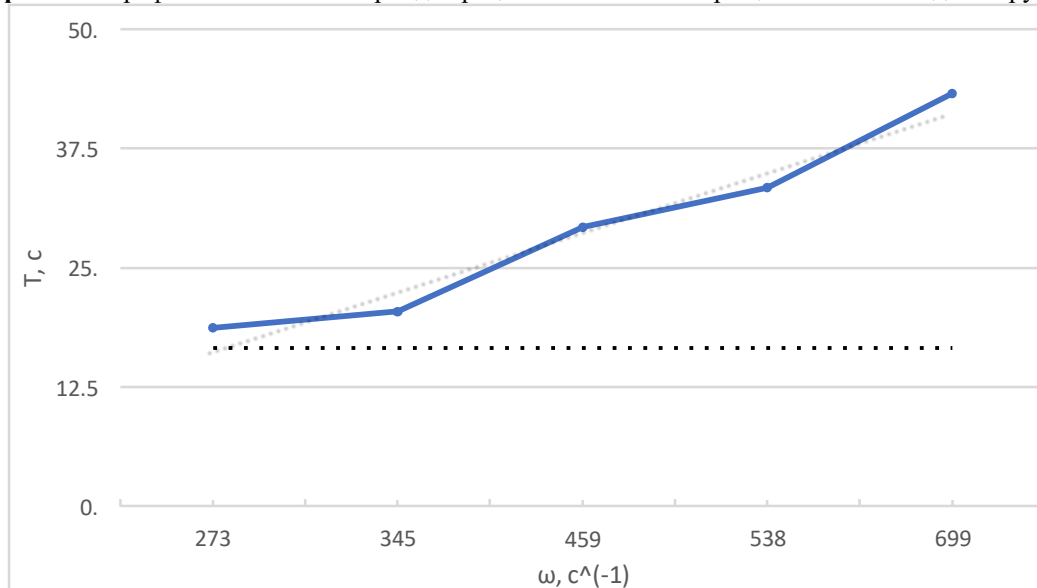


График №2. График зависимости периода прецессии от частоты вращения маховика для 2 грузиков.

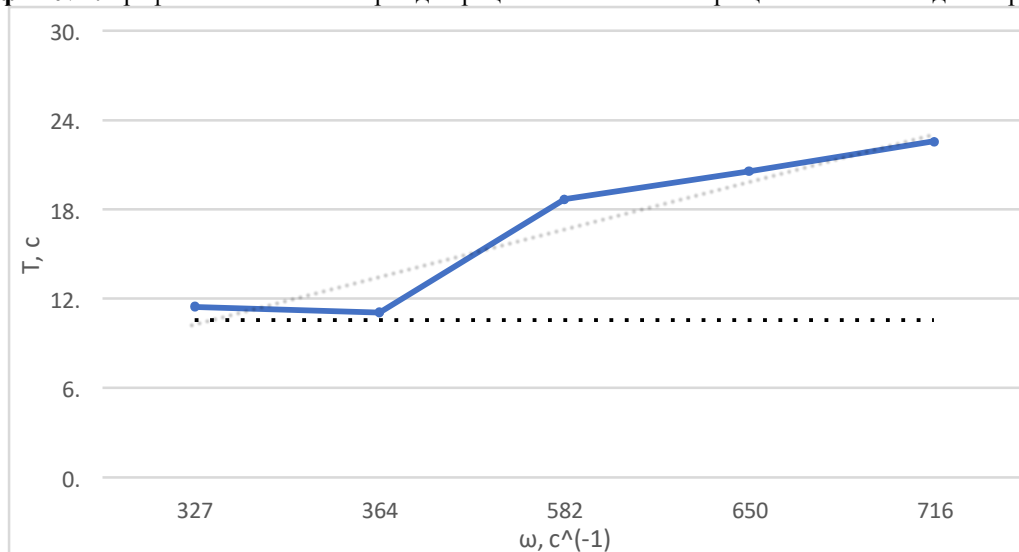
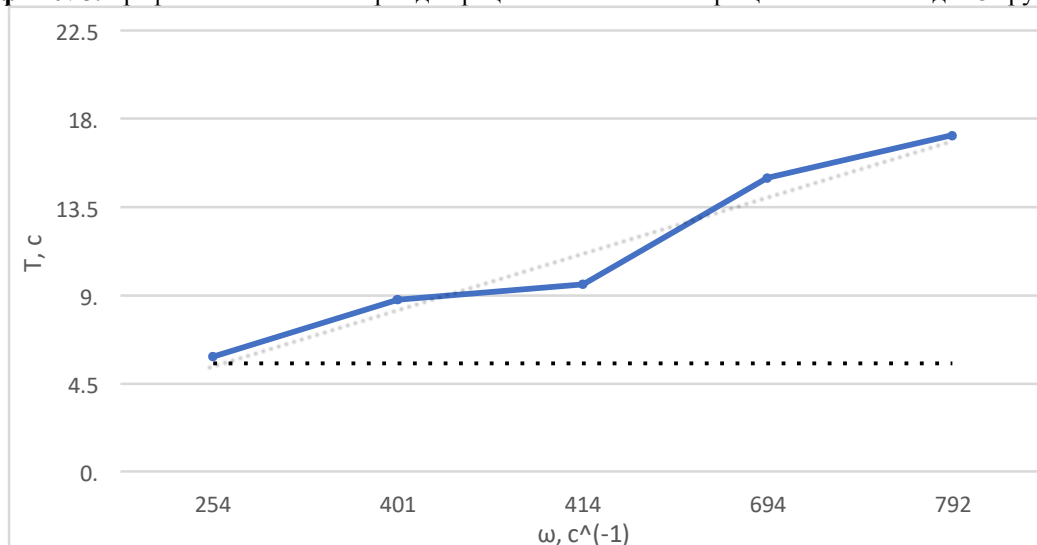


График №3. График зависимости периода прецессии от частоты вращения маховика для 3 грузиков.



8. Окончательные результаты.

$I_{\text{эксп}}, \text{КГ} * m^2$	$I_{\text{теор}}, \text{КГ} * m^2$
$0,03 \pm 0,01$	0,01
$0,016 \pm 0,002$	
$0,011 \pm 0,001$	

$|I_{\text{эксп}} - I_{\text{теор}}| = 0,02 > 0,004$ – не попало в доверительный интервал.

$|I_{\text{эксп}} - I_{\text{теор}}| = 0,004 > 0,002$ – не попало в доверительный интервал.

$|I_{\text{эксп}} - I_{\text{теор}}| = 0,001 \leq 0,001$ – попало в доверительный интервал.

9. Выводы.

Мы получили достаточно малое отклонение от линейной аппроксимации, что подтверждает точность построения графиков зависимости, которая получилась почти линейная. Абсолютное значение отклонения, измеренного значения момента инерции в 2 из 3 измерений, не попадает в доверительный интервал, скорее всего это обусловлено тем, что при выполнении этой лабораторной работы на показания сильно влияет человеческий фактор (ручной секундомер, ручной тахометр, при помощи ручного стартера установка приводится в действие и т.д.), следовательно, работа была сделана довольно неточно.

Вопросы:

1. Главные центральные оси инерции - это три главных направления, вдоль которых твёрдое тело имеет наибольшую инерцию и наименьшую возможность вращаться. Каждая главная ось инерции имеет свой главный момент инерции. Главные моменты инерции твёрдого тела характеризуют его способность сопротивляться изменению угловой скорости вращения вокруг соответствующих осей. Чем выше главный момент инерции, тем сложнее изменить угловую скорость вращения тела вокруг этой оси. Отличия шарового, симметрического и асимметрического волчков связаны с их геометрической формой и распределением массы. Шаровой волчок имеет массу, равномерно распределенную по всей поверхности и любая ось, проходящая через его центр, является главной. Симметричный волчок имеет более сложную форму, но его оси инерции также расположены симметрично относительно осей симметрии. Асимметричный волчок имеет различную массу в различных областях и его оси инерции могут быть сильно смещены относительно осей симметрии.
2. Момент импульса твердого тела совпадает по направлению с угловой скоростью вращения твердого тела, когда оно вращается вокруг своей главной оси инерции. Это происходит потому, что главная ось инерции является осью вращения, вдоль которой тело имеет наименьшую инерцию, а, следовательно, постоянное значение момента инерции. Поэтому любое изменение угловой скорости вращения твердого тела вокруг своей главной оси инерции приводит к соответствующим изменениям момента импульса в том же направлении.
3. Свободное вращение твердого тела - это вращение тела без внешнего воздействия и вокруг оси, проходящей через центр масс тела. Все точки тела вращаются вокруг этой центральной оси с одинаковой угловой скоростью. Вращение твердого тела относительно главной оси, не являющейся центральной, возможно. Однако такое вращение будет сложнее, поскольку момент инерции тела в этом случае будет зависеть от положения оси вращения. Это значит, что при вращении вокруг нецентральной оси вращения, момент инерции будет изменяться, и возможно, потребуется приложение некоторой внешней силы для поддержания вращения. Устойчивое свободное вращение твердого тела возможно, когда главный момент инерции, соответствующий оси вращения, является минимальным. Если тело начинает вращаться со скоростью, близкой к своей установившейся угловой скорости, то такое вращение будет устойчивым. Если же тело начинает вращаться со скоростью, превышающей свою установившуюся угловую скорость, то вращение будет неустойчивым, и тело остановится.
4. Нутация - это малые колебания оси вращения вокруг ее установившегося положения. Нутация возникает из-за того, что главные оси инерции твердого тела не являются жестко связанными с телом, и могут быть подвержены изменениям внешних сил. Например, вращение Земли вокруг собственной оси

сопровождается нутацией, когда земной полюс небольшими колебаниями меняет свое положение на небесной сфере.

Прецессия - это изменение ориентации вращающегося тела в пространстве, которое происходит из-за действия крутящего момента, направленного не вдоль оси вращения. К примеру, если на вращающееся колесо грузовика накладывать боковую силу, то колесо будет вращаться вокруг оси, на 90 градусов отклоненной от главной оси вращения. Это и есть прецессия.

5. Наблюдать нутацию шарового волчка невозможно, поскольку у такого тела все его главные оси инерции пересекаются в одной точке, и оно вращается жестко вокруг своей главной оси. Таким образом, нутация не может возникнуть в шаровом волчке. С другой стороны, Земля не является шаровым волчком из-за своей неточной сферической формы и неравномерного распределения массы. У Земли есть главные оси инерции, которые являются несимметричными и не пересекаются в центре. Нутация Земли, поэтому происходит, и как следствие нутации, ось вращения Земли медленно колеблется. Однако данное явление настолько малое, что его обнаружить невозможно для обычного наблюдателя, и проводятся специальные эксперименты для его изучения.