

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА. ГИРОСКОП.

ВЫПОЛНЕНО: студентом 417 группы Зотовым И. С.

Цель работы: изучить законы гироскопического движения
Прибора и материалы: гироскоп, секундомер, осциллограф.

Теоретическая часть:

Гироскопом называют твёрдое тело симметричной формы, вращающееся с большой скоростью вокруг оси симметрии. Явления, обусловленные таким быстрым вращением, называются *гироскопическими*.

Чтобы ось гироскопа могла свободно поворачиваться в пространстве, гироскоп укрепляют в *кардановом подвесе*. Тело гироскопа закрепляется на оси, которая может свободно вращаться в подшипниках внутреннего кольца. Полуоси кольца вставлены в подшипники наружного кольца, полуоси которого свободно вращаются в подшипниках стойки.

При таком креплении тело гироскопа может свободно поворачиваться вокруг трёх осей, пересекающихся в одной точке (центре карданового подвеса), и ось тела гироскопа может иметь любую ориентацию в пространстве.

Движение гироскопа, как и любого твёрдого тела, подчиняется уравнению моментов:

$$dN/dt=M \quad (1)$$

где N – момент импульса, а M – результирующий момент внешних сил, взятые относительно неподвижной точки.

2. Поведение свободного гироскопа и гироскопа с двумя степенями свободы.

Если центр масс тела гироскопа совмещён с центром карданового подвеса, момент сил тяготения относительно этой точки будет равен нулю. Такой гироскоп называется свободным, и согласно уравнению моментов (1) его момент импульса $N=const$. В результате ось тела гироскопа не будет изменять своей ориентации в инерциальной системе отсчёта.

Свободный гироскоп не реагирует на кратковременные воздействия и является «неподслушным», т. е. при давлении на ось гироскопа она перемещается в направлении, перпендикулярном силе давления.

При закреплении наружного кольца гироскоп лишается возможности вращения вокруг одной оси и называется гироскопом с двумя степенями свободы. В отличие от свободного гироскопа данный гироскоп является «подслушным» и «выстраивает» свою ось вращения по направлению оси вращения платформы, на которой он установлен. Такое поведение свободного гироскопа и гироскопа с двумя степенями свободы легко объясняется приближённой теорией.

3. Прецессия гироскопа.

Медленное, по сравнению с собственным вращением, движение оси гироскопа называется *прецессией*.

В лабораторной установке прецессия вызвана в основном действием груза массы m , закреплённого на стержне, который ввёртывается в защитный чехол тела гироскопа.

Запишем уравнение моментов относительно центра масс гироскопа:

$$dN/dt=M=OA mg \quad (2)$$

С течением времени N остаётся неизменным, а конец вектора N описывает окружность радиуса $N \sin\alpha$. За малый промежуток времени dt вектор N повернётся на угол

$$d\varphi=dN/N =Mdt/N\sin\alpha$$

Угловая скорость его поворота, а, следовательно, и поворота вектора N будет равна

$$\Omega = d\varphi/dt = M/N \sin\alpha = mg \cdot OA/I\omega \quad (3)$$

Найденная угловая скорость поворота вектора N , согласно приближённой теории гироскопа, является угловой скоростью его прецессии. Из выражения (3) следует, что эта скорость не зависит от угла прецессии α . Представляет интерес исследование зависимости периода прецессии $T = 2\pi/\Omega$ от положения груза m на стержне.

4. Лабораторная установка.

Конструкция гироскопа, находящегося в кардановом подвесе и установленного на вращающейся платформе, позволяет изучить поведение свободного гироскопа, гироскопа с двумя степенями свободы и провести некоторые исследования прецессии.

В задании по исследованию прецессии необходимо знать частоту собственного вращения тела гироскопа ω . Для измерения этой частоты в диаметральной отверстии колпачка установлены излучатель света и фотоприёмник.

Частота вращения маховичка находится путём сравнения частоты синусоидального сигнала вырабатываемого генератором с частотой следования электрических импульсов, поступающих на вход осциллографа.

Сигнал с выхода генератора подаётся на вход «X» осциллографа, а с фазовращателя, который вносит сдвиг фаз « $\pi/2$ » на вход «Y». При этом луч на экране осциллографа будет иметь смещение:

$$\begin{aligned} x &= X \cos \omega t & (4) \\ y &= Y \sin \omega t \end{aligned}$$

где $\omega = 2\pi\nu$ - циклическая частота (ν - частота на шкале генератора), X и Y – амплитуды смещения луча, определяемые амплитудами синусоидальных напряжений, поступающих на входы «X» и «Y», и коэффициентами усиления этих каналов.

Нетрудно установить, что при наличие двух «неподвижных» засветок на наблюдаемом на экране эллипсе частота сигнала совпадает с частотой собственного вращения гироскопа.

Практическая часть:

1) Исследую поведение свободного гироскопа, «непослушность» свободного гироскопа, а именно, наблюдаю направление отклонения оси гироскопа при надавливании на защитный чехол.

2) Исследую поведение гироскопа с двумя степенями свободы

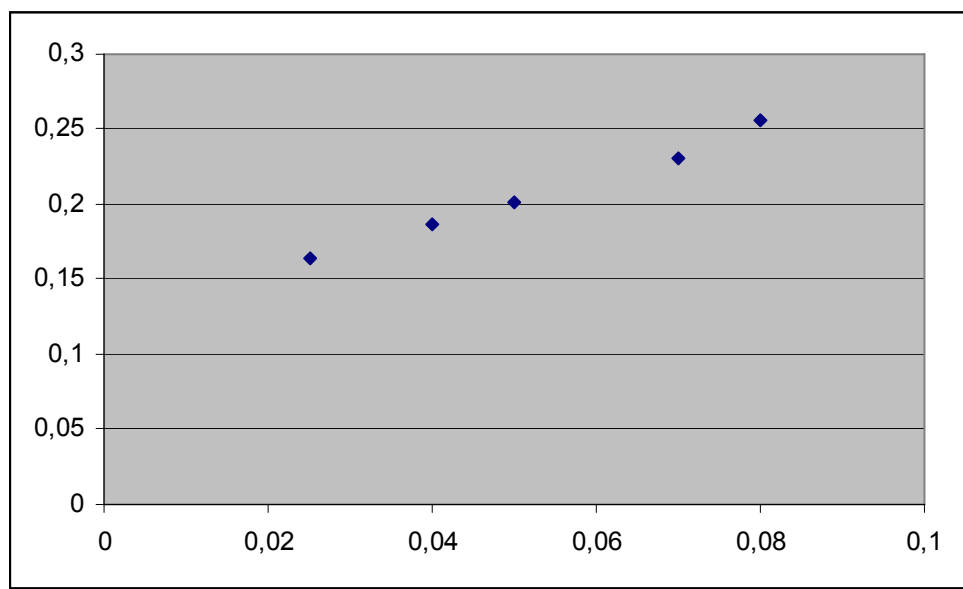
3) Исследую прецессию гироскопа: оцениваю теоретически и измеряю частоту собственного вращения тела гироскопа ω .

а) рассчитываю момент инерции тела гироскопа I согласно чертежу, приведённому на платформе

б) закрепляю груз на стержне (в нижнем положении) и измеряю период прецессии

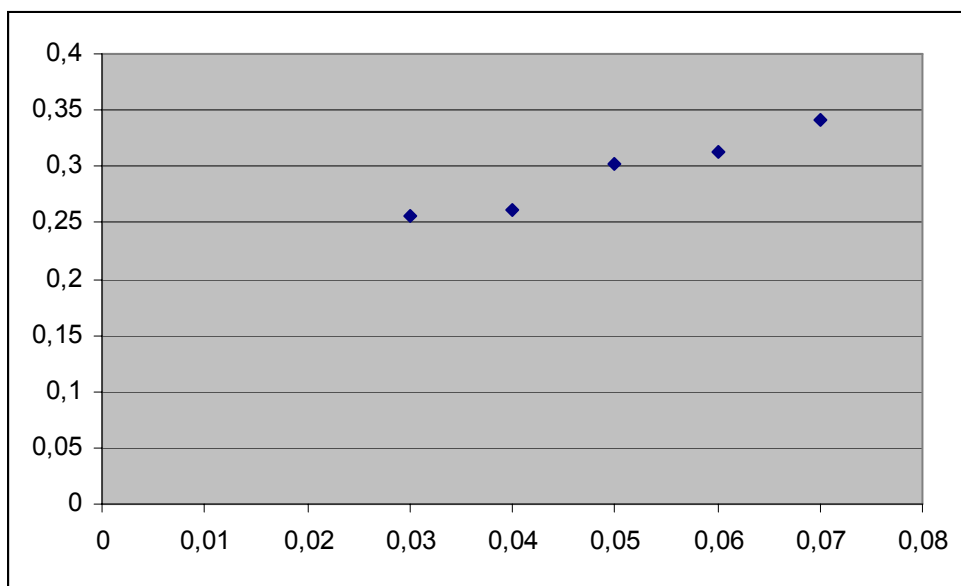
$m=0,374 \text{ кг}$, $U=15\text{В}$, $a=5\text{см}$, $b=1\text{см}$

α	$I, \text{ кг}^*\text{м}$	ОА, м	$T, \text{ с}$	$T_{\text{ср}}, \text{ с}$	$\omega, \text{ рад/с}$	$1/T, \text{ рад}$
20	0,001	0,08	3,89	3,91	186,29	0,256
			3,89			
			3,95			
		0,05	4,95	4,94	147,10	0,202
			4,88			
			4,99			
		0,07	4,25	4,33	180,51	0,231
			4,39			
			4,34			
		0,025	6,11	6,11	90,97	0,164
			6,11			
			6,11			
		0,04	5,25	5,34	127,21	0,187
			5,42			
			5,35			



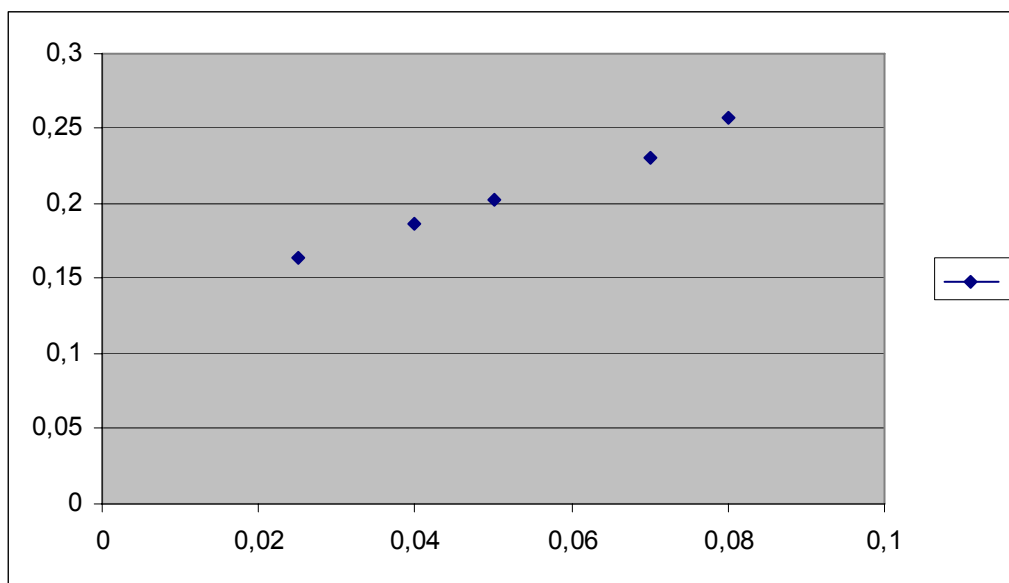
$m=0,579\text{кг}$

α	$I, \text{кг}^2\text{м}$	OA, м	T, с	$T_{\text{ср}}$, с	ω , рад/с	$1/T$, рад
20	0,0016	0,05	3,31	3,30	95,08	0,303
			3,28			
			3,3			
		0,07	2,98	2,92	117,78	0,342
			2,85			
			2,94			
		0,03	3,94	3,91	67,59	0,256
			3,88			
			3,9			
		0,06	3,22	3,19	110,29	0,313
			3,16			
			3,19			
		0,04	3,83	3,82	88,05	0,262
			3,8			
			3,82			



$M=0,374\text{кг}$, $U=18\text{В}$

α	I , $\text{кг}^*\text{м}$	OA , м	T , с	$T_{\text{ср}}$, с	ω , рад/с	$1/T$, рад
30	0,001	0,04	6,6	6,59	156,98	0,152
			6,56			
			6,6			
		0,07	5,31	5,35	223,03	0,187
			5,36			
			5,38			
		0,03	6,88	6,92	123,63	0,145
			6,98			
			6,9			
		0,08	4,94	4,91	233,93	0,204
			4,88			
			4,9			
		0,06	5,53	5,52	197,24	0,181
			5,5			
			5,52			



$M=0,579\text{кг}$

α	$I, \text{кг}^*\text{м}$	ОА, м	T, с	$T_{\text{ср}}, \text{с}$	$\omega, \text{рад/с}$	$1/T, \text{рад}$
30	0,0016	0,04	4,24	4,28	98,65	0,234
			4,33			
			4,28			
		0,07	3,58	3,55	143,19	0,282
			3,52			
			3,55			
		0,05	4,1	4,11	118,42	0,243
			4,11			
			4,13			
		0,06	3,72	3,04	105,11	0,329
			3,66			
			1,73			
		0,03	4,64	4,64	80,21	0,216
			4,63			
			4,65			

