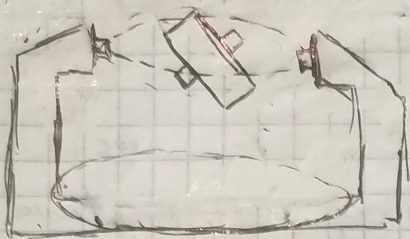
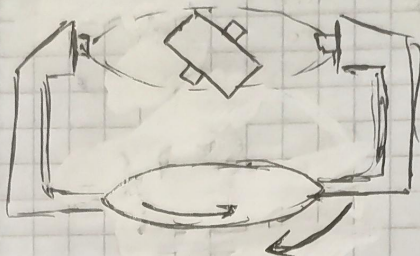


1. Свободный гироскоп.

До:

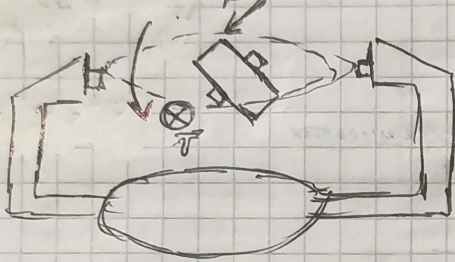


Вращаем матрицу:



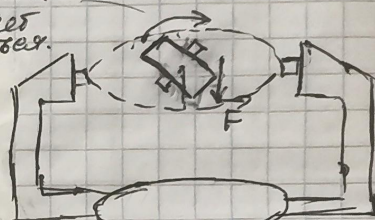
гироскоп остается на месте.

Прикрепляем к гироскопу:



Прикрепляем к оси вращения:

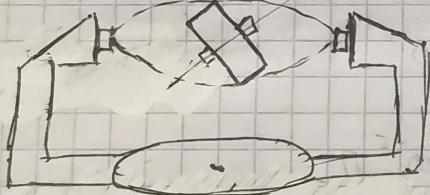
гироскоп начинает вращаться.



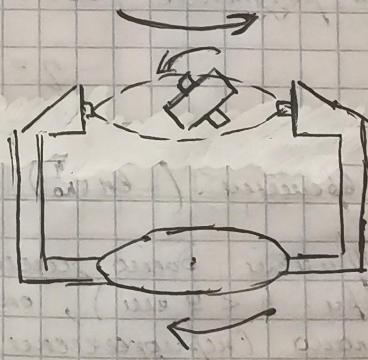
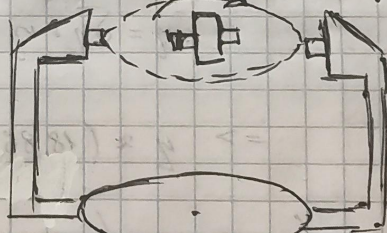
ось неподвижна.

2. Гироскоп с двумя степенями свободы.

До:



Вращаем матрицу:



Прибор

$$\Delta t =$$

1. Уменьш

Вд

2. Уменьш

Вд

3. Уменьш

т,

е

208

Протокол,
лабораторная работа № 10.

Эффект.

Оборудование: микроскоп, блок питания, секундомер, экран,
груз, линейка

$\sigma = 0,2 \text{ e}$; $\Delta l = 0,5 \text{ см}$; $\Delta m = 1,02$; $\Delta OA = \Delta b = \Delta a = 0,1 \text{ см}$.
 $m_{\text{гр.}} = 208 \text{ г}$

1. Измерить положение свободного микроскопа.

Зафиксировать положение тела микроскопа до и во время воздействия.

2. Измерить поведение микроскопа с двумя экранами свободно

Зафиксировать положение тела микроскопа до и во время воздействия.

3. Измерение периода прецессии $T_{\text{пр}}$ при различных положениях груза.

$m, \text{ г}$	$U, \text{ В}$	$h, \text{ см}$	$n, \text{ кол-во оборотов}$	$t_1, \text{ с}$	$t_2, \text{ с}$	$t_3, \text{ с}$	$t_{\text{фиг}}, \text{ с}$	τ_1, τ_2
208	15	1	3	36,8	38,5	37,2	36,8	45,38
		2		33,1	33,8	33,3	33,4	
		3		30,6	30,7	31,0	30,8	
		4		28,2	28,0	28,1	28,1	
		5		26,1	26,0	26,2	26,1	
		6		24,5	24,6	24,3	24,5	
		7		23,3	22,9	22,8	22,9	
		8		21,5	21,5	21,4	21,5	
	18	8,5	3	20,7	20,8	20,5	20,6	55,67
		1		48,0	46,3	46,2	46,2	
		2		41,4	41,2	41,2	41,3	
		3		37,3	37,0	37,4	37,4	
		4		34,5	34,2	34,1	34,3	
		5		31,7	31,8	31,8	31,8	
		6		29,8	29,4	29,9	29,7	
		7		27,7	27,8	27,5	27,6	
		8		26,1	26,2	26,1	26,1	
		8,5		25,2	25,4	25,2	25,3	

$l_{\text{max}} = 8,5 \text{ см}$

$a = 5,5 \text{ см}$

$b = 1 \text{ см}$

$OA = 15 \text{ см}$

Зориков
24.03.21
Александр

Момент инерции микроскопа $I = 11436,1 \text{ г} \cdot \text{см}^2$

Время периода прецессии $T_{\text{пр.1}} \approx 8,84 \text{ с}$

$T_{\text{пр.2}} \approx 8,43 \text{ с}$

Вычислить частоту:

$\tau_1 = \frac{m_{\text{гр.}} \cdot OA \cdot T_{\text{пр.2}}}{4\pi^2 \cdot I} \approx 45,38 \text{ Гц}$; $\tau_2 \approx 55,67 \text{ Гц}$

Отчет по лабораторной работе №10. Гироскоп

Цель работы: изучить поведение гироскопа, исследовать прецессию и основные эффекты.

Приборы и оборудование: гироскоп, блок питания, конденсер, стержень, груз, линейка.

$\Delta t = 0,2 \text{ с}$; $\Delta l = 0,5 \text{ см}$; $\Delta m = 1,02$; $\Delta OA = \Delta b = \Delta a = 0,1 \text{ см}$.

Теоретическая часть.

1. Краткая теория:

Гироскопом называется твердое тело симметричной формы, вращающееся с большой скоростью вокруг оси симметрии. Явления, сопровождаемые таким движением, называются гироскопическими.

Чтобы ось гироскопа могла свободно поворачиваться в пространстве, гироскоп укрепляют в кардановом подвесе (см. рис. 1). Тело гироскопа (маховиком 1) закрепляется на оси 2, которая может свободно вращаться в подшипниках внутреннего кольца (обоймы) 3. Подушка 3 вставлена в подшипники наружного кольца 4, ось которого свободно вращается в подшипниках стойки 5.

При таком устройстве тело гироскопа может свободно поворачиваться вокруг трех осей AA' , BB' , CC' , пересекающихся в одной точке O (центр карданова подвеса), и ось тела гироскопа AA' может иметь любую ориентацию в пространстве.

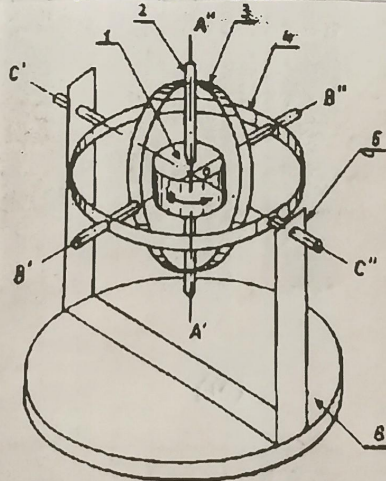


Рис. 1:

- 1-маховичок,
- 2-ось маховичка,
- 3-внутреннее кольцо,
- 4-наружное кольцо;
- 5-стойка;
- 6-платформа

Движение гироскопа, как и любого твердого тела, подчиняется уравнению моментов

$$\frac{d\vec{N}}{dt} = \vec{M} \quad (1)$$

где $\vec{N}$ - момент импульса гироскопа, а $\vec{M}$ - результирующий момент внешних сил, взятые относительно неподвижной

Основное гироскопическое явление можно объяснить в рамках приближенной теории гироскопа. При этом предполагается, что угловая скорость вращения тела гироскопа $\vec{\omega}$ (скорость собственного вращения) существенно больше угловых скоростей $\vec{\Omega}$ других поворотов. Тогда можно

момент импульса $\vec{L} = I \vec{\omega}(t)$ (I - момент инерции гироскопа) и направлением оси симметрии. При этих предположениях, решая уравнение (1), и движение оси гироскопа, поскольку она

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

Если центр масс тела гироскопа совпадает с центром Кардана (см. рис. 1), момент сил тяжести относительно этой точки будет равен нулю. Тело гироскопа оказывается свободным, а согласно уравнению (1) его момент импульса $\vec{N} = \text{const}$. В результате ось тела гироскопа не будет изменять своей ориентации в инерциальной системе отсчета.

Свободный гироскоп не реагирует на кратковременные воздействия и является "инертным", т.е. при давлении на ось гироскопа она перемещается перпендикулярно силе давления.

При закреплении карданного кольца (см. рис. 1) гироскоп находится в состоянии вращения вокруг оси $C'C''$ и называется гироскопом с одной степенью свободы. В отличие от свободного гироскопа, данный гироскоп является "пассивным" и "вследствие" своего ось вращения по направлению оси вращения прецессирует, на которой он установлен. Такое поведение свободного гироскопа и гироскопа с двумя степенями свободы можно объяснить приближенной теорией.

3. Прецессия в гироскопе.

Медленное по сравнению с собственным вращением движение гироскопа называется прецессией.

В лабораторной установке прецессия вызвана в основном действием груза массы m , прикрепленного к стержню, который вращается в зацепке гироскопа (см. рис. 2 и рис. 4.)

Запишем уравнение моментов относительно центра масс гироскопа (см. рис. 2)

$$\frac{d\vec{N}}{dt} = \vec{M} = [\vec{OA} \times m\vec{g}] \quad (2)$$

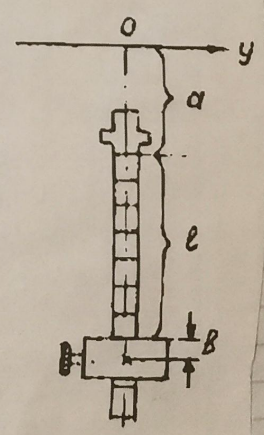
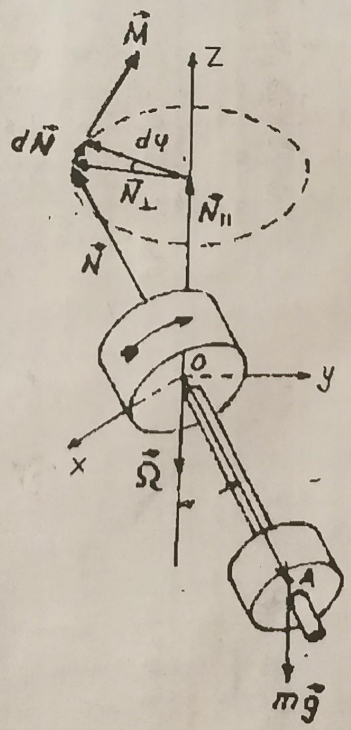


Рис. 2

Как следует из рисунка 2, момент силы тяжести $\vec{M}$ относительно центра масс O равен $\vec{M} = m \vec{g} \times \vec{r}$, где $\vec{r}$ — радиус-вектор от центра масс к центру тяжести. Действие этой силы не вызывает поворота.

Представим вектор $\vec{N}$ в виде суммы двух составляющих $\vec{N} = \vec{N}_\parallel + \vec{N}_\perp$, где $\vec{N}_\parallel$ направлен вдоль OZ , $\vec{N}_\perp$ — перпендикулярно оси OZ . С точки зрения вектора $\vec{N}$ ось OZ является неизменяемой, а проекция вектора $\vec{N}_\perp$ описывает окружность радиуса $N_\perp = N \sin \alpha$. За малый промежуток времени Δt вектор $\vec{N}_\perp$ повернется на угол $\Delta \varphi$.

$$\Delta \varphi = \frac{\Delta N}{N_\perp} = \frac{\Delta \varphi}{N \sin \alpha}$$

Угловая скорость поворота ω , следовательно, ω поворота вектора $\vec{N}$ будет равно

$$\Omega = \frac{\Delta \varphi}{\Delta t} = \frac{\omega}{N \sin \alpha}$$

Так как $\omega = OA \sin \alpha$, а $N = I \omega$, то

$$\Omega = \frac{mg \cdot OA}{I \omega} \quad (3)$$

Найденная угловая скорость поворота вектора $\vec{N}$ согласно приближенной теории гироскопа, является угловой скоростью по прецессии. Из выражения (3) следует, что эта скорость не зависит от угла прецессии α .

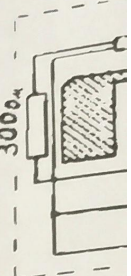
Представляет интерес измерение зависимости периода прецессии $T = \frac{2\pi}{\Omega}$ от положения груза m на поверхности. Как правило, трудно измерить расстояние OA от центра масс до центра гироскопа. В эксперименте (см. рис. 2) при изменении положения груза можно измерять расстояние l (от верхней точки на поверхности до верхней поверхности груза). С введением этого расстояния l уравнение (3) преобразуется в следующее:

$$\frac{2\pi}{T} = \frac{mg l + mg(a+b)}{I \omega} \quad (4)$$

или $(5): \frac{1}{T} = A l + B$, где $A = \frac{mg}{2\pi I \omega}$; $B = \frac{mg(a+b)}{2\pi I \omega}$

Изменяя положение груза, измеряя l и измеряя период прецессии T , можно построить экспериментальный график зависимости (5). По графику, зная m и ω , можно определить момент инерции тела гироскопа.

4. Лавина



-гироскоп
-блок питания
-генератор

Маленькая чашка

Зачем гироскоп нужен? рис. 4

Как установить заземление? рис. 4

Платформа

Собственно в данном случае

лабораторная установка.
Блок-схема лабораторной установки

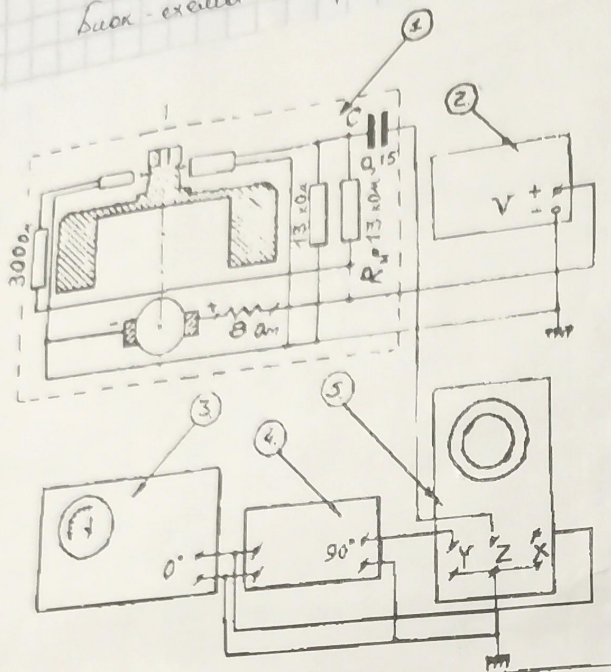


Рис. 3:

- 3-генератор $\sin$ -сигнала;

- ### 5-осциллограф

Маловинка приворота во ~~вращение~~ ^{электровращение} постоянного тока 4, закрепленная во второй половине защитного чехла.

Защитный экран 3 является внутренней обшивкой карданов первого вала. Он вращается на шариковых подшипниках, посаженных на валу 5, которые смонтированы в карданную обшивку (позиция 4 на рис. 9).

Получен наружный обитый закреплению в стобке 9, которая установлена по французскому образцу со. На стобке 9 имеется заплата 8, с помощью которой можно зафиксировать наружный обитый. При этом свободный конец становится свободным с обшивкой.

матрицу акустический процесс микрофото химическое взаимодействие

В задании по исследованию процесса необходимо знать частоту собственного вращения тела гироскопа Ω . Для измерения этой частоты в диаметральном сечении стержня поместил (подвешивая в кол. рие. 5) установленный изучаемый объект 4 (светодиод А1-04) и фотопривесили 8 (фотоузел)

Модульный световой лоток, подсоединяемый к фотодатчику, имеет отверстие, просверленное в нем наклонно (см. рис. 3).

Через это отверстие световой лоток улавливает свет, падающий на фототранзистор. Выбросы света пропорционально увеличиваются и на его сопротивление. При изменении освещенности сопротивление фототранзистора изменяется, который через конденсатор с поступает на вход "Э" осциллографа (вх. управляющий канал для электроно-лучевой трубки).

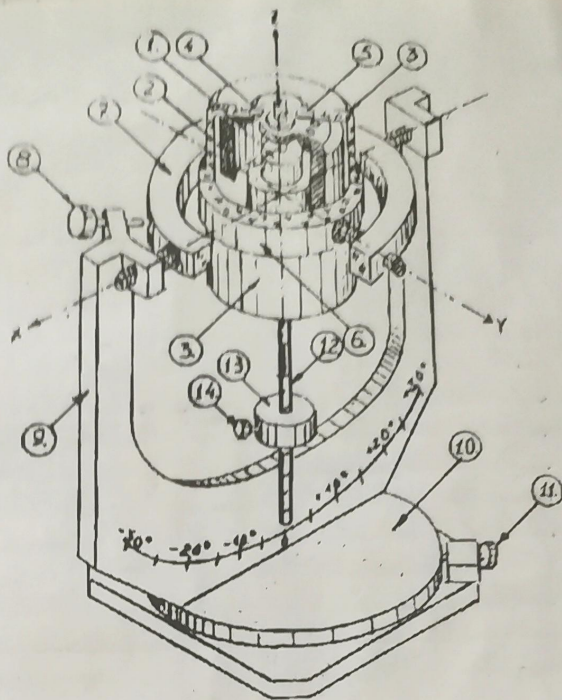


Рис. 4:

- | | |
|----------------------|---------------------|
| 1-электродвигатель; | 8-зашелка; |
| 2-маховичок; | 9-стойка; |
| 3-защитный чехол; | 10-платформа; |
| 4-светодиод; | 11-зажим платформы; |
| 5-фототранзистор; | 12-стержень; |
| 6-внутренняя обойма; | 13-груз; |
| 7-наружная обойма; | 14-зажим груза |

Рис. 5.

- 1-маховичок;
2-буфта;
3-чехол;
4-электродвигатель;
5-поперек;
6-кошачок;
7-светодиод;
8-фототранзистор

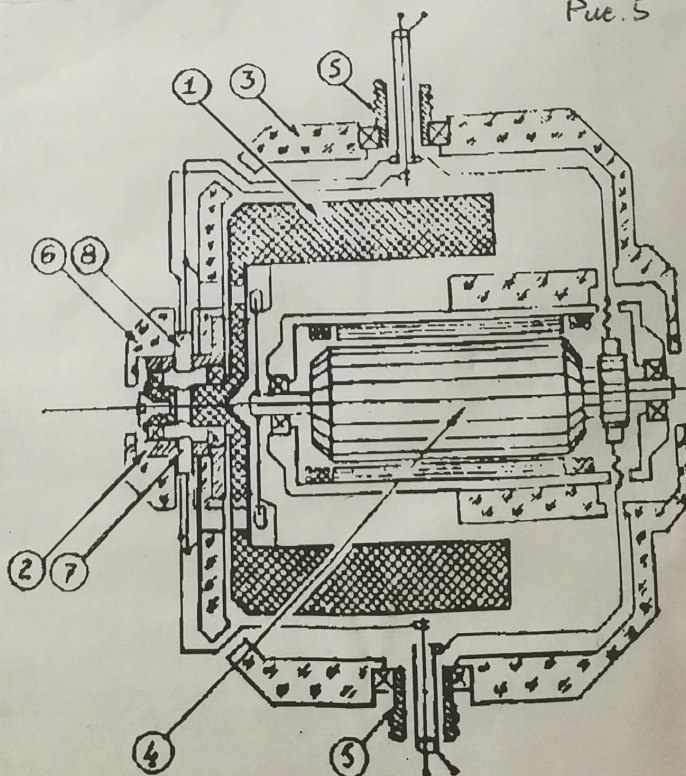


Рис. 5

Какого вращения маховика находится путем сравнения частоты
индукционного сигнала вырабатываемого генератором с частотой
электрических импульсов, поступающих на вход "Z" осциллографа
(см. рис. 3)

Сигнал с выхода генератора подается на вход "X" осциллографа, а с
подобращающей, который выдает сигнал "Y", на вход "Y". При
этом на экране осциллографа будет иметь вид

$$\begin{aligned} x &= X \cos \omega t \\ y &= Y \sin \omega t \end{aligned} \quad (6)$$

где $\omega = 2\pi\nu$ - циклическая частота (ν - частота на якорь генератора),
 X и Y - амплитуды синусоидальной кривой, определяемые амплитудами
индукционных напряжений, поступающих на входы "X", "Y", "
коэффициентом усиления осциллографа.

Согласно (6) луч на экране осциллографа будет "бегать" с
частотой ν по эллипсу, уравнение которого имеет вид:

$$\frac{x^2}{X^2} + \frac{y^2}{Y^2} = 1 \quad (7)$$

Регулировкой деления либо по X , либо по Y можно получить
траекторию луча в виде окружности.

Необходимо установить, что при наличии двух "независимых"
заведом на маховике на экране эллипс частоты сигнала
совпадает с частотой собственного вращения маховика.

Следует отметить, что электрический ток в статорную и роторную
близко электродвигателя и электропитание фазолары подается через
использующие контакты, которые установлены на полюсах внутренней
"вращающейся" части. Движение в этих контактах приводит к сраба-
тыванию боковой катушки прецессии.

Для создания вращающегося момента сил, который
вызывает процесс прецессии, в защитной кожухе, каретке
устанавливается стержень с перпендикулярно по нему / крутящий (см.
позиции 12, 13 на рис. 4). Груз на стержне закрепляется зажимными
винтами 14.

Практическая часть.

1. Исследование прецессии гироскопа.

Измерение периода прецессии $T_{пр}$ при различных положениях груза.

N	m, г	U, В	h, см	n, кол-во оборотов	t ₁ , с	t ₂ , с	t ₃ , с	t _{ср.} , с	ω , 1/с
1	208	15	1	3	36,8	36,5	37,2	36,8	43,7
			2		33,1	33,8	33,3	33,4	
			3		30,6	30,7	31,0	30,8	
			4		28,2	28,0	28,1	28,1	
			5		26,1	26,0	26,1	26,1	
			6		24,5	24,6	24,3	24,5	
			7		23,1	22,9	22,6	22,9	
			8		21,5	21,5	21,4	21,5	
			8,5		20,4	20,6	20,5	20,6	
2	208	18	1	3	46,0	46,3	46,2	46,2	53,7
			2		41,4	41,2	41,2	41,3	
			3		37,3	37,4	37,4	37,4	
			4		34,5	34,2	34,1	34,3	
			5		31,7	31,8	31,8	31,8	
			6		29,8	29,4	29,9	29,7	
			7		27,7	27,6	27,5	27,6	
			8		26,1	26,2	26,1	26,1	
			8,5		25,2	25,4	25,2	25,3	

$$l_{max} = 8,5 \text{ см}$$

$$a = 5,5 \text{ см}$$

$$b = 1 \text{ см}$$

$$OA = 15 \text{ см}$$

$$\text{Момент инерции гироскопа: } I \approx 12,172 \text{ г} \cdot \text{см}^2$$

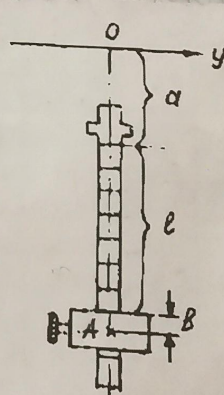
$$\text{Период прецессии: } T_{пр.1} \approx 8,87 \text{ с.}$$

$$T_{пр.2} \approx 8,43 \text{ с.}$$

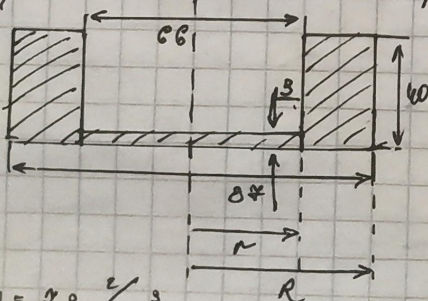
Частота прецессии:

$$\omega = \frac{\pi g \cdot OA \cdot T_{пр.}}{4\pi^2 \cdot I}$$

$$\Rightarrow \omega_1 \approx 43,7 \text{ 1/с}; \quad \omega_2 \approx 53,7 \text{ 1/с}$$



а) Расчет момента инерции тела гироскопа (I):



$$I = \frac{mR^2}{2} - \frac{mR^2}{2} = \frac{\rho \pi R^2 \cdot R^2 \cdot h_1}{2} - \frac{\rho \pi R^2 \cdot R^2 \cdot h_2}{2} = \frac{\rho \pi h_1 R^4}{2} - \frac{\rho \pi h_2 R^4}{2} = \frac{\rho \pi}{2} (R^4 h_1 - R^4 h_2) \approx 12,172 \text{ г} \cdot \text{см}^2$$

$$\rho = 7,8 \text{ г/см}^3$$

б) По I , τ и OA рассчитать ω - ?:

$$\frac{2\tau}{r} = \frac{mg l + mg(a+b)}{I \omega} = \frac{mg(l+a+b)}{I \omega}$$

$$\Rightarrow \omega = \frac{mg \tau (l+a+b)}{2\tau I}$$

№ п.п.	$I, \text{г} \cdot \text{см}^2$	$l, \text{см}$	$a, \text{см}$	$b, \text{см}$	$\tau_{\text{нр}}, \text{с}$	$OA, \text{см}$	$\omega = \frac{mg \tau (l+a+b)}{2\tau I}$	раз. с.
1	12172	8,5	5,5	1	6,87	15	274,9	
2					8,43		337,3	

$$l+a+b = OA = 15 \text{ см.}$$

Таблица погрешностей:

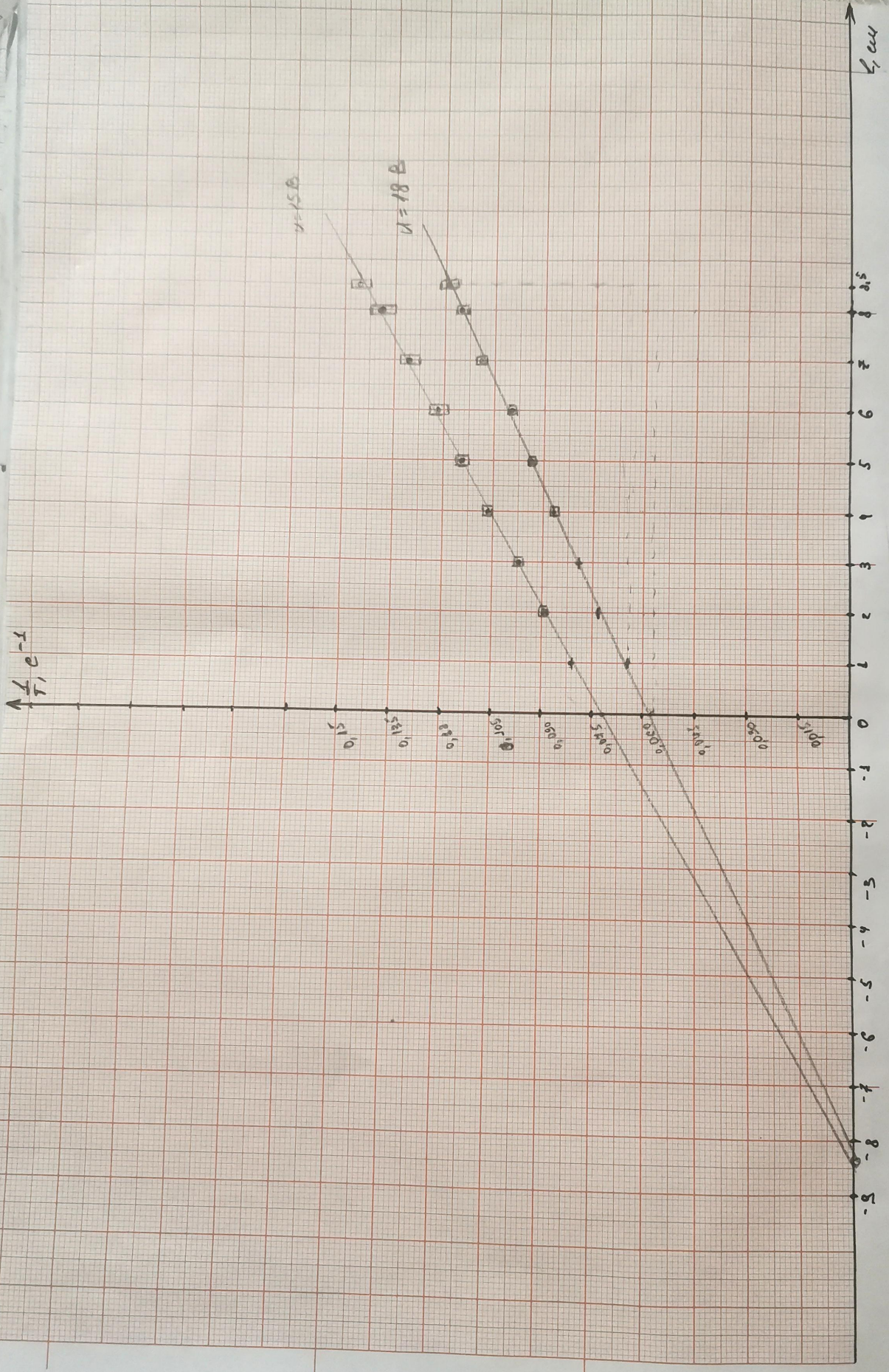
№ п.п.	$\Delta m, \text{г}$	$\Delta l, \text{см}$	$\Delta \tau_{\text{нр}}, \text{с}$	$\Delta \omega = \omega \cdot \left(\frac{\Delta m}{m} + \frac{\Delta \tau_{\text{нр}}}{\tau_{\text{нр}}} + \frac{\Delta OA}{OA} \right)$	раз. с.
1	1,0	0,1	0,2	11,16	
2				11,67	

2. Построение графиков $\tau_{\text{нр}}(l)$ (график $\frac{1}{\tau}$ от l): см. таблицу пункт 1.

$U, \text{В}$	$l, \text{см}$	n , кол-во оборотов	$t_{\text{ср}}, \text{с}$	$\tau = \tau_{\text{нр}} = \frac{t_{\text{ср}}}{n}, \text{с}$	$\frac{1}{\tau} = \frac{1}{\tau_{\text{нр}}}, \text{с}^{-1}$	$\left(\frac{1}{\tau} \right)' = \left(\frac{1}{\tau} \right) \cdot \frac{\Delta \tau}{\tau}, \text{с}^{-1}$	$\Delta l, \text{см}$	$\Delta \tau, \text{с}$
15	1	3	36,8	12,27	0,081	0,0013	0,1	0,2
	2		33,4	11,13	0,090	0,0016		
	3		30,8	10,27	0,097	0,0019		
	4		28,1	9,37	0,107	0,0023		
	5		26,1	8,70	0,115	0,0026		
	6		24,5	8,17	0,122	0,0030		
	7		22,9	7,63	0,131	0,0034		
	8		21,5	7,17	0,139	0,0039		
	8,5		20,6	6,87	0,146	0,0043		
18	1	3	46,2	15,40	0,065	0,0008	0,1	0,2
	2		41,3	13,77	0,073	0,0011		
	3		37,4	12,47	0,080	0,0013		
	4		34,3	11,43	0,087	0,0015		
	5		31,8	10,60	0,094	0,0018		
	6		29,7	9,90	0,100	0,0022		
	7		27,6	9,20	0,109	0,0024		
	8		26,1	8,70	0,115	0,0026		
	8,5		25,3	8,43	0,119	0,0028		

Построение графиков, используя данные таблицы:

Нахождение
 Аппроксимация
 3
 Показ



3. Нахождение
 упрощенно

при

при

3. Нахождение коэффициентов A и B . Вычисление момента инерции тела высолона:

$$A = \frac{mg}{2\pi J \omega} ; B = \frac{mg(a+b)}{2\pi J \omega}$$

$$\frac{1}{T} = A\ell + B$$

$A = \kappa$; B - сдвиг графика по оси $\frac{1}{T}$; ω фазовый :

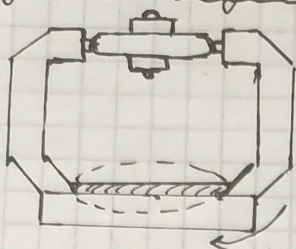
При $U = 15 \text{ В}$: $A_{15} \approx 0,0084$

$$B_{15} \approx 0,042$$

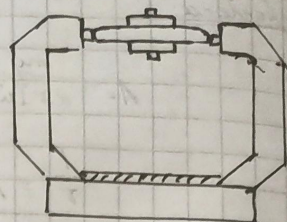
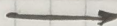
При $U = 18 \text{ В}$: $A_{18} \approx 0,0042$

$$B_{18} \approx 0,057$$

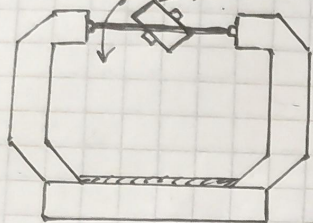
4. Исследование поведения свободного гироскопа:



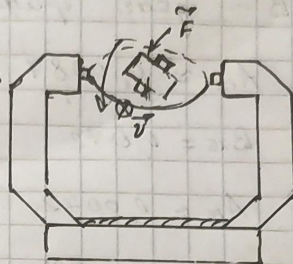
Вращаем платформу;
гироскоп остается на
месте.



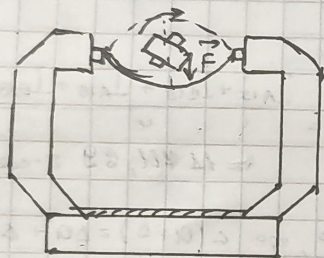
Прикладываем силу к гироскопу:



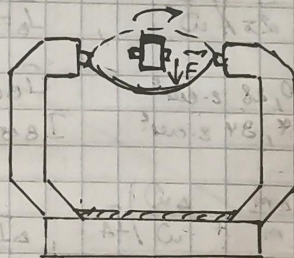
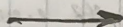
Начинает вращаться ось



Прикладываем силу к оси вращения:

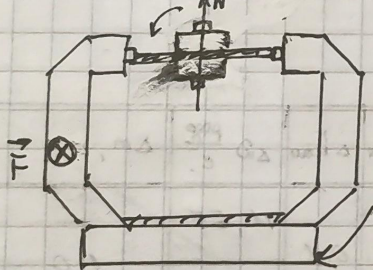


Гироскоп начинает
вращаться.

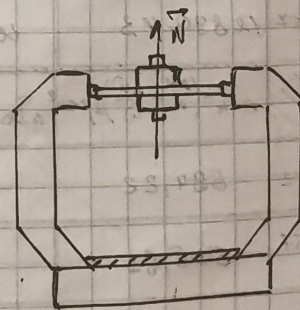
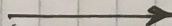
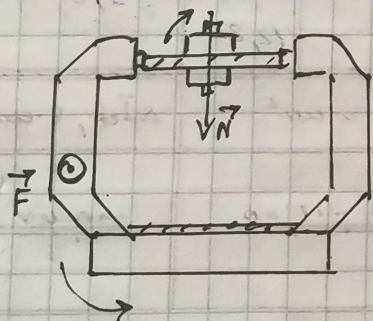
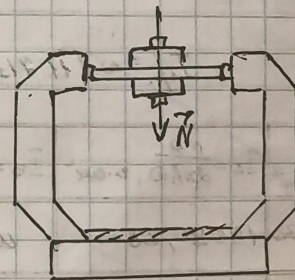
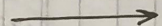


5. Исследование поведения гироскопа с двумя степенями свободы:

В начале:



Начинаем
вращать платформу:
(меняется ориентация
гироскопа)



Вывод: 1) Исследование поведения "свободного" гироскопа: а) при вращении платформы, сам гироскоп остается на месте. Если к нему приложить силу, то начинает вращаться другая ось (а гироскоп не проворачивается.) б) если приложить силу к оси, то начинает вращаться

гирокон. (а ось не проваливается.)

2) Рассчитан момент инерции тела гироскопа:

Теоретическое приближённое значение: $I \approx 12,142 \text{ г} \cdot \text{см}^2$

Определение момента инерции опытным путём: невозможно, так как у нас нет осциллографа, во помощью которого можно найти соответствующую частоту вращения маховика.

3) Исследовали процесс гироскопа при $m = 208 \text{ г}$.

Полученные результаты можно отразить в таблицах.

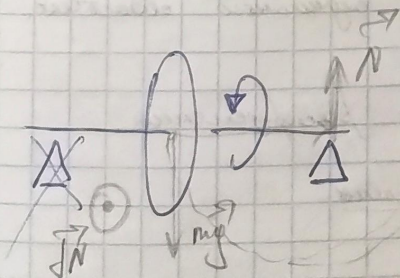
U, В	m, г	I, г·см ²	L, см	a, см	b, см	T _{нр} , с	OA, см	$\omega = \frac{mgL(a+b)}{2\pi I}$, рад/с
15	208	12,142	8,5	5,5	1	6,87	15	244,9
18						8,43		337,3

U, В	$\Delta m, \text{г}$	$\Delta OA, \text{см}$	$\Delta T_{нр}, \text{с}$	$\Delta \omega = \omega \cdot \left(\frac{\Delta m}{m} + \frac{\Delta T_{нр}}{T_{нр}} + \frac{\Delta OA}{OA} \right)$, рад/с
15	1,0	0,1	0,2	11,16
18				11,87

Электрический ток в статорную и роторную обмотки электродвигателя и питание фотонари подаются через скользящие контакты, которые установлены на пазах внутренней и наружной обмотки. Трение в этих контактах приводит к сравнительно быстрому затуханию прецессии.

Показу количества полных оборотов берём $= 3$.

Также во время эксперимента, если мы, на котором закреплён груз, можем выкручиваться, из-за чего гироскоп начинает "трясти".



Гироскоп опр. по 2 опоры, одну опору держим, как будто двигаемся по ней?

2004215
Oct