

# Лабораторная работа

## "Гироскоп"

Можаров А.Р.

29 марта 2023 г.

### Оборудование:

Гироскоп; блок питания; секундомер; стержень; груз; линейка.

### Аппаратные погрешности:

$\Delta t = 0,2$  с;  $\Delta l = 0,5$  см;  $\Delta m = 0,1$  г;  $\Delta AO = \Delta a = \Delta b = 0,1$  см.

## Теоретическая часть

### Общие сведения

**Гироскоп** — устройство, способное реагировать на изменение углов ориентации тела, на котором оно установлено, относительно инерциальной системы отсчёта.

На данный момент, гироскопы делятся по степеням свободы: с двумя и тремя степенями свободы, а также по принципу действия: механические, оптические (лазерные - активные оптические, пассивные оптические, волоконно-оптические, интегрально-оптические) и ядерные. В данном эксперименте использовался механический гироскоп с переменным количеством степеней свободы.

Чтобы ось гироскопа могла свободно поворачиваться в пространстве, гироскоп укрепляют в кардановом подвесе.

При таком креплении тело гироскопа может свободно поворачиваться вокруг трёх осей, пересекающихся в одной точке (центре подвеса), и ось тела гироскопа может иметь любую ориентацию в пространстве. Движение его, как движение твёрдого тела, описывается уравнением моментов:

$$\frac{d\vec{N}}{dt} = \vec{M} = \frac{d(I\vec{\omega})}{dt}$$

### Поведение свободного гироскопа

Если центр масс тела гироскопа совмещён с центром карданова подвеса, то момент сил тяготения относительно этой точки будет равен нулю. Такой гироскоп называется **свободным**. Согласно уравнению моментов, его момент импульса не изменяется, а, соответственно, ось тела гироскопа не будет изменять своей ориентации в пространстве в инерциальной системе отсчёта.

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

При закреплении наружного кольца гироскоп лишается третьей степени свободы и становится «послушным».

### Прецессия гироскопа

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

Запишем уравнение моментов относительно центра масс гироскопа:

$$\frac{d\vec{N}}{dt} = \vec{M} = [\vec{AO} \times m\vec{g}]$$

Момент силы тяготения ортогонален моменту импульса и вызывает только изменение направления последнего. Разложим момент импульса на две составляющие: продольную  $\vec{N}_{||}$  и перпендикулярную  $\vec{N}_{\perp}$ . За малый промежуток времени  $dt$  вектор  $\vec{N}_{\perp}$  вернётся на угол:

$$d\varphi = \frac{dN}{N_{\perp}} = \frac{Mdt}{N\sin\alpha}$$

Угловая скорость поворота этого вектора, а, следовательно, и угловая скорость прецессии гироскопа будет равна:

$$\Omega = \frac{d\varphi}{dt} = \frac{M}{N\sin\alpha} = \frac{mg \cdot AO}{I\omega}$$

Представляет интерес исследование зависимости периода прецессии от положения груза на стержне:

$$\frac{2\pi}{T_{\text{пр.}}} = \frac{mgl + mg(a+b)}{I\omega}$$

или

$$\frac{1}{T_{\text{пр.}}} = A l + B$$

где

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

## Практическая часть

Ход работы:

- 1). Исследовать поведение свободного гироскопа
- 2). Исследовать поведение гироскопа с двумя степенями свободы
- 3). Измерить частоту собственного вращения тела гироскопа

$$\omega = \frac{mg \cdot AO}{I \cdot \Omega} = \frac{mg \cdot AO \cdot T_{\text{пр.}}}{I \cdot 2\pi}$$

$m$ , г	$l_{\text{max}}$ , см	$a$ , см	$b$ , см	$AO$ , см	$I$ , г · см <sup>2</sup>	$U$ , В	$T_{\text{пр.}}$ , с	$\omega$ , с <sup>-1</sup>
208	7	6	1	14	16295	15	7,53	211
						18	8,53	238

4). Измерение периода прецессии при различных положениях груза

$m$ , г	$n$ , об	$U$ , В	$L$ , см	$t_1$ , с	$t_2$ , с	$t_3$ , с	$t_{\text{ср.}}$ , с	$T_{\text{пр.}}$ , с	$\nu_{\text{пр.}}$ , Гц
208	3	15	4	26,83	26,88	26,75	26,82	8,94	0,11
			4,5	25,81	26,19	25,86	25,95	8,65	
			5	24,91	24,87	24,98	24,92	8,31	
			5,5	24,20	23,97	24,34	24,17	8,06	0,12
			6	23,26	23,28	23,36	23,3	7,77	
			6,5	23,36	22,68	22,83	22,62	7,54	
			7	22,65	22,45	22,10	22,40	7,47	0,13
		18	4	33,47	33,07	33,22	33,25	11,08	
			4,5	32,04	32,37	32,24	32,22	10,74	
			5	31,38	32,31	32,06	31,92	10,64	
			5,5	30,46	30,74	31,09	30,76	10,25	0,10
			6	28,31	28,22	28,37	28,30	9,43	
			6,5	27,34	27,04	26,81	27,06	9,02	
			7	25,37	25,41	26,04	25,60	8,53	0,12

5). Построить графики:

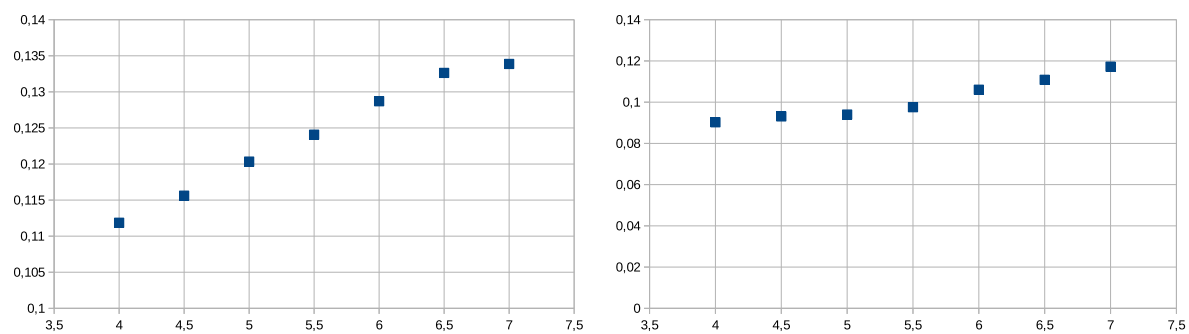


Рис. 1:  $U = 15$  В слева и  $U = 18$  В справа

6). Уточнить значения коэффициентов  $A$  и  $B$  и найти графически момент инерции тела гироскопа

$m$ , г	$U$ , В	$\omega$ , $\text{с}^{-1}$	$A$ , $\text{с}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$	$B$ , $\text{с}^{-1}$	$I$ , $\text{г} \cdot \text{см}^2$	$I_{\text{ср.}}$ , $\text{г} \cdot \text{см}^2$
208	15	211	0,00737	0,0825	20976	18074
	18	238	0,009	0,0543	15172	

## Выводы

- Исследованы особенности поведения гироскопа с двумя и тремя степенями свободы
- Через определение периода прецессии вычислено экспериментальное значение момента инерции