

## **Работа 1.2.5**

# **Исследование вынужденной регулярной прецессии гироскопа**

Валеев Рауф Раушанович  
группа 825

2 декабря 2018 г.

**Цель работы:** исследовать вынужденную прецессию гироскопа; установить зависимость скорости вынужденной прецессии от величины момента сил, действующих на ось гироскопа; определить скорость вращения ротора гироскопа и сравнить ее со скоростью, рассчитанной по скорости прецессии.

**В работе используются:** гироскоп в кардановом подвесе, секундомер, набор грузов, отдельный ротор гироскопа, цилиндр известной массы, крутильный маятник, штангенциркуль, линейка.

#### Примерный вид установки

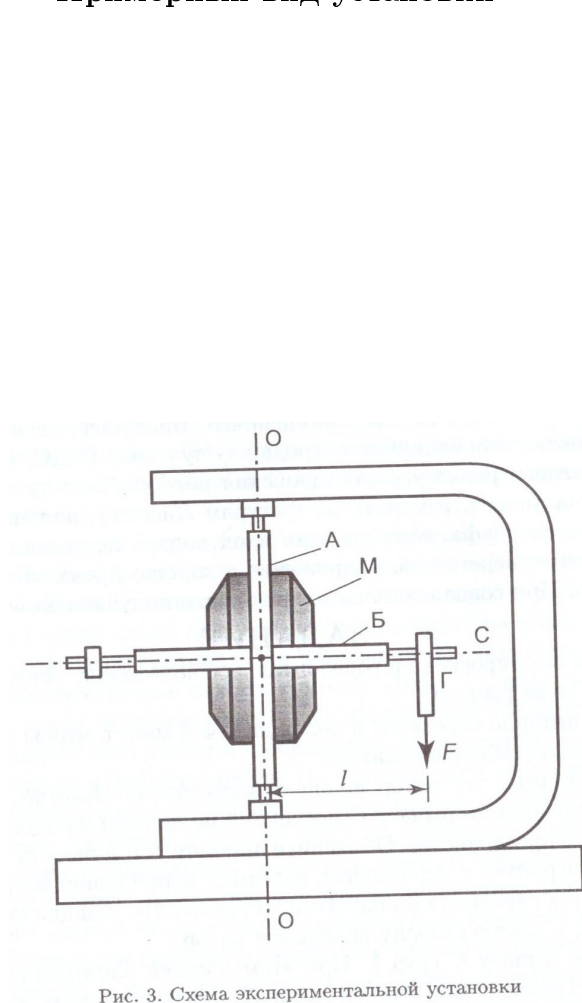


Рис. 3. Схема экспериментальной установки

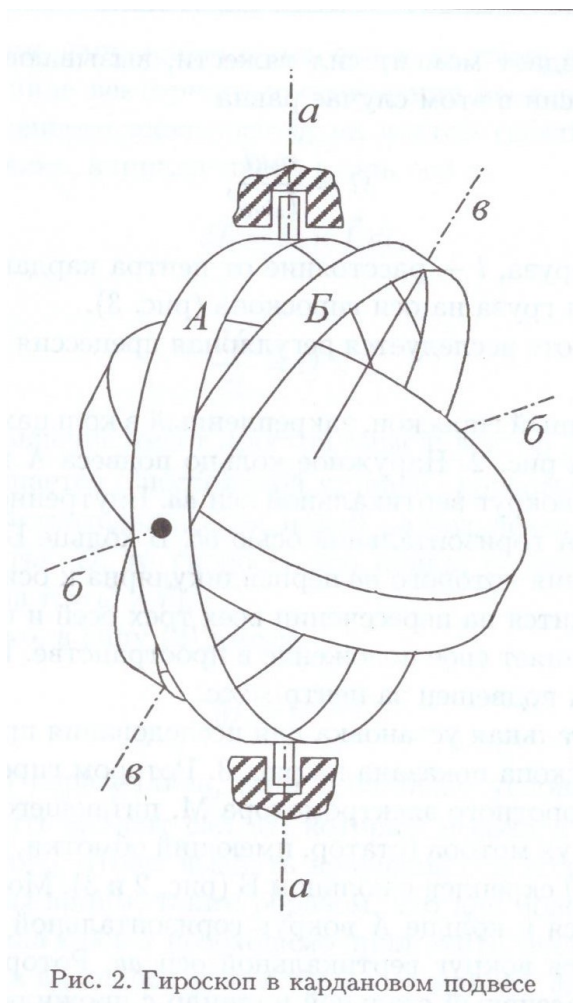


Рис. 2. Гироскоп в кардановом подвесе

1. Устанавливаем ось гироскопа в горизонтальное положение, поворачивая его за рычаг С.
2. Включаем питание гироскопа и ждем, пока вращение ротора не стабилизируется.
3. Убеждаемся в том, что ротор вращается достаточно быстро: при легком постукивании по рычагу С последний не должен изменять своего положения в пространстве.  
Причина: Он не движется вниз из-за прецессии гироскопа, так как если мы давим вниз или вверх, то момент инерции оси гироскопа направлен по касательной. Он не движется вбок из-за силы трения в оси ОО.  
Как движется гироскоп при нажатии на рычаг? При нажатии сверху гироскоп вращается вниз, при нажатии снизу – вверх. Отсюда сигма по оси направлена в сторону центра, отсюда гироскоп вращается по часовой стрелке.
4. Подвешиваем к рычагу С груз Г. При этом должна начаться прецессия гироскопа. Трение в оси (в ОО) приводит к тому, что рычаг С начинает медленно опускаться.
5. Отклоняем гироскоп на 5-6 градусов и измеряем угловую скорость регулярной прецессии  $\Omega$ . Продолжаем измерения, пока рычаг не отклонится на 5-6 градусов ниже горизонтальной плоскости. Также измеряем скорость рычага С.

$m, g$	180			$M, H \cdot m$	0,21		
	$N$	$t, c$	$\sigma_t, c$	$\omega, c^{-1}$	$\sigma_\omega, 10^{-5} \cdot c^{-1}$	$v, 10^{-5} \cdot m/c$	$\sigma_v, 10^{-8} \cdot m/c$
1	4	267,5	0,1	0,09391	3,5	9,469	8,6
2	4	267,4	0,1	0,09394	3,5	9,472	8,6
3	4	267,3	0,1	0,09397	3,5	9,476	8,6
4	4	267,5	0,1	0,09391	3,5	9,469	8,6
5	4	267	0,1	0,09408	3,5	9,487	8,6
Среднее	4	267,3	0,1	0,09396	3,5	9,475	8,6

6. Проделываем пункт 5 для 5-7 различных значениях моментов сил.

$m, g$	216			$M, H \cdot m$	0,23		
	$N$	$t, c$	$\sigma_t, c$	$\omega, c^{-1}$	$\sigma_\omega, 10^{-5} \cdot c^{-1}$	$v, 10^{-4} \cdot m/c$	$\sigma_v, 10^{-7} \cdot m/c$
1	3	201,3	0,1	0,09359	4,6	1,258	1,2
2	3	200,2	0,1	0,09411	4,7	1,265	1,2
3	3	201,2	0,1	0,09364	4,6	1,259	1,2
4	3	200,5	0,1	0,09397	4,7	1,263	1,2
5	3	200,7	0,1	0,09387	4,7	1,262	1,2
Среднее	3	200,8	0,1	0,09383	4,7	1,262	1,2

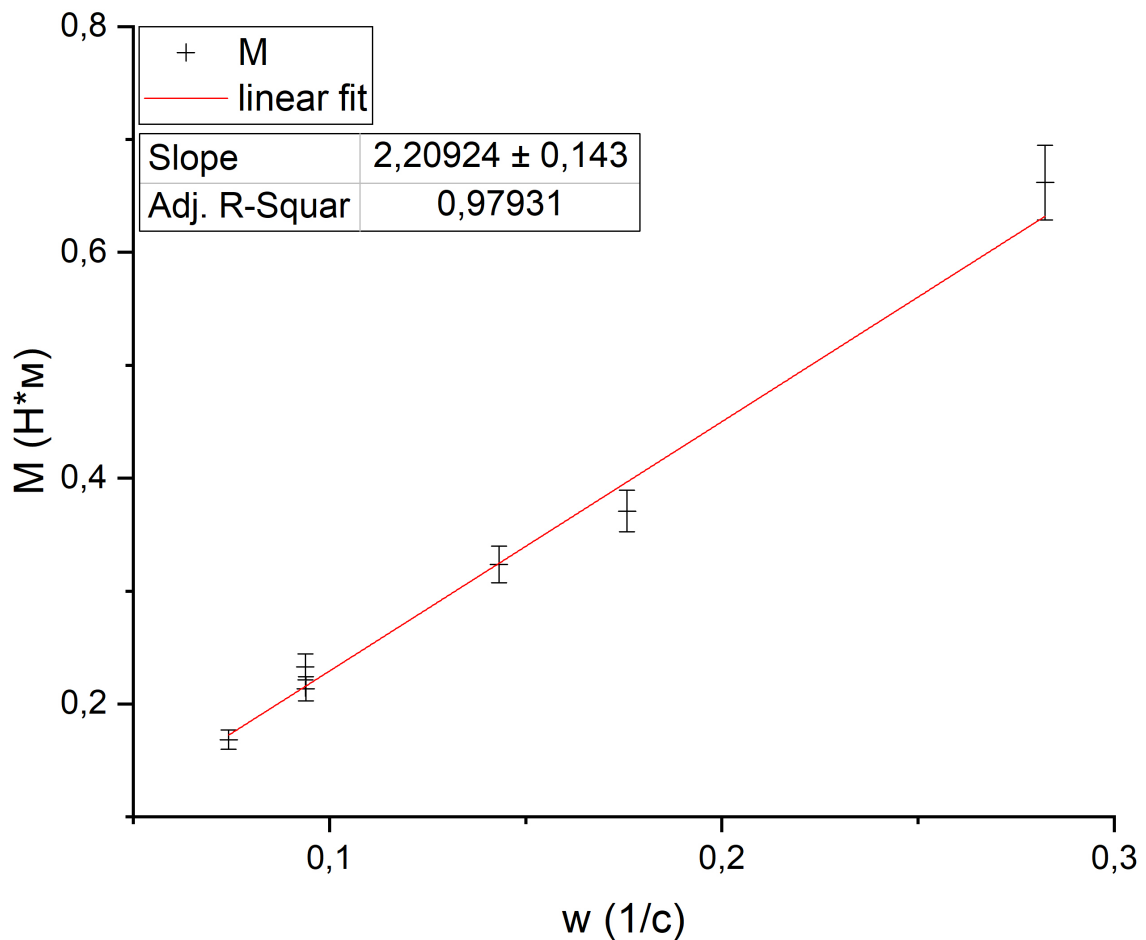
$m, g$	614			$M, H \cdot m$	0,66		
	$N$	$t, c$	$\sigma_t, c$	$\omega, c^{-1}$	$\sigma_\omega, 10^{-4} \cdot c^{-1}$	$v, 10^{-4} \cdot m/c$	$\sigma_v, 10^{-7} \cdot m/c$
1	6	133	0,1	0,2833	2,1	1,904	2
2	6	133,5	0,1	0,2822	2,1	1,897	2
3	6	133,7	0,1	0,2818	2,1	1,894	2
4	6	133,5	0,1	0,2822	2,1	1,897	2
5	6	133,6	0,1	0,2821	2,1	1,896	2
Среднее	6	133,5	0,1	0,2823	2,1	1,898	2

$m, g$	142			$M, H \cdot m$	0,17		
	$N$	$t, c$	$\sigma_t, c$	$\omega, c^{-1}$	$\sigma_\omega, 10^{-5} \cdot c^{-1}$	$v, 10^{-5} \cdot m/c$	$\sigma_v, 10^{-8} \cdot m/c$
1	3	253,4	0,1	0,074349	3	9,996	9
2	3	253,4	0,1	0,074349	3	9,996	9
3	3	253,3	0,1	0,074378	3	9,999	9
4	3	253,5	0,1	0,074320	3	9,992	9
5	3	253,4	0,1	0,074349	3	9,995	9
Среднее	3	253,4	0,1	0,074349	3	9,996	9

$m, g$	273			$M, H \cdot m$	0,32		
	$N$	$t, c$	$\sigma_t, c$	$\omega, c^{-1}$	$\sigma_\omega, 10^{-5} \cdot c^{-1}$	$v, 10^{-4} \cdot m/c$	$\sigma_v, 10^{-7} \cdot m/c$
1	4	175,2	0,1	0,14338	8	1,446	1,5
2	4	175	0,1	0,14354	8	1,447	1,5
3	4	175,6	0,1	0,14305	8	1,442	1,5
4	4	176	0,1	0,14273	8	1,440	1,5
5	4	175,5	0,1	0,14313	8	1,444	1,5
Среднее	4	175,5	0,1	0,14316	8	1,444	1,5

$m, g$	341			$M, H \cdot m$	0,37		
	$N$	$t, c$	$\sigma_t, c$	$\omega, c^{-1}$	$\sigma_\omega, 10^{-5} \cdot c^{-1}$	$v, 10^{-4} \cdot m/c$	$\sigma_v, 10^{-7} \cdot m/c$
1	5	178,3	0,1	0,17611	10	1,421	1,5
2	5	179	0,1	0,17542	10	1,415	1,5
3	5	178,5	0,1	0,17591	10	1,419	1,5
4	5	178,7	0,1	0,17571	10	1,417	1,5
5	5	178,4	0,1	0,17601	10	1,419	1,5
Среднее	5	178,6	0,1	0,17583	10	1,418	1,5

$M, H \cdot m$	$\sigma_M, H \cdot m$	$\omega, c^{-1}$	$\sigma_\omega, 10^{-5} \cdot c^{-1}$
0,21	0,01	0,09396	3,5
0,23	0,01	0,09383	5
0,66	0,03	0,28233	21
0,17	0,01	0,07435	3
0,32	0,015	0,14317	8
0,37	0,02	0,17583	10



7. Измеряем момент инерции  $I_0$  относительно оси симметрии. Для этого подвешиваем ротор к концу вертикально висящей проволоки так, чтобы ось симметрии гироскопа была вертикальна, и измеряем период крутильных колебаний маятника  $T_0$ . Заменяем ротор на цилиндр известного радиуса и известной массы.

Известный цилиндр				Ротор			
	$N$	$t, c$	$\sigma_t, c$		$N$	$t, c$	$\sigma_t, c$
1	10	32	0,1	1	10	42,2	0,1
2	10	32,5	0,1	2	10	41,3	0,1
3	10	32,7	0,1	3	10	41,3	0,1
4	10	31,8	0,1	4	10	41,3	0,1
5	10	32,2	0,1	5	10	41,3	0,1
Среднее	10	32,24	0,15	Среднее	10	41,5	0,15
$T_c = (3,23 \pm 0,015)c$				$T_0 = (4,146 \pm 0,016)c$			

Параметры цилиндра					
$M, kg$	$\sigma_M, kg$	$R, kg$	$\sigma_R, m$	$I, kg \cdot m^2$	$\sigma_I, kg \cdot m^2$
1,618	0,001	0,0391	0,0001	0,00122	0,00007

Измеряем его период крутильных колебаний  $T_c$  и по формуле

$$I_0 = I_c \frac{T_0^2}{T_c^2}$$

$$\sigma_{I_c} = I_c \sqrt{\left(\frac{\sigma_M}{M}\right)^2 + 2 \left(\frac{\sigma_R}{R}\right)^2}$$

$$\sigma_{I_0} = I_0 \sqrt{2 \left(\frac{\sigma_{T_c}}{T_c}\right)^2 + 2 \left(\frac{\sigma_{T_0}}{T_0}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{I_c}}{I_c}\right)^2}$$

измеряем  $I_0 = (0,0012 \pm 0,0007) kg \cdot m^2$ .

8. По формулам

$$\sigma_\Omega = \Omega \sqrt{\left(\frac{M/\omega_0}{\sigma_{M/\omega_0}}\right)^2 + \left(\frac{I_0}{\sigma_{I_0}}\right)^2}$$

$$\Omega = \frac{mgl}{I_0 \omega_0} = \frac{M}{I_0 \omega_0}$$

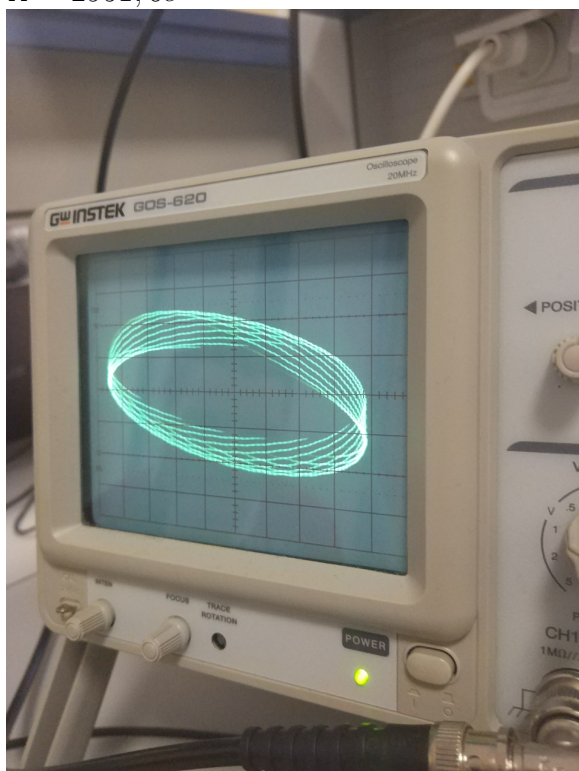
определяем частоту вращения гироскопа  $\Omega = (3080 \pm 250) c^{-1}$ .

9. По скорости опускания рычага определяем момент сил трения.

$$M_{F_{frict}} = I_0 \omega_0 \Omega_v$$

$\omega_0$	$\sigma_{\omega_0}, 10^{-5} \cdot c^{-1}$	$\Omega_{down}, c^{-1}$	$\sigma_{\Omega_{down}}, c^{-1}$	$M_{F_{frict}}, 10^{-7} \cdot H$	$\sigma_{M_{F_{frict}}}, 10^{-8} \cdot H$
0,09396	3,5	0,0049	0,0004	5,7	6
0,09383	4,7	0,0065	0,0005	7,6	8
0,2823	21	0,0098	0,0008	34,2	34
0,07434	3	0,0051	0,0004	4,7	5
0,1431	8	0,0074	0,0006	13,2	13
0,1758	10	0,0073	0,0006	15,9	16

10. По фигурам Лиссажу на осциллографе определяем частоту вращения гироскопа.  $\nu = 470\text{с}^{-1}$ ,  $2\pi\nu = \Omega = 2951,6\text{с}^{-1}$



11. Убеждаемся, что  $L_{\Omega} \ll L_{\sigma_0}$