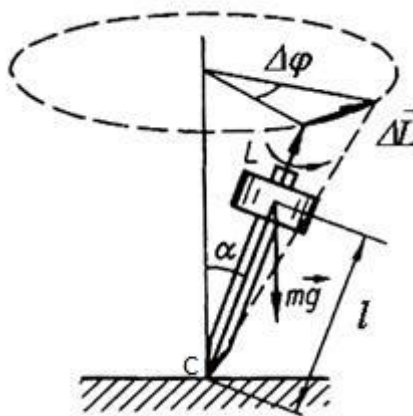


## Лабораторна робота № 10

### ВИВЧЕННЯ ПРЕЦЕСІЇ ГІРОСКОПА

#### Теорія методу та описання експериментальної установки

Гіроскопом називається тіло, що швидко обертається навколо осі симетрії. Цікавим буде рух гіроскопа у тому випадку, коли його вісь закріплена у точці, яке не збігається з центром інерції /та з центром тяжіння/. При цьому гіроскоп весь час знаходиться під дією сили тяжіння, момент якої має напрям, перпендикулярний до осі гіроскопа. Внаслідок цього вісь гіроскопа буде обертатися навколо вертикальної осі, яка переходить через нерухому точку.



Вісь буде описувати конус. Цей рух є прецесією гіроскопа. Розглянемо прецесію гіроскопа на простому прикладі симетричного вовчка, що діє одним кінцем на площину у точці С. Припустимо, що момент імпульсу вовчка  $L$  має напрям вздовж його осі. Сила тяжіння  $F = mg$  діє на його центр інерції «0» та утворює момент сили, що має значення:  $\bar{M} = [\bar{r} \times \bar{F}]$  /10.1/

або у проекції на вісь:  $M_z = mgl \sin \alpha$ .

Де  $l$ - відстань від центра тяжіння до точки С,  $\alpha$ - кут між віссю вовчка та вертикаллю. Напрям моменту сил перпендикулярний до вертикальної площини, що проходить крізь вісь вовчка.

Основне рівняння обертального руху:

$$\frac{d\bar{L}}{dt} = \bar{M} \quad /10.2/$$

$$\text{Тоді знайдемо: } d\bar{L} = \bar{M} dt \quad /10.3/$$

Оскільки вектор  $\bar{M}$  перпендикулярний до вектора  $\bar{L}$ , тоді і  $d\bar{L}$  перпендикулярний до  $\bar{L}$ , звідки маємо, що при обертанні осі вовчка навколо вертикалі її кут з вертикаллю не змінюється.  $d\varphi$  - це кут обертання вертикальної площини, у якій перебуває вісь гіроскопа. Тоді з рисунку матимемо:

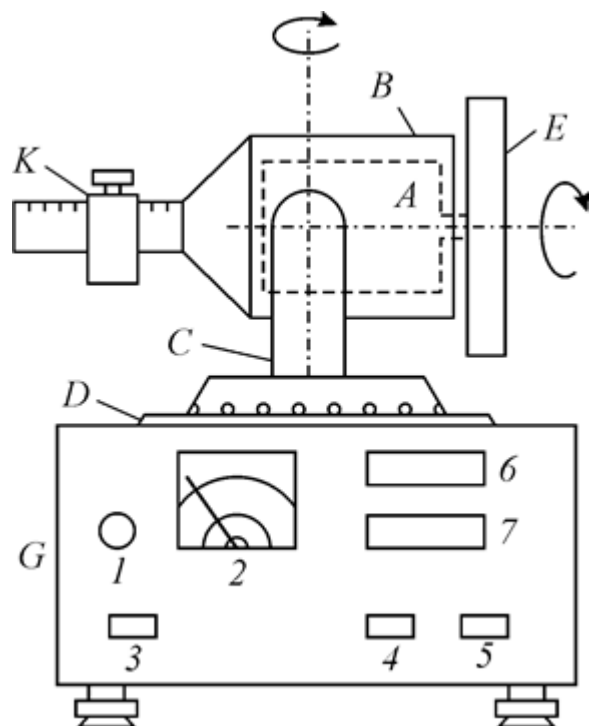
$$d\varphi = \frac{dL}{R} = \frac{dL}{L \sin \alpha} = \frac{M_z dt}{L \sin \alpha} \quad /10.4/$$

З рівняння /10.1/ матимемо:  $\frac{d\varphi}{dt} = \frac{mgl}{L}$  /10.5/

Враховуючи вищесказане, кутова швидкість прецесії:  $\omega_{\text{пр.}} = \frac{d\varphi}{dt} = \frac{mgl}{L}$  /10.6/

Тоді, враховуючи формулу для моменту імпульсу тіла, яке обертається з кутовою швидкістю відносно фіксованої осі  $\alpha = I\omega$ , дістанемо:  $\omega_{\text{пр.}} = \frac{mgl}{I\omega}$ .

Момент імпульсу  $I\omega$  ще має назву кінетичного моменту гіроскопа. При виводі останнього співвідношення ми припустили з самого початку, що момент імпульсу вовчка має напрям по його осі. Таке припущення недійсне, оскільки, рух гіроскопа є сумою двох обертань навколо осі симетрії та навколо вертикальної осі. Але при великій кутовій швидкості обертання гіроскопа  $mgl \ll I\omega$  та  $\omega_{\text{пр.}} \ll \omega$ . Тому таке припущення не змінює знайденого результату.



Для вивчення прогресії гіроскопа у даній лабораторній роботі застосовується експериментальна установка, яка складається з електродвигуна (В), на вал якого насаджений маховик (Е), корпус установки закріплений фотоелектричний датчик, який дозволяє фіксувати кутову швидкість обертання електродвигуна. Датчик підключений до вимірювального приладу, розташованого на передній панелі блока приладів, а поряд з ним на цій же панелі розташована ручка потенціометра(1) для регулювання швидкості обертання електродвигуна. З корпусом електродвигуна жорстко з'єднаний важіль(К) зі шкалою за допомогою фотоелектричного датчика. Ввімкнення його відбувається одночасно з ввімкненням секундоміра(7) при натисканні кнопки «СБРОС»(4). Відлік часу і кута прецесії припиняється після натискання кнопки «СТОП»(5) і досягнення гіроскопом найближчого кратного 10 кута прецесії.

## Завдання 1

### Вивчення кутової швидкості прецесії гіроскопа

#### Порядок виконання роботи

- 1) З допомогою тягарця збалансувати гіроскоп так, щоб важіль був у горизонтальному положенні.
- 2) Натиснути кнопку «СЕТЬ» і, повільно обертаючи ручку потенціометра «РЕГУЛЯТОР ШКОРОСТИ», встановити швидкість обертання двигуна 3000-5000 об/хв.
- 3) Після встановлення стаціонарної швидкості обертання, притримуючи важіль рукою, змістити тягар на 20 мм, відпустити важіль, одночасно натиснути кнопку «СБРОС».
- 4) Після повороту гіроскопа на кут  $20^\circ < \varphi < 30^\circ$  за шкалою, натиснути кнопку «СТОП» і після припинення відліку часу виміряти час  $t$  повороту на кут  $\varphi$ .
- 5) Змінюючи положення тягарця на важелі з кроком 10мм, повторити виміри за п.4 для 6-7 значень  $l$ . Результати занести до таблиці.
- 6) Збільшити швидкість обертання двигуна до 6000-7000 об/хв. і повторити виміри за пп.3-5. Після закінчення експерименту вимкнути установку.

m=		φ=						
ω <sub>1</sub>				ω <sub>2</sub>				
№	l, мм	t, с	M, Н·м	ω, рад/с	l, мм	t, с	M, Н·м	ω, рад/с
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								

#### Обробка результатів вимірювань

Для кожного досліду визначити момент інерції зовнішніх сил  $M = mgl$  і кутову швидкість прецесії  $\omega_{пр}$ .

## Завдання 2

### Визначення кінетичного моменту гіроскопа

За експериментальними даними побудувати графік залежності кутової швидкості прецесії від моменту зовнішніх сил  $\omega_{пр} = f(M)$  для кожної швидкості обертання двигуна гіроскопа.

Переконавшись у тому, що для фіксованої швидкості обертання двигуна гіроскопа побудований графік являє собою пряму лінію, за кутовим коефіцієнтом кожної з прямих визначити момент імпульсу /кінетичний момент/ гіроскопа.

### Завдання 3

#### Визначення моменту інерції ротора двигуна та диска

Якщо знайдений кінетичний момент гіроскопа та відома кутова швидкість двигуна  $\omega$ , тоді ми маємо можливість знайти момент інерції двигуна і диска:

$$I\omega = \frac{M}{\omega_{\text{пр.}}} = \frac{1}{k_{\alpha}}$$

$$I = \frac{M}{\omega \cdot \omega_{\text{пр.}}} = \frac{1}{k_{\alpha} \cdot \omega}$$

Де  $k_{\alpha}$  – кутовий коефіцієнт графіка  $\omega_{\text{пр.}} = f(M)$ .

#### Контрольні запитання

- 1) Яке тіло називається гіроскопом?
- 2) Що таке прецесія гіроскопа?
- 3) Чому дорівнює момент сили тяжіння?
- 4) Вивести кутову швидкість прецесії.
- 5) Які припущення були зроблені, коли виводили кутову швидкість прецесії?
- 6) Як знайти кутову швидкість прецесії?