

*Міністерство освіти і науки України
Запорізький національний університет
Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потєбні*

Кафедра: _____

Лабораторна робота №1

з дисципліни Фізика

Вивчення обертального руху твердого тіла

Студента (ки) _____ курсу, групи _____

_____ (прізвище та ініціали)

Викладач _____

_____ (оцінка, дата, підпис)

м. Запоріжжя – 20__ рік

Мета роботи: експериментально перевірити основне рівняння динаміки обертального руху.

1.1 Теоретичні відомості

Основне рівняння динаміки обертального руху твердого тіла навколо нерухомої осі Z має вигляд:

$$M_z = J \beta$$

де β - кутове прискорення тіла, J - момент інерції тіла відносно осі Z , M_z - проекція зовнішніх сил на вісь Z .

Моментом сили \vec{F} відносно нерухомої точки O називається фізична величина, яка дорівнює векторному добутку радіус-вектора \vec{r} , проведеного з точки O в точку A прикладення сили, на силу \vec{F} , тобто $\vec{M} = [\vec{r} \times \vec{F}]$ (рисунок 1.1, а).

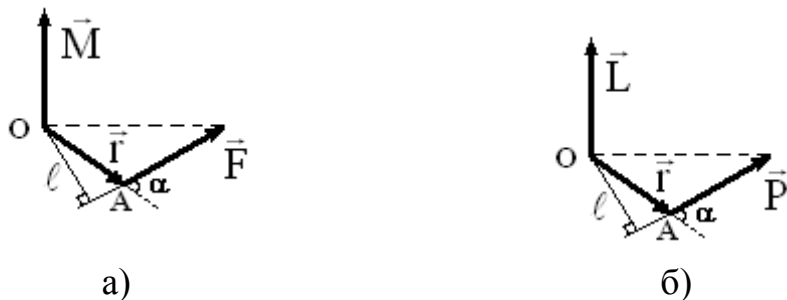


Рисунок 1.1 -- Визначення моментів сили і імпульсу

Модуль моменту сили $M = Fr \cdot \sin \alpha = F\lambda$, де α - кут між r і F ; $r \sin \alpha = \lambda$ - плече сили.

Моментом сили відносно нерухомої осі Z називається скалярна величина M_z , яка дорівнює проекції на цю вісь вектора \vec{M} , - моменту сили, визначеного відносно довільної точки O на дану вісь Z .

Моментом імпульсу \vec{L} відносно нерухомої точки O називається фізична величина, яка визначається векторним добутком $\vec{L} = \vec{r} \times \vec{P}$, де \vec{r} - радіус-вектор, проведений з точки O в точку A прикладання сили. \vec{P} - імпульс матеріальної точки (рисунок 1.1, б).

Модуль вектора моменту імпульсу $L = r \cdot P \sin \alpha = mvr \sin \alpha = P \ell$, де α - кут між \vec{r} і \vec{P} , ℓ - плече вектора \vec{P} відносно точки O .

Моментом інерції твердого тіла відносно даної осі обертання називають величину J , яка дорівнює сумі добутків мас матеріальних точок m_i , що складають це тіло, на квадрати відстаней їх до осі обертання r_i :

$$J = \sum_{i=1}^n m_i r_i^2$$

Момент інерції є адитивна величина

У механіці обертального руху момент інерції J грає роль, аналогічну ролі маси в механіці поступального руху, тобто є мірою інертності тіла при обертальному русі.

Момент імпульсу твердого тіла відносно осі дорівнює добутку моменту інерції тіла відносно тієї ж осі на кутову швидкість:

$$L_z = J\omega$$

Продиференціюємо це рівняння за часом:

$$\frac{dL_z}{dt} = J_z \frac{d\omega}{dt} = J_z \beta = M_z,$$

тобто вираз $\frac{dL_z}{dt} = M_z$ - ще одна форма рівняння динаміки обертального руху твердого тіла відносно нерухомої осі.

Маятник Обербека (рисунок 1.2.) складається з чотирьох стрижнів і двох шківів різного радіусу. На стрижнях симетрично осі обертання знаходяться однакові вантажі масою m .

На маятник діє момент сили натягу нитки T . Силу T можна знайти, розглядаючи рух вантажу масою m_0 . Згідно другого закону Ньютона

$$m_0 a = P - T \quad (1.1)$$

звідки $T = m_0(g-a)$, де P - вага вантажу ($P = m_0 g$), a - прискорення вантажу, яке визначається часом t падіння вантажу з висоти h : $a = 2h/t^2$.

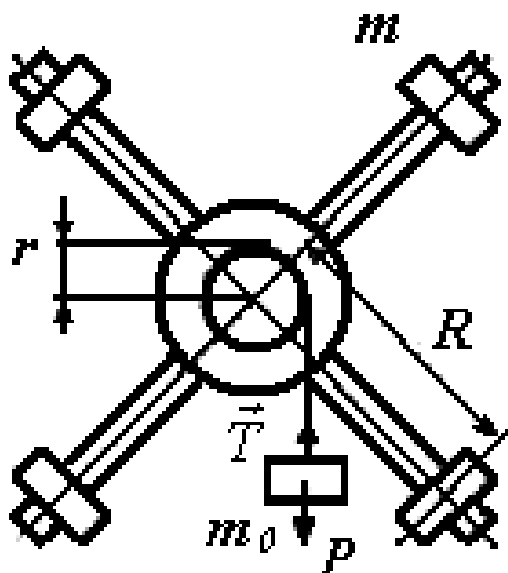


Рисунок 1.2 - Маятник Обербека

Момент сили щодо осі обертання

$$M_z = T_r = m_0 r \left(g - \frac{2h}{t^2} \right) \quad (1.2)$$

де r - радіус шківів.

Кутове прискорення β маятника пов'язано з лінійним прискоренням вантажу:

$$\beta = \frac{a}{r} = \frac{2h}{rt^2} \quad (1.3)$$

Окрім моменту сили M_z , на маятник діє момент сили тертя $M_{тер}$, тому рівняння обертального руху для маятника Обербека має вигляд:

$$J_\beta = M_z - M_{тер} \quad (1.4)$$

Оскільки момент сил тертя $M_{тер} = const$, то залежність β від M_z лінійна.

1.2 Порядок виконання роботи

1. Прикріпити до нитки вантаж. Навити нитку на шків так, щоб вантаж був піднятий до нульового ділення шкали, і заміряти час його падіння з висоти h . Вимірювання виконати три рази

2. Дослід, описаний в п. 1, повторити на іншому шківі.

3. Для кожного досліду розрахувати середнє значення часу падіння вантажів t , кутового прискорення $\beta = 2h / (rt^2)$ і моменту сили відносно вісі обертання за формулою (1.2).

4. Побудувати графік залежності $\beta(M_z)$.

5. По графіку визначити величину моменту сили тертя $M_{тер}$.

6. За характером залежності $\beta(M_z)$ зробити висновок про застосовність основного рівняння динаміки обертального руху.

Дані вимірювань і розрахунків занести в таблицю.

г, м	m ₀ , кг	t, с	t _{сер} , с	β _{сер} , с ⁻²	Mz, Н·м
0,025	0,205	28,47			
		29,1			
		28,25			
	0,450	18,54			
		18,36			
		18,21			
	0,770	13,73			
		13,2			
		13,5			
h=180 см					
0,035	0,205	20,01			
		20,51			
		20,13			
	0,450	13,54			
		13,40			
		13,25			
	0,770	10,29			
		10,19			
		10,34			

Контрольні питання

1. Основне рівняння динаміки обертального руху тіла навколо нерухо-
мої вісі.
2. Момент імпульсу і момент сили відносно точки і вісі.
3. Момент інерції тіла і його фізичний зміст.
4. Методика виконання роботи.

Література

1. Цветкова О. В. Курс фізики у визначеннях, прикладах і задачах :
навчальний посібник / О. В. Цветкова, В. Г. Єфременко. – Маріуполь :
ДВНЗ «ПДТУ», 2018. – 146 с.
2. Конспект з фізики для студентів скороченої форми навчання / О.
Крамар. Тернопіль : Центр оперативної поліграфії, 2018. 128 с. URL :
<http://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/27376>
3. Лисенко О. В. Розв’язування задач із фізики: електрика та магнетизм:
навчальний посібник. / О. В. Лисенко, Г. А.Олексієнко. Суми,
Сумський державний університет, 2017 — 287 с.
4. Фізика : підручник / Андріяшик М. В., Король А. М. К. : НУХТ,
2017. 302 с.
5. Посудін Ю. І. Фізика : Підручник для студентів вищих навчальних
закладів- К. : Ліра-К, 2016. 472 с.
6. Чолпан П. П. Фізика. / Підручник / К. : Вища школа, 2004, 567 с.
7. Загальний курс фізики. Зб. задач. / Гаркуша І. П., Горбачук І. Т.,
Курінний В. П. та ін. За заг. ред. проф. І. П. Гаркуші / К : “Техніка”,
2003. 560с.
8. Світанько М.В. Фізика. Методичні рекомендації до лабораторних
занять для здобувачів вищої освіти першого бакалаврського рівня за
спеціальністю 153 «Мікро- та наносистемна техніка» освітньо-
професійної програми «Мікро- та наносистемна техніка». Запоріжжя :
ЗНУ, 2021. 38 с.