

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ОДЕСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

**ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1-09**  
**«ВИЗНАЧЕННЯ МОМЕНТУ ІНЕРЦІЇ ТІЛ МЕТОДОМ**  
**КРУТИЛЬНИХ КОЛИВАНЬ»**

методичні вказівки для здобувачів спеціальності 123  
дистанційної форми навчання

Одеса: ДУ «ОП», 2022

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ОДЕСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

**ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1-09**  
**«ВИЗНАЧЕННЯ МОМЕНТУ ІНЕРЦІЇ ТІЛ МЕТОДОМ**  
**КРУТИЛЬНИХ КОЛИВАНЬ»**

методичні вказівки для здобувачів спеціальності 123  
дистанційної форми навчання

Затверджено  
на засіданні кафедри фізики  
Протокол № 7 від 3.02.2022 р.

Одеса: ДУ «ОП», 2022

**ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1-09 «ВИЗНАЧЕННЯ МОМЕНТУ ІНЕРЦІЇ ТІЛ МЕТОДОМ КРУТИЛЬНИХ КОЛИВАНЬ»** методичні вказівки для здобувачів спеціальності 123 дистанційної форми навчання / Укл.: Олена Володимирівна Свірідова, Ольга Валентинівна Свірідова. – Одеса: ДУ «ОП», 2022. – 8 с.

Укл.: Олена. В. Свірідова, ст. викл.,

Ольга. В. Свірідова к.ф.-м.н., доц..

## **ЗМІСТ**

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1-09 .....	4
«ВИЗНАЧЕННЯ МОМЕНТУ ІНЕРЦІЇ ТІЛ МЕТОДОМ КРУТИЛЬНИХ КОЛИВАНЬ».....	4
Мета роботи .....	4
Теоретичні відомості.....	4
Порядок виконання роботи: .....	5
Таблиці даних: .....	7
Контрольні запитання: .....	8
Література: .....	8

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1-09 «ВИЗНАЧЕННЯ МОМЕНТУ ІНЕРЦІЇ ТІЛ МЕТОДОМ КРУТИЛЬНИХ КОЛИВАНЬ»

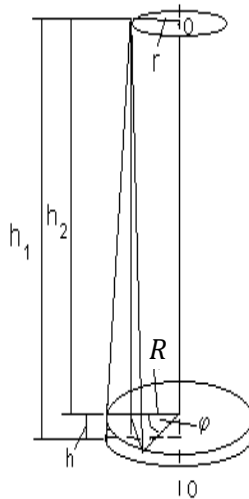
### Мета роботи

Метою роботи є експериментальне та теоретичне визначення моменту інерції циліндру, перевірка теореми Гюйгенса-Штейнера.

### Теоретичні відомості

На практиці момент інерції тіла можна визначити методом трифілярного підвіса, який є круглою платформою радіусом  $r$  та масою  $m$ , яка підвішена до нерухомого диску радіусом  $R$  на трьох симетрично розташованих нитках завдовжки  $l$  (див. малюнок).

Якщо повернути платформу навколо вертикальної осі  $OO$  на кут  $\varphi$ , то виникає момент



сил, обумовлений сумарною дією сили тяжіння та сили натягу нитки, що прагне повернути платформу до положення рівноваги. Платформа почне здійснювати крутильні коливання навколо осі  $OO$ . Центр ваги платформи при повороті від положення рівноваги піднімається на висоту  $h$ . Якщо знехтувати втратами на тертя, то повна механічна енергія системи не змінюється.

Це припущення дозволяє отримати формулу визначення моменту інерції системи:

$$I = \frac{mgRr}{4\pi^2l} T^2.$$

За цією формулою можна визначити момент інерції як самої платформи, так і тіла, покладеного на неї.

Обертальний імпульс, необхідний для початку крутильних коливань, надається платформі шляхом повороту верхнього диска навколо осі за допомогою натягу шнура.

Цим досягається майже повна відсутність інших, не крутильних, коливань, наявність яких ускладнює виміри.

Для зручності відліку коливань на платформі є мітка.

Нижче наведено фотографії установки для вимірювань у нашій лабораторії.



Параметри, необхідні для розрахунків: лабораторії.

$$\begin{aligned}
 m_{\text{диска}} &= (585 \pm 1) \cdot 10^{-3} \text{ кг} \\
 \gamma &= (28 \pm 0,1) \cdot 10^{-3} \text{ м} \\
 R &= (135 \pm 1) \cdot 10^{-3} \text{ м} \\
 l &= (1930 \pm 5) \cdot 10^{-3} \text{ м}
 \end{aligned}$$

Мета роботи полягає у визначенні моменту інерції тіла та експериментальній перевірці теореми Штейнера на основі дослідження залежності моменту інерції тіла від відстані до осі обертання.

#### Порядок виконання роботи:

1. Збудити крутильні коливання порожньої платформи та виміряти секундоміром час 20 повних коливань  $t$ . Час  $t$  вимірюють три рази. Знайти період коливань  $T = \frac{t}{20}$ . Знайти середнє значення періода коливань. Визначити момент інерції порожньої платформи  $I_0$  за формулою:

$$I_0 = \frac{mgRr}{4\pi^2l} T^2.$$

2. Поставити на платформу циліндр так, щоб центр циліндра збігався із центром платформи. Збудити крутильні коливання та виміряти секундоміром час 20 повних коливань  $t$ . Час  $t$  вимірюють три рази. Знайти період коливань  $T = \frac{t}{20}$ . Знайти середнє значення періода коливань. За наведеною нижче формулою визначити момент інерції системи платформа – циліндр:

$$I_1 = \frac{(m + m_1)gRr}{4\pi^2l} T^2$$

і по формулі  $I_2 = I_1 - I_0$  визначити момент інерції циліндра відносно осі, що проходить через центр мас.



### Перевірка теореми Штейнера

3. Для перевірки теореми Штейнера користуються двома однаковими циліндричними тілами відомої маси. Їх розміщують на платформі вздовж діаметра по обидва боки від осі коливань на відстані  $a$ . Відстань вимірюють лінійкою. Збуджують крутильні коливання і вимірюють секундоміром час  $t$  20 повних коливань. Час  $t$  вимірюють три рази. Знаходять період коливань для кожного виміру за формулою  $T = \frac{t}{20}$ . Знайти середнє значення періода коливань.

4. Користуючись формулою

$$I_3 = \frac{(m+2m_1)gRr}{4\pi^2l} T^2,$$

визначають момент інерції системи  $I_3$  щодо осі, що проходить через центр мас.

Позначимо момент інерції одного циліндра, встановленого на відстані  $a$  від осі обертання трифілярного підвісу, через  $I_4$ . Тому момент інерції системи відносно осі, що проходить через центр мас, можна виразити як  $I_3 = I_0 + 2I_4$ . Звідки маємо:  $I_4 = \frac{I_3 - I_0}{2}$ .

Згідно теореми Штейнера, момент інерції одного з циліндрів відносно осі, що проходить на відстані  $a$  від осі обертання:  $I_4 = I_2 + m_1 a^2$ .

5. Порівнюють отримані вирази для  $I_4$ . Знаходять відсоткову розбіжність між значеннями моменту інерції, розрахованими за теоремою Штейнера

$$(I_4)_{\text{Ш}} = I_2 + m_1 a^2$$

та знайденими експериментально

$$(I_4)_{\text{з}} = \frac{I_3 - I_0}{2},$$

за формулою  $\eta = \frac{|(I_4)_{\text{Ш}} - (I_4)_{\text{з}}|}{(I_4)_{\text{Ш}}} \cdot 100\%$ .

6. Записують висновки.

Таблиці даних:

**ВАРІАНТ 1**

Порожня платформа

№	1	2	3
$t, c$	82,6	82,9	82,1

На платформі один циліндр  $m_{ц} = 0,61\text{кг}$

№	1	2	3
$t, c$	59,2	59,9	59,7

На платформі два циліндри  $a = 0,09\text{м}$

№	1	2	3
$t, c$	78,4	78,7	78,3

**ВАРІАНТ 2**

Порожня платформа

№	1	2	3
$t, c$	87,78	86,48	87,38

На платформі один циліндр  $m_{ц} = 0,61\text{кг}$

№	1	2	3
$t, c$	62,46	63,50	62,50

На платформі два циліндри  $a = 0,062\text{м}$

№	1	2	3
$t, c$	70,86	70,72	71,50

**ВАРІАНТ 3**

Порожня платформа

№	1	2	3
$t, c$	89,6	88	88,4

На платформі один циліндр  $m_{ц} = 0,61\text{кг}$

№	1	2	3
$t, c$	61,6	61,4	62,0

На платформі два циліндри  $a = 0,12\text{м}$

№	1	2	3
$t, c$	93,4	92,6	92,4

**ВАРІАНТ 4**

Порожня платформа

№	1	2	3
$t, c$	61,2	61,8	61,4

На платформі один циліндр  $m_{ц} = 0,61\text{кг}$

№	1	2	3
$t, c$	62,2	63,4	63,0

На платформі два циліндри  $a = 0,13\text{м}$

№	1	2	3
$t, c$	92,8	94,0	93,6

### ВАРІАНТ 5

Порожня платформа

№	1	2	3
$t, c$	83,6	84,0	82,4

На платформі один циліндр  $m_{ц} = 0,422\text{кг}$

№	1	2	3
$t, c$	64,8	65,0	68,0

На платформі два циліндри  $a = 0,11\text{м}$

№	1	2	3
$t, c$	98,2	100,0	99,8

### ВАРІАНТ 6

Порожня платформа

№	1	2	3
$t, c$	82,6	82,2	82,4

На платформі один циліндр  $m_{ц} = 0,61\text{кг}$

№	1	2	3
$t, c$	59,4	58,8	58,6

На платформі два циліндри  $a = 0,14\text{м}$

№	1	2	3
$t, c$	79,4	79,8	78,8

#### Контрольні запитання:

1. Дайте визначення моменту інерції матеріальної точки.
2. Що називається моментом інерції тіла? Його одиниці вимірювання?
3. Запишіть основний закон динаміки при поступальному та обертальному рухах.
4. В чому полягає фізичний зміст моменту інерції?
5. Запишіть та поясніть рівняння теореми Гюйгенса-Штейнера

#### Література:

1. Козицький С.В. Поліщук Д.Д., Механіка. Підручник, т. 1; Курс загальної фізики у 6 т. – Одеса, Астропринт, 2011. – 472 с.
2. Бушок Г.Д. Курс фізики у 2-х книгах: кн.1 Фізичні основи механіки. Електрика і магнетизм. – К.: Либідь, 1997, 448 с.
3. Чолпан П.П. Основи фізики. К.: Вища школа, 1995, 488 с.
4. Свірідова О.В., Спіріхіна М.П., Сліозберг Т.М., Свірідова О.В., Фізика. Навчальний посібник. – О.: Наука і техніка, 2015. – 184 с.
5. Фізика. Курс лекцій. „Механіка”. Автор. М. П. Спіріхіна Одеса. 2015. – № 2676 – РС – 2015 60 с.