

Лабораторна робота № 3

ВИВЧЕННЯ ЗАКОНІВ ДИНАМІКИ ЗА ДОПОМОГОЮ МАЯТНИКА МАКСВЕЛЛА

Теорія методу та описання експериментальної установки

Маятник Максвелла (рис.3.1) являє собою масивне кільце (4), закріплене на диску (3), насадженому на циліндричний вал (2) так, що центр мас системи розміщується на осі вала. До кінців вала радіуса r прив'язані нитки (б), які другим кінцем прикріплені до кронштейна (7); довжину ниток можна змінювати за допомогою гвинта (8). Якщо намотувати нитки на вал, маятник піднімається і може утримуватись у початковому положенні електромагнітом, який вмикається в разі натиснення кнопки "Сеть", а вимикається в разі натиснення кнопки "Пуск". Якщо розмотувати нитки, маятник, падаючи вниз, одночасно обертається навколо своєї осі симетрії. Рух, за якого всі точки тіла переміщуються у паралельних площинах, називається *плоским рухом*.

Плоский рух можна описати двома способами: або як сукупність поступального руху тіла зі швидкістю центра мас та обертального руху навколо осі, що проходить через центр мас, або як тільки обертальний рух навколо миттєвої осі, положення якої безперервно змінюється.

У даній установці (рис.3.1) миттєва вісь обертання проходить через точку дотику ниток з валом на відстані r від осі симетрії. Момент сили відносно миттєвої осі обертання створюється тільки силою тяжіння (для сили натягу нитки плече дорівнює нулю), тому основне рівняння динаміки обертального руху у проекції на цю вісь можна записати у вигляді

$$I\beta = mgr, \quad (3.1)$$

де I - момент інерції маятника відносно миттєвої осі обертання; m - маса маятника.

Якщо виразити кутове прискорення β маятника через лінійне прискорення a центра мас і підставити значення β до формули (3.1), отримаємо:

$$a = mgr^2/I. \quad (3.2)$$

З отриманої формули випливає, що рух маятника Максвелла за відсутності сил тертя є рівноприскореним. Отже, прискорення цього руху може бути експериментально визначене при вимірах часу t , за який маятник проходить відстань h , згідно формули:

$$a = 2h / t^2. \quad (3.3)$$

Час руху маятника у даній роботі вимірюється електронним секундоміром, який приводиться у дію в разі розриву кнопкою "Пуск" кола живлення електромагніта, що утримує маятник у початковому положенні. Відлік часу припиняється в разі проходження диском маятника оптичної осі фотодатчика, закріпленого на кронштейні. Фотодатчик

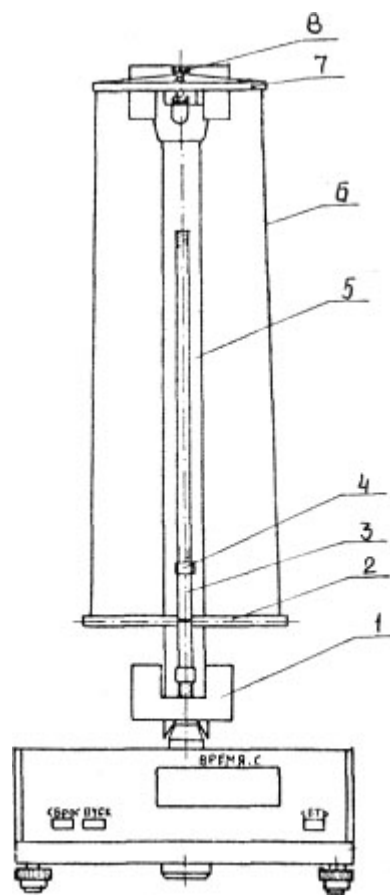


Рис. 3.1

можна переміщувати вздовж стояка (6) і фіксувати у будь-якому положенні. Відстань h , що пройдена маятником, визначається за шкалою, нанесеною на стояку експериментальної установки.

Завдання 1. Вивчення плоского руху маятника і визначення його моменту інерції.

З отриманих раніше виразів (3.2) та (3.3) випливає:

$$t^2 = \frac{2I}{mgr^2} h. \quad (3.4)$$

Це означає, що графік залежності $t^2 = f(h)$ повинен являти собою пряму лінію. За кутовим коефіцієнтом $K_\alpha = \frac{2I}{mgr^2}$ графіка можна визначити момент інерції I маятника

відносно миттєвої осі обертання, яка проходить через точку дотику нитками валу на відстані r від осі симетрії. Момент інерції I_o маятника відносно його осі симетрії можна визначити за знайденим значенням I , використовуючи теорему Штейнера:

$$I_o = I - mr^2. \quad (3.5)$$

Порядок виконання роботи

1. Перевірити правильність встановлення довжини ниток маятника, переконавшись у тому, що в найнижчому положенні нижній кінець маятника знаходиться на 2 мм нижче оптичної осі нижнього фотодатчика.

2. Натиснути кнопку "Сеть". При цьому засвічуються лампочки фотоелектричного датчика та шкала цифрової індикації часу, а також вмикається електромагніт.

3. Обертаючи маятник, намотати нитку виток до витка на вал, після чого зафіксувати його у верхньому положенні за допомогою електромагніта. Переконавшись у тому, що у верхньому положенні нижній кінець маятника знаходиться на рівні нульової поділки шкали.

4. Натиснути кнопку "Сброс". При цьому на шкалі цифрової індикації часу повинні з'явитися нульові покази.

5. Натиснути кнопку "Пуск" і виміряти час t падіння маятника до найнижчої точки. Висоту h , час t руху маятника, а також його масу m та радіус r вала занести до табл. 3.1. Дослід повторити 3 рази.

6. Змінюючи положення нижнього фотодатчика, повторити вимірювання за пп.3-5 для п'яти значень висоти падіння h . Після закінчення експерименту відключити установку тумблером "Сеть".

Обробка результатів вимірювань

1. Побудувати графік залежності $t^2 = f(h)$ і визначити кутовий коефіцієнт K_α .
2. Використовуючи знайдене значення K_α , визначити момент інерції маятника відносно миттєвої осі обертання:

$$I = K_\alpha \frac{mgr^2}{2}.$$

3. За формулою (3.5) визначити момент інерції маятника відносно його осі симетрії.
4. Оцінити похибку результатів вимірювання (за вказівкою викладача).

Таблиця 3.1

$m = , r =$				
Номер досліду	$h, м$	$t, с$	$\langle t \rangle, с$	$t^2, с^2$

Контрольні запитання

1. Сформулювати закон збереження механічної енергії. За яких умов цим законом можна користуватись?
2. Сформулювати і довести теорему Штейнера.
3. Дати визначення плоского руху. Як цей рух можна описати?
4. Розказати про призначення та конструкцію маятника Максвелла.
5. Як теоретично підрахувати момент інерції маятника Максвелла відносно осі симетрії? Які параметри установки для цього потрібно знати?
6. Вивести формулу для визначення прискорення руху маятника.
7. Як експериментально визначити момент інерції маятника Максвелла?
8. Як за допомогою маятника Максвелла можна експериментально перевірити закон збереження механічної енергії?