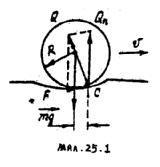
# Лабораторна робота М–25

Визначення коефіцієнта тертя з допомогою похилого маятника

Мета роботи: вивчення способу визначення коефіцієнта тертя та періоду коливань похилого маятника

При переміщенні одного тіла по поверхні іншого виникають сили тертя (зовнішнє тертя). Вони обумовлені в основному атомною та молекулярною взаємодією тіл, які дотикаються. Тертя супроводжується втратами енергії – переходом механічної енергії в інші види (теплову, енергію звукових коливань, електричну та ін.). При перекочуванні циліндра або кулі по поверхні твердого тіла виникає тертя кочення, або тертя II роду. Втрати енергії при коченні, як правило, значно менше, ніж при ковзанні, але в механізмах прецизійних приладів (гіроскопах, вимірювальних пристроях), де розвивається досить мала потужність, доля втрати енергії в підшипниках може виявитись значною.

Походження тертя кочення можна наочно представити собі так. Коли куля або циліндр котиться по поверхні іншого тіла, вона трохи вдавлюється в поверхню, а сама трохи стискується (пружні та пластичні деформації). Таким чином, тіло, яке котиться, весь час ніби вкочується на гірку (рис. 25.1). Разом з тим відбувається відрив ділянок однієї поверхні від іншої, а сили зчеплення між поверхнями перешкоджають цьому (адгезія). Ці явища і викликають тертя кочення. Чим більш тверді поверхні, тим менше тертя кочення. Величина сили тертя кочення залежить від геометричної форми тіл, що котяться, навантаження, якості обробки поверхонь, твердості тіл, які дотикаються (полірування, загартовування поверхонь і т.д.). Знання коефіцієнта тертя кочення необхідно для визначення впливу геометричної форми тіл, що котяться, якості обробки поверхонь кочення, а також твердості тіл, які дотикаються, на втрати енергії на тертя.

При вдавлюванні тіла, яке котиться, в поверхню, по якій він котиться, лінія дії реакції опори  не співпадає з лінією дії сили нормального тиску . Це неспівпадіння викликає момент сили, який чинить опір кочення; він пропорційний навантаженню, отже

де – коефіцієнт тертя кочення, його називають також “плечем тертя” (див. мал. 25.1), він має розмірність довжини. На малюнку С – точка дотику поверхонь. В першому наближенні (при рівномірному русі) можна вважати

тоді

де – радіус тіла, що котиться.

В даній роботі коефіцієнт тертя кочення кулі по поверхні визначається методом похилого маятника. Маятник представляє собою металічну кульку, яка підвішена на нитці та котиться по похилій площині. Затухання коливань маятника обумовлено головним чином тертям кочення.

Якщо при коливанні похилого маятника знехтувати втратами енергії на подолання опору повітря, тертям в підвісі, деформацією закручення нитки, розсіянням енергії, то можна вважати, що потенційна енергія піднятого маятника масою m при коливаннях переходить в роботу по подоланню сил тертя кочення. Тоді закон збереження енергії набуде вигляду

де – втрата висоти центром ваги маятника; – загальна довжина шляху, пройдена шаром за n циклів коливань.

Враховуючи співвідношення (25.1) та зв‘язок з (рис. 25.2), отримаємо

,

де l – довжина маятника;

Δl=OE-OD;

β – кут нахилу маятника;

Δh=Δlsinβ;

N=mgcosβ.

Після математичних перетворень отримаємо вираз для розрахунку коефіцієнта тертя кочення

, (25.2)

де D – діаметр кульки;

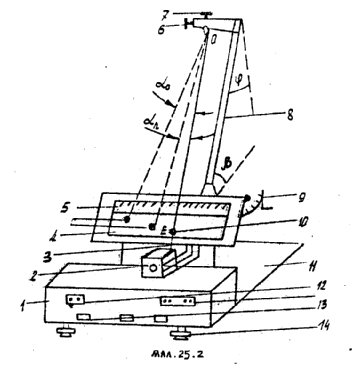
α0 – амплітудне значення кута відхилення маятника в початковий момент;

αn – амплітуда відхилення через n коливань;

α0 та αn – кути, виражені в радіанах.

Формула (25.2) справедлива при невеликих кутах відхилення αn.

## Опис приладу

Похилий маятник FPM-07, що застосовується в даній роботі, представле­ний на мал. 25.2.

На основі 11 поміщені мілісекундомір 1, колонка 8, фотоелектричний датчик 2, шкали 5 та 9 для підрахунку кутів відхилення α0 та αn кульки 10 від положення рівноваги та кутів β – нахилу колонки. У верхній частині колонки закріплена нитка маятника з кулькою на кінці. Довжину маятника можна змінювати гвинтом 6, відтиснувши попередньо стопорний гвинт 7. Шарик котиться по похилій пластині 4. Є набір пластин з різного матеріалу.

При коченні шарика в момент перетину воротком 3 світлового променю датчика спрацьовує мілісекундомір та на індикаторах 12 ведеться підрахунок числа періодів n та часу кочення t. За цими даними можна додатково визначити період коливань маятника. Клавіші 13 – СЕТЬ, СТОП та СБРОС. Перша вмикає та вимикає напругу живлення, друга – закінчення процесів підрахунку, третя викликає обнулення схеми мілісекундоміра та готовність його реагувати на новий сигнал датчика.

## Методика виконання роботи

1. Установити в пазику досліджуваний плоский зразок 4 (якщо він не встановлений попередньо).
2. Установити обрану або задану викладачем довжину маятника, прослідкувавши, щоб вороток 3 при коченні шарика перетинав світловий промінь датчика та не зачіпав датчик.
3. Поставити опорними гвинтами 14 маятник в таке положення, щоб його нитка опинилась навпроти нульової поділки шкали 5.
4. Встановити заданий нахил маятника (ϕ≈30-700) з допомогою маховика на шкалі 9, попередньо відтиснувши стопорний гвинт на маховику. Занести значення кута β=90-ϕ в таблицю. Заміряти штангенциркулем діаметр шарика (три-п‘ять разів).
5. Ввімкнути шнур в мережу живлення. Натиснути клавішу СЕТЬ та перевірити, чи усі індикатори 12 вимірювачів висвічують нулі, а також чи засвітилась лампочка фотоелектричного датчика. Приладу в прогрів не потрібен.
6. Відхилити шарик від положення рівноваги на кут α0≤100 за шкалою 5. Записати α0 в таблицю та без поштовху відпустити маятник, одночасно натиснувши клавішу СБРОС. З цього моменту починається підрахунок n та t. Після того як маятник здійснить n повних коливань, відмітити кут αn, натиснувши перед цим СТОП на секундомір і в момент висвітлення (n-1) коливань.
7. Результати досліду занести в таблицю. Дослід повторити три-п‘ять разів при D=…мм. СБРОС секундоміра робити після того, як шарик відведено знову на кут α0, секундомір готовий реагувати на новий сигнал датчика.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| αn0,град | t,с | αn0,град | t,с | αn0,град | t,с |
| n=10 | | n=8 | | n=5 | |
|  |  |  |  |  |  |

## Контрольні питання

1. Записати робочу формулу для розрахунку коефіцієнта тертя кочення k та пояснити зміст величин, що в неї входять.
2. Які закони фізики використовуються при виводі робочої формули для коефіцієнта тертя кочення?
3. Як залежить коефіцієнт тертя кочення від довжини маятника?
4. При якій умові виникає момент пари сил при коченні?
5. Від чого залежить коефіцієнт тертя кочення?
6. Куди направлена сила тертя кочення?
7. В яких одиницях СІ вимірюються (α0-αn), коефіцієнт тертя кочення?
8. Який зв‘язок між вимірюваннями кута в градусах та радіанах?

## Література

1. Ахматов А.С. Молекулярная физика граничного трения.—М.:Наука, 1963.
2. Лабораторний практикум по физике. /Под ред. А.С.Ахматова.—М.:Наука, 1980.
3. Левинсон Л.Е. Техническая механика.—М.:Наука, 1963.
4. Яворский Б.М., Детлаф А.А. Курс физики. т.I.—М.:Наука, 1963.—§5.5.