

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2

Вимірювання прискорення вільного падіння за допомогою математичного маятника.

Мета роботи виміряти прискорення вільного падіння тіла за допомогою математичного маятника та похибку його значення, пояснити причини розбіжності одержаного результату з середнім значенням прискорення вільного падіння.

Обладнання: віртуальний стенд «Математичний маятник».

Теоретичні відомості.

Прискоренням вільного падіння називають прискорення, з яким тіло рухається до Землі, коли на нього діє тільки сила земного тяжіння.

Прискорення, з яким тіла падають на Землю, зумовлене силою їх притягання до неї. Притягання фізичних тіл одне до одного є загальною властивістю матерії й існує як між макроскопічними тілами (зірками, планетами), так і між мікроскопічними тілами (атоми, молекули). Узагальнюючи відомі експериментальні факти, Ньютон сформулював закон всесвітнього тяжіння.

Дві матеріальні точки притягуються одна до другої із силою F , прямо пропорційною їх масам m_1 і m_2 і обернено пропорційною квадрату відстані R між ними:

$$F = G \frac{Mm}{R^2} \quad (1), \text{ де } G \text{ – гравітаційна стала, що дорівнює } 6,67 \times 10^{-11} \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{кг}^2}.$$

Гравітаційна стала чисельно дорівнює силі взаємодії двох матеріальних точок з масами 1 кг, що знаходяться одна від одної на відстані 1 м.

Формула (1) справедлива і для реальних тіл, що мають сферичну форму. У цьому випадку r – відстань між центрами сфер.

Гравітаційна взаємодія Землі з будь-яким тілом, що знаходиться біля її поверхні, проявляється в притягуванні його Землею. Якщо тіло знаходиться на висоті (h) від поверхні Землі, то на нього діє сила тяжіння $F = G \frac{Mm}{(R+h)^2}$ (2), де R – радіус Землі, приблизно рівний 6400 км; M – маса Землі; m – маса тіла.

Якщо $h \ll R$, то h можна знехтувати і формула (2) приймає вигляд: $F = G \frac{Mm}{R^2}$. (3)

Цю ж силу можна виразити і через прискорення a , з яким тіло падає на Землю: $F = ma$; звідси слідує, що $a = G \frac{M}{R^2}$. (4)

Оскільки G , M , R – сталі, то і прискорення, з яким тіла падають на Землю у вакуумі, є сталою величиною. Його позначають буквою g , а чисельно воно приблизно дорівнює $9,8 \text{ м/с}^2$

Взагалі значення g залежить від висоти h над рівнем моря і географічної широти. Остання залежність зумовлена тією обставиною, що Земля являє собою "приплюснутий" з полюсів шар, що обертається. Внаслідок добового обертання Землі з кутовою швидкістю ω навколо власної осі, що проходить через її полюси, виникає відцентрова сила інерції, яка зменшує величину прискорення вільного падіння g .

Неідеальна кулеподібність Землі та її добове обертання зумовлює те, що величина g в різних місцях Землі змінюється від $9,8 \text{ м/с}^2$ на полюсах, до $9,78 \text{ м/с}^2$ на екваторі.

Періодом коливань називають час T , за який відбувається одне повне коливання.

Період T при малих відхиленнях маятника залежить від довжини маятника l : $T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$.

Звідси: $g = \frac{4\pi^2 l}{T^2}$ (5). Таким чином, якщо відомі значення l і T , то користуючись формулою (6), можна знайти чисельне значення прискорення вільного падіння тіл g .

Порядок виконання роботи.

1. Запустіть віртуальний стенд.



2. Установіть довільну довжину нитки маятника L в інтервалі $[1; 1,5]$ м.

3. За допомогою кнопки «Пуск» запустіть коливання маятника.

4. За допомогою електронного секундоміра на екрані виміряйте інтервал часу, за який маятник здійснює 20 коливань.

5. Повторіть дослід ще тричі, останнього разу (дослід 4) зменшивши довжину маятника вдвічі

6. За даними дослідів 1–3 визначте:

1) середній час 20 коливань: $t_{\text{сер}} = (t_1 + t_2 + t_3) / 3$;

2) період коливань маятника: $T = t_{\text{сер}} / N$;

3) прискорення вільного падіння: $g_{\text{вим}} = \frac{4\pi^2 l}{T^2}$

4) Оцініть відносну похибку експерименту, порівнявши значення прискорення вільного падіння, отриманого в ході експерименту ($g_{\text{вим}}$), із табличним ($g_{\text{табл}} \approx 9,8 \text{ м/с}^2$): $\varepsilon_g = \left| 1 - \frac{g_{\text{вим}}}{g_{\text{табл}}} \right| \cdot 100\%$

7. Для досліду 4 обчисліть період коливань маятника у два способи:

1) скориставшись означенням періоду: $T = \frac{t}{N}$;

2) скориставшись формулою Гюйгенса: $T' = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$; вважайте, що $g = 9,8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$.

3) Оцініть відносну похибку експерименту: $\varepsilon_T = \left| 1 - \frac{T}{T'} \right| \cdot 100\%$

Номер досліду	Довжина нитки l , м	Кількість Коливань N	Час коливань		Період коливань T , с	Похибка, ε , %
			t , с	$t_{\text{сер}}$, с		
1						
2						
3						
4						

11. Сформулюйте висновок, у якому зазначте 1) які досліди ви проводили; 2) які співвідношення були підтверджені; 3) які чинники вплинули на точність результатів експерименту.

Висновок:

Контрольні питання.

1. Запишіть закон всесвітнього тяжіння. _____

2. Чому рівна сила взаємодії Землі з тілами, що знаходяться поблизу її поверхні.

3. Який фізичний зміст гравітаційної сталої?
