

Лабораторна робота № 1.2

Вивчення законів динаміки поступального руху на приладі Атвуда

Прилади: 1) прилад Атвуда (при ньому набір основних і додаткових вантажів).

Мета роботи: вивчити закони кінематики й динаміки поступального руху, визначити на досліді прискорення вільного падіння.

Ідея досліду

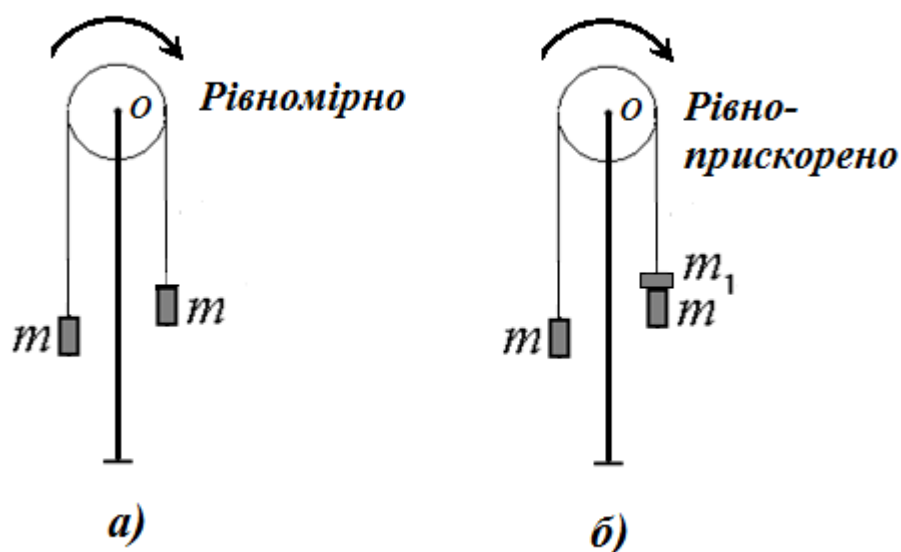


Рис. 1.

Ідея досліду видна з двох рисунків. Якщо маси m вантажів однакові, (рис.1, а), то система знаходиться в рівновазі - в спокої або рівномірному русі за рахунок зовнішнього поштовху (силами тертя нехтуємо).

Якщо ж на один з вантажів помістити додатковий тягарець m_1 (рис.1, б), обидва вантажі починають рухатися з прискоренням під дією сили тяжіння.

Через деякий час додатковий тягарець знімається на ходу, в результаті чого решту шляху обидва вантажі рухаються рівномірно за інерцією.

Задаючи відстані, що пройдені вантажами, і вимірюючи відповідні часи руху, виконують дослідження.

Теоретична частина.

Нехай через легкий блок перекинута невагома нерозтяжна нитка, на кінцях якої висять вантажі масами m і $m + m_1$ (рис. 2).

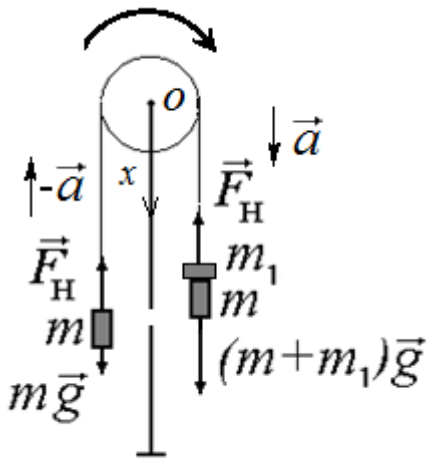


Рис. 2.

Згідно з *другим законом Ньютона* добуток маси тіла (тіло розглядається як матеріальна точка) на його прискорення дорівнює векторній сумі сил, що діють на нього

$$ma = \Sigma F_i. \quad (1)$$

Запишемо рівняння руху (1) для кожного вантажу, підсумовуючи відповідні сили.

Лівий вантаж масою m набуває прискорення a , спрямоване вертикально вгору, під дією двох сил: сили натягу нитки F_H (спрямована вгору) і сили тяжіння mg (спрямована вниз):

$$ma = mg + F_H. \quad (2)$$

На правий вантаж масою $m + m_1$ діють, відповідно, сила тяжіння $(m + m_1)g$ і сила натягу нитки F_H , під дією яких правий вантаж набуває прискорення a , яке спрямоване вертикально вниз:

$$(m + m_1)a = (m + m_1)g + F_H, \quad (3)$$

Внаслідок нерозтяжності нитки прискорення обох тіл є однаковими за модулем.

За *третьім законом Ньютона* при взаємодії двох тіл одне з них діє на інше з такою ж силою, як друге - на перше, але протилежно спрямованою.

Невагомий блок і невагома нитка не змінюють величини цих сил взаємодії, а тільки змінюють їх *напрямок*. Тому обидві сили натягу є однаковими за модулем $F_{H1} = F_{H2} = F_H$ і стають спрямованими вгору (рис. 3).

Виберемо довільно напрям осі Ox , наприклад, вертикально вниз (рис. 2) і запишемо рівняння (2) и (3) в проекціях на цю вісь:

$$\begin{cases} -ma = mg - F_H, \\ (m + m_1)a = (m + m_1)g - F_H, \end{cases} \quad (4)$$

Сумісне розв'язання цих рівнянь дозволяє визначити величину прискорення вільного падіння

$$g = \frac{2m + m_1}{m_1} a. \quad (5)$$

Якщо визначити на досліді прискорення тіл a , то цим можна визначити і прискорення вільного падіння g .

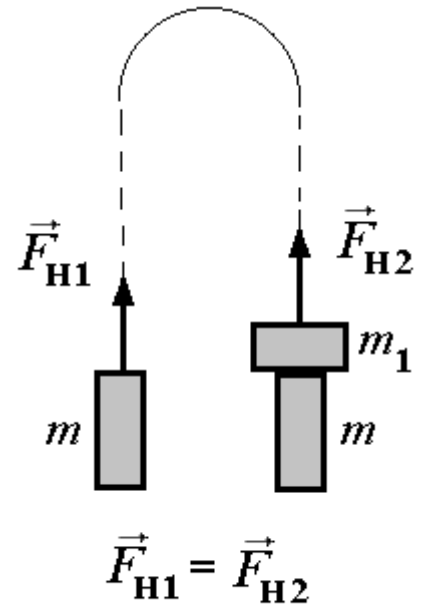


Рис. 3.

Опис приладу та методу вимірювання g

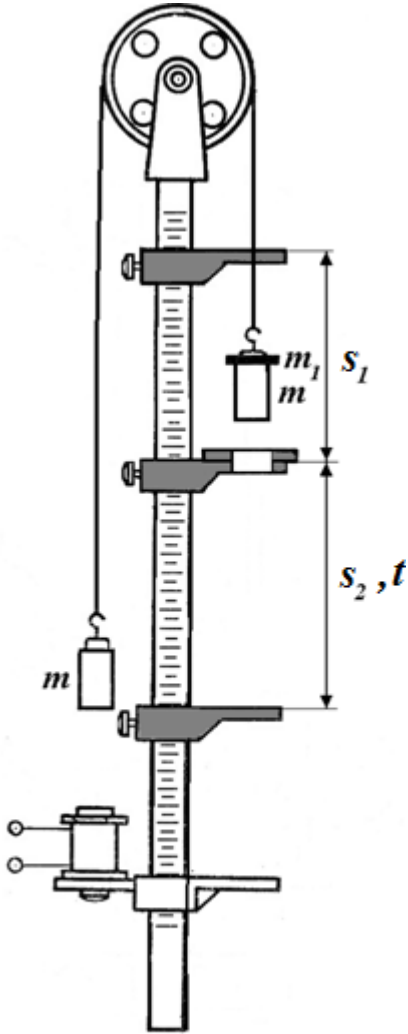


Рис. 4.

Прилад Атвуда показаний на рис. 4. На вертикальній стійці нанесена шкала. На верхньому кінці стійки укріплений легкий блок, що обертається з малим тертям навколо горизонтальної осі. Через блок перекинута тонка нитка із прикріпленими до її кінців вантажами однакової маси m .

Прилад Атвуда дає можливість отримувати рівномірний і рівноприскорений рух вантажів.

Уздовж стійки можуть переміщатися три кронштейни. Верхній кронштейн служить для установки стартового положення правого вантажу.

В середньому кронштейні є отвір, через який правий вантаж вільно проходить, а додатковий тягарець при цьому знімається на ходу. Оскільки маси вантажів після цього зрівнюються, подальший їх рух відбувається без прискорення, тобто з постійною швидкістю.

Нижній кронштейн відмічає кінець шляху правого вантажу.

Пересуваючи кронштейни, можна задавати відстані:

- s_1 , на якій вантажі рухаються рівноприскорено;
- s_2 , на якій вантажі рухаються рівномірно.

При русі правого вантажу донизу за допомогою електронного секундоміра, який вмикається і вимикається автоматично фотоелектричними датчиками, можна виміряти проміжок часу t , протягом якого вантажі проходять відстань s_2 , рухаючись рівномірно.

Якщо додатковий тягарець під час руху зняти (це досягається за допомогою середнього кільцевого кронштейна), то подальший рух вантажів буде відбуватися з постійною швидкістю v , яка дорівнює швидкості в момент зняття додаткового тягарця. А вона дорівнює кінцевій швидкості, придбаній вантажами під час рівноприскореного руху на шляху s_1 . Для рівноприскореного руху без початкової швидкості

$$v^2 = 2as_1. \quad (6)$$

Далі на ділянці s_2 рух є рівномірним, тому модуль швидкості дорівнює шляху, поділеному на час,

$$v = \frac{s_2}{t}. \quad (7)$$

З рівнянь (5) - (7) можна виразити прискорення вільного падіння

$$g = \frac{(2m + m_1)s_2^2}{2m_1t^2s_1}. \quad (8)$$

Ця формула є робочою. Всі величини позначені на рис. 4.

Вимірювання

1. Перевести правий вантаж у верхнє положення, сумістити його нижню основу з рискою на верхньому кронштейні, зафіксувати його електромагнітним гальмом, натиснувши кнопку "СКИД".

2. Покласти на правий вантаж один з додаткових тягарців m_1 .

3. Середній кронштейн установити на деякій відстані s_1 від верхнього й s_2 від нижнього кронштейнів. Виміряти й записати відстані s_1 й s_2 .

4. Натиснути кнопку «ПУСК» і з електронного секундоміра визначити час t руху вантажів на шляху s_2 .

5. Повернути систему в початковий стан. Для цього натиснути клавішу "СКИД", перемістити правий вантаж в верхнє положення і відтиснути кнопку «ПУСК».

6. Змінюючи додаткові тягарці, повторити дослід 3 рази з кожним з них.

7. Обчислити за формулою (8) прискорення вільного падіння g . Дані вимірювань занести в таблицю. Відповідь записати у вигляді

$$g = (\langle g \rangle \pm \Delta g) \text{ м/с}^2 \quad \text{при } \alpha = \dots$$

Відповідь:	$E, \%$						
	$\Delta g, \text{ м/с}^2$						
	$t_{a,n}$						
	$S_{\langle g \rangle}, \text{ м/с}^2$						
	$\Delta g_i, \text{ м/с}^2$						
	$\langle g \rangle, \text{ м/с}^2$						
	$g_i, \text{ м/с}^2$						
	$t, \text{ с}$						
	$s_2, \text{ м}$						
	$s_1, \text{ м}$						
	$m_1, \text{ кг}$						
	$N_{\text{п/п}}$	1.	2.	3.	4.	5.	6.

Контрольні запитання

1. Наведіть формули шляху при рівномірному і рівноприскореному русі.
2. Сформулюйте другий закон Ньютона.
3. Чому на ділянці S_1 вантаж рухається рівноприскорено, а на ділянці S_2 - рівномірно?
4. Якими припущеннями, що спрощують, користуються в даній роботі під час виведення формули прискорення вільного падіння? Чому за цих припущень сили натягу ниток з обох боків блоку є рівними?
5. Чи будуть рівними сили натягу ниток з обох боків блоку, якщо масою блоку не можна нехтувати? Чому?
6. Як зміниться прискорення вантажів, якщо нитку вважати вагомою?

Література

1. І. М. Кучерук та ін. Загальний курс фізики. Т.1. К. 1999.
2. І.П.Гаркуша, В.П.Курінний. Фізика. Навч. посібник у 7 частинах. Ч.1 Механіка. Д. НГУ. 2011.
3. В. М. Барановський, П. В. Бережний, І. Т. Горбачук та ін. Загальна фізика: Лабораторний практикум.: Навч. посібник. За заг. ред. І. Т. Горбачука. – К. Вища школа., 1992 – 509с.