

Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет
Факультет інтелектуальних інформаційних технологій та автоматизації
Кафедра системного аналізу та інформаційних технологій

Звіт
Про виконання лабораторної роботи № 1-1
З дисципліни «Фізика»
Тема: «Дослідження прямолінійного лінійного руху тіл у полі тяжіння за допомогою машини Атвуда»

Виконав:
студент групи СА-226
Дудар А.М.
Перевірів: доц.
Книш Б.П.

Вінниця 2023

Мета роботи: дослідити закони руху тіл в полі земного тяжіння.

Прилади і матеріали: машина Атвуда, набір важків, додаткові тягарці, електронний секундомір

Машина Атвуда призначена для вивчення законів прямолінійного рівномірного та рівномірно прискореного рухів і, зокрема, для визначення прискорення вільного падіння тіл.

Будова машини Атвуда зображена на рис.1. Принцип її дії ґрунтується на використанні законів вільного падіння тіл в повітрі. Через нерухомий блок, при обертанні якого силою тертя в осі можна знехтувати, перекинута нитка з двома однаковими вантажами масою M кожний. В цьому випадку система знаходиться в рівновазі. Якщо на один з вантажів покласти невеликий додатковий тягарець масою m , то система, що складається з двох вантажів і тягарця, одержить деяке прискорення a під дією сили $F = mg$ і на шляху S_1 , буде рухатись з цим прискоренням.

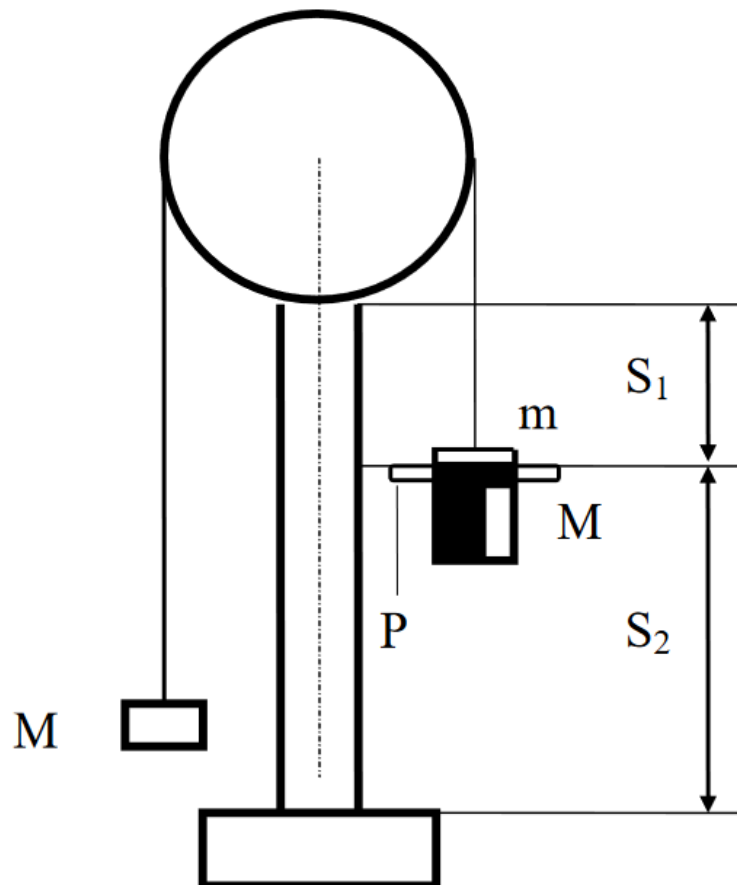


Рис. 1

Кільцем P дія додаткового тягарця m припиняється і вантажі, рухаючись рівномірно, пройдуть шлях S_2 .

Знайдемо закон руху вантажу M , розташованого праворуч. Для цього скористаємося системою координат, початок якої знаходиться на осі блока, а вісь ox напрямлена вертикально вниз. На вантаж M діють дві сили : сила

тяжіння $(M+m)g$ та сила натягу правої частини нитки T_1 . Запишемо другий закон Ньютона:

$$(M + m)g - T_1 = (M - m)a \quad (1)$$

де a – прискорення вантажу M .

Тепер застосуємо другий закон Ньютона до вантажу M , що розташований ліворуч. Так як нитка нерозтяжна, прискорення лівого вантажу за абсолютним значенням рівне прискоренню правого, але направлене в протилежний бік, тобто воно рівне $-a$. Натяг лівого кінця нитки позначимо через T_2 , тоді :

$$Mg - T_2 = -Ma \quad (2)$$

У випадку невагомego блока і відсутності сили тертя в його осі:

$$T_1 = T_2 \quad (3)$$

З рівнянь (1), (2) та (3) знайдемо прискорення системи:

$$a = \frac{mg}{2M + m} \quad (4)$$

Таким чином, вважаючи g відомим та проводячи досліди з різними вантажами M і додатковими тягарцями m , за формулою (4) можна вирахувати прискорення a і здійснити експериментальну перевірку другого закону Ньютона.

Машина Атвуда дає можливість також визначити прискорення вільного падіння g , що й складає основне завдання даної роботи. Для цього з формули (4) знайдемо g :

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

Прискорення a безпосередньо виміряти неможливо, але його легко вирахувати, вимірявши шлях S_1 , пройдений вантажем M при рівномірно прискореному русі, а також шлях S_2 рівномірного руху та час t його проходження.

Для рівномірно прискореного руху, при умові, що початкова швидкість V_0 рівна нулеві, пройдений шлях можна знайти, маючи кінцеву швидкість та прискорення:

$$S_1 = \frac{V^2}{2a} \quad (6)$$

Кінцева швидкість V набувається вантажем M в момент проходження

кільця Р, яке припиняє дію додаткового тягарця. Далі з цією швидкістю вантаж рухається рівномірно і за час t проходить шлях S_2 . Тому:

$$V = \frac{S_2}{t} \quad (7)$$

З формул (6) і (7) знаходимо прискорення a , підставляючи його значення в вираз (5), остаточно одержуємо:

$$g = \frac{2M + m}{m} * \frac{S_2^2}{2S_1 t^2} \quad (8)$$

де M – маса великого вантажу;

M – маса додаткового тягарця;

S_1 – шлях, що проходить вантаж $(M+m)$ при рівномірно прискореному русі;

S_2 – шлях, пройдений вантажем M при рівномірному русі;

T – час проходження шляху S_2 .

Порядок виконання роботи

1. Підготувати прилад до вимірювань, для чого необхідно :
 - з допомогою регулюючих ніжок встановити колонку приладу строго вертикально;
 - змістити правий вантаж у верхнє положення, покласти на нього додатковий тягарець та впевнитись, що система знаходиться в стані спокою;
 - натиснути клавішу “ПУСК” і переконатись, чи прийшла система в рух, чи був затриманий на середньому кронштейні додатковий тягарець, чи виміряв мілісекундомір час проходження правим вантажем шляху S_2 та чи була система загальмована в кінці цього шляху;
 - звільнити клавішу “СБРОС” та перевірити чи відбулось обнуління показів вимірювача і звільнення електромагнітного блокування ролика;
 - змістити правий вантаж у верхнє положення і звільнити клавішу “ПУСК”, а також перевірити виникнення повторного блокування ролика
2. На правий вантаж встановити один з додаткових тягарців.
3. Сумістити нижню грань правого вантажу з рисою, що нанесена на верхньому кронштейні.
4. Виміряти з допомогою шкали колонки шляхи рівномірноприскореного руху S_1 та рівномірного руху S_2 .
5. Натиснути клавішу “ПУСК”.
6. Записати значення часу t
7. Вимірювання повторити не менше 5 разів.

8. Дані всіх вимірювань занести в таблицю:

№ дослід	M, кг	m, кг	S ₁ , м	S ₂ , м	t, с	g, м/с ²	Δg, м/с ²	ε, %

Обробка результатів експерименту та їх аналіз

1. Визначити середнє значення часу руху вантажу на шляху S₂ за формулою:

$$t = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i$$

де n – кількість виконаних вимірювань;

t_i – час i-того вимірювання.

2. За допомогою формули (8) вирахувати значення прискорення вільного падіння тіл.

3. Визначити абсолютну та відносну похибки вимірювань.

Контрольні запитання

1. Механічний рух як найпростіша форма руху матерії. Відносність руху.

Види руху.

2. Кінематика матеріальної точки: траєкторія, шлях, переміщення, швидкість, прискорення. Поступальний рух твердого тіла.

3. Проаналізуйте можливі джерела та причини похибок при визначенні g.

$$g_1 = \frac{M + m_1}{m_1} * \frac{S_2^2}{2S_1 t^2} = 9,735$$

$$g_2 = \frac{M + m_2}{m_2} * \frac{S_2^2}{2S_1 t^2} = 9,873$$

$$g_3 = \frac{M + m_3}{m_3} * \frac{S_2^2}{2S_1 t^2} = 9,827$$

$$g_4 = \frac{M + m_4}{m_4} * \frac{S_2^2}{2S_1 t^2} = 9,690$$

$$g_5 = \frac{M + m_5}{m_5} * \frac{S_2^2}{2S_1 t^2} = 9,468$$

$$g_6 = \frac{M + m_6}{m_6} * \frac{S_2^2}{2S_1 t^2} = 9,896$$

$$g_7 = \frac{M + m_7}{m_7} * \frac{S_2^2}{2S_1 t^2} = 10,077$$

$$g_8 = \frac{M + m_8}{m_8} * \frac{S_2^2}{2S_1 t^2} = 9,956$$

$$g_9 = \frac{M + m_9}{m_9} * \frac{S_2^2}{2S_1 t^2} = 9,605$$

$$g_{10} = \frac{M + m_{10}}{m_{10}} * \frac{S_2^2}{2S_1 t^2} = 9,956$$

$$g_c^{1-5} = \frac{9,735 + 9,873 + 9,827 + 9,690 + 9,468}{5} = 9,719$$

$$g_c^{6-10} = \frac{9,735 + 9,873 + 9,827 + 9,690 + 9,468}{5} = 9,898$$

$$\Delta g_1 = |9,735 - 9,719| = 0,017$$

$$\Delta g_2 = |9,873 - 9,719| = 0,154$$

$$\Delta g_3 = |9,827 - 9,719| = 0,108$$

$$\Delta g_4 = |9,690 - 9,719| = 0,029$$

$$\Delta g_5 = |9,468 - 9,719| = 0,250$$

$$\Delta g_6 = |9,896 - 9,898| = 0,002$$

$$\Delta g_7 = |10,077 - 9,898| = 0,179$$

$$\Delta g_8 = |9,956 - 9,898| = 0,058$$

$$\Delta g_9 = |9,605 - 9,898| = 0,293$$

$$\Delta g_{10} = |9,956 - 9,898| = 0,058$$

$$\Delta g_c^{1-5} = \frac{0,017 + 0,154 + 0,108 + 0,029 + 0,250}{5} = 0,112$$

$$\Delta g_c^{6-10} = \frac{0,002 + 0,179 + 0,058 + 0,293 + 0,058}{5} = 0,118$$

$$\varepsilon_{1-5} = \frac{0,112}{9,719} * 100\% = 1,147\%$$

$$\varepsilon_{6-10} = \frac{0,118}{9,898} * 100\% = 1,193\%$$

№ Дослід	M, кг	m, кг	S ₁ , м	S ₂ , м	t, с	g, м/с ²	Δg, м/с ²	ε, %
1	0,0628	0,012	0,2	0,25	0,429	9,735	0,017	1,147
2	0,0628	0,012	0,2	0,25	0,426	9,873	0,154	1,147
3	0,0628	0,012	0,2	0,25	0,427	9,827	0,108	1,147
4	0,0628	0,012	0,2	0,25	0,43	9,690	0,029	1,147
5	0,0628	0,012	0,2	0,25	0,435	9,468	0,250	1,147
6	0,0628	0,021	0,2	0,25	0,332	9,896	0,002	1,193
7	0,0628	0,021	0,2	0,25	0,329	10,077	0,179	1,193
8	0,0628	0,021	0,2	0,25	0,331	9,956	0,058	1,193
9	0,0628	0,021	0,2	0,25	0,337	9,605	0,293	1,193
10	0,0628	0,021	0,2	0,25	0,331	9,956	0,058	1,193

t	0,381
g _c ¹⁻⁵	9,719
g _c ⁶⁻¹⁰	9,898

Δg _c ¹⁻⁵	0,112
Δg _c ⁶⁻¹⁰	0,118

Висновок

Завдяки цій лабораторній роботі ми дізналися як дослідити закони руху тіл в полі земного тяжіння, використовуючи машину Атвуда