



# Лабораторна робота №1

**Бекешева Анастасія ФІ-12**

22.02.2022

# Contents

<b>1</b>	<b>Заголовок</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Визначення законів руху для тягарців</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>Опис експериментальної роботи</b>	<b>3</b>
<b>4</b>	<b>Хід роботи</b>	<b>3</b>
4.1	Хід експерименту. . . . .	3
4.2	Хід обчислювань. . . . .	3
4.3	Етапи обробки результатів експерименту . . . . .	4
<b>5</b>	<b>Експериментальні дані</b>	<b>5</b>
<b>6</b>	<b>Обробка результатів експерименту</b>	<b>9</b>
<b>7</b>	<b>Графік</b>	<b>9</b>

# 1 Заголовок

## 1. Назва роботи:

Вивчення прямолінійного руху тіл у полі тяжіння за допомогою машини Атвуда

## 2. Мета роботи:

Визначити прискорення вільного падіння в полі тяжіння Землі за допомогою машини Атвуда.

## 3. Теоретична довідка:

Машину Атвуда було створено для вивчення закону руху тіл у полі сили тяжіння. Прискорення земного тяжіння занадто велике, тому вивчати його краще на дуже високому приладі, або за допомогою точних годинників. Але машина Атвуда дозволяє сповільнити рух тіл до зручних для вимірювання швидкостей, щоб за допомогою звичайних приладів визначити прискорення вільного падіння.

Сила тяжіння - сила яка діє на будь-яке тіло, що знаходиться поблизу поверхні Землі або іншого астрономічного тіла. Вона надає всім тілам будь-якої маси однакового прискорення. Рівномірний прямолінійний рух - рух, під час якого тіло за будь-які однакові проміжки часу здійснює однакове переміщення.

Прискорення - векторна фізична величина, похідна швидкості по часу і за величиною дорівнює зміні швидкості тіла за одиницю часу.

Рівноприскорений рух - це рух, під час якого швидкість руху тіла за будь-які рівні інтервали часу змінюється однаково.

# 2 Визначення законів руху для тягарців

Для визначення закону руху тягарця виберемо нерухому систему відліку з центром на осі блоку Вісь X спрямовано вертикально вниз.

На тягарець а діє сила тяжіння  $M + \frac{m}{g}$  та сила натягу нитки  $T$ . Тому за другим законом Ньютона:

$$(M + m)g - T_1 = (M + m)a, \quad a - \text{прискорення тягарця} \quad (1)$$

Другий закон Ньютона для другого тягарця:

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

Співвідношення між силами натягу (якщо знехтувати тертям):

$$(T_1 - T_2)r = \frac{Ja}{r}, \quad J - \text{момент інерції, } r - \text{радіус} \quad (3)$$

З рівнянь дістаємо зв'язок між прискоренням та прискоренням тягарців:

$$a = g \frac{m}{2M + m + \frac{J}{r^2}} \quad (4)$$

Формула спрощується, якщо застосувати момент інерції:

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

Тягарець набуває швидкості між кронштейнами 2 і 3:  
 $v = \sqrt{2h_1a}$ ,  $h_1$  - відстань між кронштейнами  $\Rightarrow v = \frac{h_2}{t}$ ,  $h_2$  - відстань між кронштейнами 3 і 4,  
 $t$  - час руху між ними. Звідси:

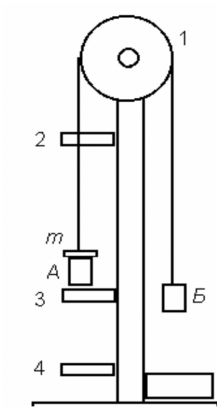
$$a = \frac{h_2^2}{2h_1t} \quad (6)$$

Тоді отримуємо формулу для визначення  $g$ :

$$g = \frac{(2M + m)h_2^2}{2mh_1t} \quad (7)$$

### 3 Опис експериментальної роботи

На рисунку зображено машину Атвуда.



Через легкий блок, який вільно обертається перекинута нитка, на кінцях якої висять тягарці А і Б. Якщо на тягарець покласти вантаж, то рівновагу буде порушено, і система почне рухатись з прискоренням. На колоні закріплено кронштейни 2, 3, 4. Кронштейн 2 фіксує початкові положення тягарця А, а на 3, 4 розміщені фотодатчики.

На початку експерименту тягарець зафіксовано. Далі він починає рухатись. Потім на рівні з кронштейном додатковий вантаж знімається, і система з 2 вантажів починає рухатись рівномірно. Фотодатчики фіксують час рівномірного руху тягарця.

### 4 Хід роботи

#### 4.1 Хід експерименту.

Час руху вимірюється електронним секундоміром, який вмикається та вимикається при проходженні тягарцем оптичної осі фотодатчиків 3 та 4, відповідно. При натисканні кнопки 'Пуск' вимикаються гальмо, яке утримує тягарець в початковому положенні, секундомір приходить у етап очікування і запускається при проходженні тягарцем фотодатчика 3. Після проходження фотодатчика 4 секундомір вмикається гальмо.

Висота падіння визначається за шкалою, що наневена на стояк, за різницею положень оптичних осей верхнього та нижнього фотодатчика. Маса кожного тягарця визначається експериментально. Похибка кронштейнів 2, 3, 4 є  $\pm 1$  мм. Похибка по часу - 0.001 с.

#### 4.2 Хід обчислювань.

1. Визначимо прискорення системи тягарців з вантажами. Фіксуємо кронштейном 3. Проводимо серію з 10 експериментів.
2. Проводимо експерименти для всіх наявних вантажів та їх різних комбінацій.
3. Міняємо положення 3 і повторюємо дослід.
4. Зважуємо тягарці  $M$  та  $m$ . Оцінюємо із наших даних значення  $g$ .

### 4.3 Етапи обробки результатів експерименту

1. Усереднюємо час  $t$  для кожного експерименту з окремими вантажем  $m$  та фіксованими  $h_1$  і  $h_2$ . Визначаємо випадкову похибку часу та порівнюємо із похибкою, яку вносить секундомір.
2. Для кожного випадку, розраховуємо  $a$  і  $g$ . Визначаємо похибки.
3. Будуємо графік залежності  $g$  від  $\frac{1}{m}$
4. Оцінюємо похибку експерименту.

## 5 Експериментальні дані

$N$	$M$	$m$	$h_1$	$h_2$	$t$	$< t >$	$t - < t >$	$a_{(theor)}$	$a_{(prac)}$	$\Delta a$	$\varepsilon(a)$	$g_{(theor)}$	$g$	$\Delta g$	$\frac{1}{m}$	$\varepsilon(g)$						
10	0.06152	0.006	0.135	0.28	0.82	1.017	-0.1969	0.4561	0.2807	0.1753	0.6247	9.81	6.0378	3.7721	166.6	0.6247						
					0.81		-0.2069															
					0.81		-0.2069										0.6193	-0.1632	-0.2635	13.3201	-3.5101	-0.2635
					0.8		-0.2169															
					0.8		-0.2169															
					0.81		-0.2069															
					0.81		-0.2069															
					0.81		-0.2069															
					0.82		-0.1969															
					0.81		-0.2069															
			1.21	0.193																		
			1.23	0.213																		
			1.24	0.223																		
			1.21	0.193																		
			1.22	0.203																		
			1.23	0.213																		
			1.24	0.223																		
			1.2	0.183																		
			1.22	0.203																		
			1.24	0.223																		



[illegible]

$N$	$M$	$m$	$h_1$	$h_2$	$t$	$< t >$	$t - < t >$	$a_{(theor)}$	$a_{(prac)}$	$\Delta a$	$\varepsilon(a)$	$g_{(theor)}$	$g$	$\Delta g$	$\frac{1}{m}$	$\varepsilon(g)$		
10	0.06152	0.016	0.135	0.28	0,49	0.608	-0.118	1.1288	0.7854	0.3433	0.4371	9.81	6.8259	2.984	62.5	0.4371		
					0,48		-0.128											
					0,48		-0.128											
					0,49		-0.118											
					0,48		-0.128											
					0,49		-0.118											
					0,48		-0.128											
					0,48		-0.128											
					0,49		-0.118											
					0,48		-0.128											
			0.085	0.33	0,74		-0.132		1.7328	-0.604	-0.3485	15.0588	-5.2488	-0.3485				
					0,71		-0.1019											
					0,79		-0.182											
					0,71		-0.1019											
					0,72		-0.1119											
					0,71		-0.1019											
					0,71		-0.1019											
					0,76		-0.152											
					0,72		-0.1119											
					0,75		-0.142											

## 6 Обробка результатів експерименту

Результати дослідів оформлені у вигляді таблиць.

$\langle t \rangle$  - середній час для кожної маси перевантаження. За формулою (6),  $a_{exp} = \frac{h_2^2}{2h_1 t}$ , де  $h_1 = 0.11m$ ,  $h_2 = 0.34m$  визначили експериментальне значення прискорення тягарця.

Теоретичне значення прискорення тягарця визначали за формулою (5):  $a_{theor} = \frac{gm}{2M+m}$ , де  $g = g_{theor}$ ,  $M$  - маса тягарця,  $m$  - маса вантажка, який поклали на тягарець.

Прискорення вільного падіння знаходили так(5):  $g = \frac{a_{exp}(2M+m)}{m}$ .

Для розрахунку похибок використовували такі формули:

Абсолютна похибка прискорення вільного падіння:  $\text{абс.}\delta(g) = g_{theor} - \langle g_{pr} \rangle$

Відносна похибка прискорення вільного падіння:  $\text{відн.}\delta(g) = \frac{g_{theor} - g_{pr}}{g_{theor}} \cdot 100\%$

Відносна похибка прискорення  $a$ :  $\text{відн.}\delta(a) = \frac{a_{theor} - a_{exp}}{a_{exp}} \cdot 100\%$

Випадкова похибка за часом:  $\langle \delta(t) \rangle = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (t_i - \langle t \rangle)^2}$ ,

де  $n$  - кількість вимірювань часу  $t$

*Висновок:*

Визначила прискорення вільного падіння в полі тяжіння Землі за допомогою машини Атвуда.

## 7 Графік

