

УДК 531, 004.94

Ткаченко М.Ю., Ардишев Г.Р., студенти групи 104-24-1, спеціальності 104 Фізика та астрономія, кафедра фізики

Науковий керівник: Подляцька А.В., старший викладач кафедри фізики

(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна)

КОМП'ЮТЕРНА ВІЗУАЛІЗАЦІЯ РОБОТИ ПРИЛАДУ АТВУДА ДЛЯ ВИВЧЕННЯ ЗАКОНІВ КІНЕМАТИКИ ТА ДИНАМІКИ ПОСТУПАЛЬНОГО РУХУ В ЛАБОРАТОРНОМУ ПРАКТИКУМІ КУРСУ «МЕХАНІКА» В ФОРМАТІ ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ

Прилад Атвуда, зображений на рисунку 1, використовується для демонстрації принципів прискорення, сили та маси в механіці. В лабораторному практикумі курсу “Загальна фізика. Механіка.” НТУ “Дніпровська політехніка” з його допомогою визначають прискорення вільного падіння g . Нами була розроблена повністю готова до використання комп'ютерна візуалізація роботи приладу Атвуда.

В [1] описано систему рівнянь руху циліндрів за умови, що сили натягу ниток по обидві сторони блоку приблизно однакові. В нашу програму покладена система рівнянь, яка включає в себе не тільки рівняння прискореного руху циліндрів, але й рівняння обертального руху блоку з урахуванням моменту сили тертя між блоком та віссю. Значення моменту інерції блоку $J = 1,034 \cdot 10^{-5} \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ точно визначено в роботі [2]. Там же зроблено оцінку середнього за часом моменту сили тертя. Програма обирає випадкове значення з відомого довірчого інтервалу значень $M_{\text{тр}}$ (Таблиця 1).

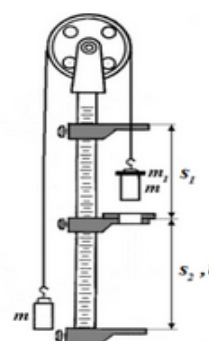


Рис. 1. Прилад Атвуда.

Цю систему рівнянь було виведено і розв'язано в роботі Г.А. Татаринцева [2], де $M_{\text{тр}}$ — це момент сили тертя, J — момент інерції блоку, R — радіус блоку (в лабораторії $R=3,85 \text{ см}$).

Результатом розв'язку є наступні формули для прискорення циліндрів на ділянках шляху S_1 та S_2

відповідно:

$$a_1 = \frac{\Delta m g - \frac{M_{\text{тр}}}{R}}{\frac{J}{R^2} + 2m + \Delta m}, \quad a_2 = \frac{M_{\text{тр}}}{\frac{J}{R} + 2mR}, \quad (1)$$

Таблиця 1. Оцінка значень середнього моменту сил тертя за даними [2].

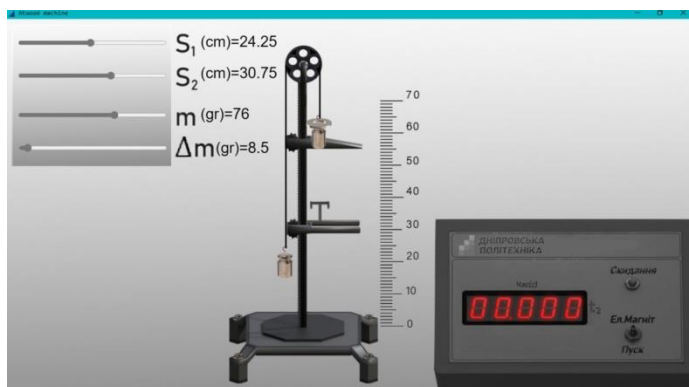
Δm (г)	$\Delta m < 8,5$	$8,5 \leq \Delta m < 12$	$12 \leq \Delta m < 15$	$15 \leq \Delta m < 20$	$20 \leq \Delta m < 27$
$M_{\text{тр}} \cdot 10^{-4} (\text{Н} \cdot \text{м})$	$1,97 \pm 0,16$	$1,7 \pm 0,3$	$1,64 \pm 0,29$	$1,5 \pm 0,6$	$1,1 \pm 0,8$

За допомогою рівнянь (1) можна отримати наступний вираз:

$$S_2^2 + \frac{M_{\text{тр}}}{\frac{J}{R} + 2mR} \cdot S_2 t_2^2 + \left(\frac{M_{\text{тр}}}{\frac{J}{R} + 2mR} \right)^2 \cdot \frac{t_2^4}{4} = 2S_1 t_2^2 \cdot \frac{\Delta m g - M_{\text{тр}}/R}{\frac{J}{R} + \Delta m + 2m}. \quad (2)$$

За цим рівнянням в програмі рахується час руху циліндра t_2 . Тут покладено $g = 9,809 \text{ м/с}^2$, що відповідає прискоренню вільного падіння на широті м. Дніпра [3].

Рис. 2 Інтерфейс програми.



Комп'ютерна візуалізація виконана за допомогою Construct 2, в якому код візуалізації написано на мові програмування JavaScript. Користувач задає значення мас циліндрів і додаткового вантажу, відстані S_1 та S_2 , переміщуючи слайдер, і виконує дослід, натискаючи кнопку "Пуск". Секундомір вимірює час руху на S_2 .

Для порівняння результатів нами було виконано досліди на приладі Атвуда в лабораторії та за допомогою нашої комп'ютерної візуалізації. Випадкову похибку вимірювань обчислено за методом Стьюдента [4]. Наприклад, для $\Delta m = 27 \text{ г}$ $g_{\text{прог}} = (9.440 \pm 0.089) \text{ м/с}^2$ та $g_{\text{лаб}} = (9.370 \pm 0.078) \text{ м/с}^2$. Відхилення результатів, отриманих в програмі, від результатів, отриманих в лабораторії, в середньому складає 2 %.

Таким чином, наша програма дуже добре відтворює умови реального експерименту (враховано момент інерції блока та момент сили тертя) і дозволяє виконувати дану лабораторну роботу в форматі дистанційного навчання максимально наближено до реального досліду.

Список використаних джерел

1. Дніпровська політехніка. Лабораторна робота № 1.2 «Вивчення законів динаміки поступального руху на приладі Атвуда». URL: https://physics.nmu.org.ua/ua/To_students/Day_mode_of_study/Methodical_instructions_to_1_aboratory_works/Mechanics/1_2_ua.pdf
2. Татаринцев Г.А., Горев. В.М., "ДО ВИМІРЮВАННЯ ПРИСКОРЕННЯ ВІЛЬНОГО ПАДІННЯ НА ПРИЛАДІ АТВУДА", МАН, 2024, 41с.
3. Дніпровська політехніка. Лабораторна робота № 4.6 «Вивчення вільних коливань математичного маятника» URL: https://physics.nmu.org.ua/ua/To_students/Day_mode_of_study/Methodical_instructions_to_1_aboratory_works/Fluctuations%20and%20waves/4_6_ua.pdf
4. Дніпровська політехніка. Лабораторна робота №1.1 "вивчення методики статистичної обробки експериментальних даних". URL: https://physics.nmu.org.ua/ua/To_students/Day_mode_of_study/Methodical_instructions_to_1_aboratory_works/Mechanics/1_1_ua.pdf