

Разработка урока-лабораторной работы по изучению прямолинейного равноускоренного движения

Чжоу Валентина Юйляновна

Приамурский государственный университет им. Шолом-Алейхема

Студент

Аннотация

Целью исследования является разработка урока-лабораторной работы по изучению прямолинейного равноускоренного движения с использованием машины Атвуда. Представлены методы разработки конспекта урока, включающие проведение эксперимента и обработку полученных данных с помощью метода наименьших квадратов. Результатом работы стал готовый конспект урока с пошаговыми инструкциями для выполнения лабораторной работы, позволяющий учащимся изучить основы прямолинейного равноускоренного движения на практике.

Ключевые слова: кинематика, машина Атвуда, метод наименьших квадратов

Development of a laboratory lesson on the study of rectilinear equidistant motion

Chzhou Valentina Yuylyanovna

Sholom-Aleichem Priamursky State University

Student

Abstract

The purpose of the research is to develop a laboratory lesson on the study of rectilinear equidistant motion using the Atwood machine. The methods of developing a lesson summary are presented, including conducting an experiment and processing the data obtained using the least squares method. The result of the work was a ready-made lesson summary with step-by-step instructions for performing laboratory work, allowing students to learn the basics of rectilinear equidistant motion in practice.

Keywords: kinematics, Atwood machine, least squares method

1. Введение

1.1 Актуальность исследования

Актуальность данной темы обусловлена несколькими факторами. Во-первых, данный эксперимент позволяет на практике продемонстрировать важные физические законы и явления, которые лежат в основе механики. Особенно это важно для учащихся старших классов, поскольку знакомство с методами экспериментальных исследований способствует развитию их аналитического мышления и научных навыков. Во-вторых, использование

экспериментальной установки, такой как машина Атвуда, дает возможность школьникам самостоятельно убедиться в законах движения тел под действием постоянного ускорения. Это задание тесно связано с концепцией ускоренного движения, которая является частью учебной программы по физике, однако углубленное изучение данной темы выходит за рамки стандартного курса и включает использование метода наименьших квадратов для обработки данных, что представляет собой дополнительный и ценный опыт для учащихся.

Стоит отметить, что разработка такого урока является частью факультативного занятия, поскольку подобные лабораторные работы не предусмотрены в школьной программе. Это позволяет расширить кругозор учащихся, развить их интерес к физике, а также научить применять математические методы для анализа экспериментальных данных. Внедрение таких занятий на факультативных уроках способствует более глубокому усвоению материала и стимулирует творческое мышление школьников.

1.2 Обзор исследований

В работе С. В. Подколзиной представлена методика разработки интегрированных уроков по физике и истории, формирующих общекультурные компетенции [1]. И. В. Бахтина [2] разработала свой урок по теме «Равноускоренное движение». Проанализировала зарубежные публикации по использованию метода моделирования в процессе обучения физике школьников в своей работе И. М. Зенцова [3]. С. Зубцов и Е. В. Толстых написали статью, в которой отражена информация о назначении машины Атвуда, и этапы ее изготовления в домашних условиях [4]. Г. Я. Мякишев проанализировал сущность метода наименьших квадратов и рассмотрел его применение на практике при решении задач естественнонаучных дисциплин [5].

1.3 Цель исследования

Цель исследования – разработка урока-лабораторной работы по изучению прямолинейного равноускоренного движения

2. Материалы и методы

Для проведения лабораторной работы использовалась машина Атвуда, а для обработки экспериментальных данных применялся метод наименьших квадратов.

3. Результаты и обсуждения

3.1 Оборудование

Для проведения лабораторной работы потребуется следующее оборудование:

- Машина Атвуда;
- Электронный секундомер;

- Линейка.

Машина Атвуда (рис. 1) представляет собой вертикальную штангу (1), на верхнем конце которой укреплен блок (2), вращающийся с не большим трением вокруг горизонтальной оси. Через блок перекинута нить с грузами одинаковой массы M . Левый груз может удерживаться электромагнитом (ЭМ). Установка снабжена секундомером, который автоматически включается при выключении электромагнита (ЭМ). Система грузов M приводится в движение с помощью переключателя, в одном положении включен магнит и отключен секундомер, в другом магнит отключен и включен секундомер.

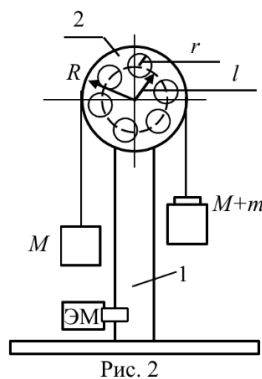


Рисунок 1 – Машина Атвуда

3.2 Описание метода измерения

Если на инерциальную систему воздействуют нескомпенсированные силы, она приходит в ускоренное движение. На рис. 2 схематично приведена машина Атвуда с приложенными к её элементам силами. Здесь J и R — момент инерции вращения и радиус ролика соответственно, $M_{тр}$ — момент трения, возникающий при вращении ролика, α — угловое ускорение ролика, M — масса груза, m — масса перегрузка, T_1 и T_2 — сила натяжения левой и правой нитей соответственно, a — ускорение движения грузов, g — ускорение свободного падения.

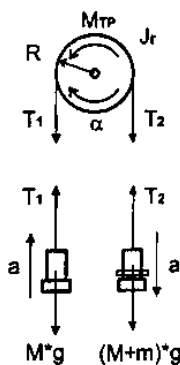


Рисунок 2 – Принцип работы машины Атвуда

Записав уравнения равновесия для каждого из трех элементов, представленных на рис. 2, получим систему из трех уравнений, полностью

описывающих движение машины Атвуда при условии нерастяжимости нити и отсутствии ее проскальзывания в ролике [6]:

$$\begin{cases} M * a = T_1 - M * g \\ (M + m) * a = (M + m) * g - T_2 \\ J_r * \alpha = (T_2 - T_1) * R - M_{\text{тр}} \end{cases}$$

Решая эту систему уравнений, получим формулу для определения ускорения грузов:

$$a = \frac{mg - \frac{M_{\text{тр}}}{R}}{2M + m + \frac{J_r}{R^2}}$$

Экспериментально получив значение a , можно оценить значение a .

Преобразуем формулу выше, разделив числитель на знаменатель. После этого делаем замену и получаем

$$a = \frac{g}{2M + \frac{J_x}{R^2}} \cdot m - \frac{M_x}{R \left(2M + \frac{J_x}{R^2}\right)}$$

Тогда, ускорение грузов системы, a линейно зависит от массы перегрузка m , т.е. полученное ранее — уравнение прямой линии

$$a = km + b$$

Экспериментально получив зависимость времени прохождения груза некоторого одинакового пути S от общей массы перегрузков и используя уравнение движения материальной точки

$$s = \frac{at^2}{2}$$

Необходимо построить график $a = f(m)$

Построив эту зависимость и определив угловой коэффициент прямой, из уравнения прямой можно найти ускорение свободного падения.

$$g = \left(2M + \frac{J_r}{R^2}\right) k$$

Также из уравнения прямой, можно определить момент трения, возникающий в узле вращения ролика

$$M_{\text{тр}} = -b \left(2M + \frac{J_r}{R^2}\right) R$$

Зная ускорение свободного падения, можно перейти к оценке выполнения второго закона Ньютона.

Второй закон Ньютона является одним из основных законов физики. Он гласит, что ускорение материальной точки постоянной массы под действием силы прямопропорционально величине этой силы.

В нашем случае постоянство общей массы системы предлагается обеспечить следующим образом.

На левый и правый грузы устанавливается одинаковое количество равных по массе перегрузков (по четыре на каждый груз). В этом случае система находится в покое. Затем перегрузок с левого груза переносится на правый груз. Возникает сила F

$$F = 2mg - \frac{M_{\text{тр}}}{R}$$

заставляющая систему двигаться равноускоренно, хотя общая масса системы осталась неизменной. Дальнейшее пошаговое перемещение оставшихся перегрузков с левого груза на правый приведет к увеличению действующей на систему силы F при неизменности общей массы системы. Построив зависимость $F=F(a)$, убедимся, что она линейна. Следовательно, второй закон Ньютона выполняется. Кроме того, угловой коэффициент этой прямой равен приведенной массе системы

$$\frac{F}{a} = 2(M + m) + \frac{J_r}{R^2}$$

3.3 Конспект лабораторной работы «Определение ускорения свободного падения»

ЦЕЛЬ: получить экспериментальное значение ускорения свободного падения с помощью машины Атвуда, показать выполнение второго закона Ньютона.

ОБОРУДОВАНИЕ: машина Атвуда, электронный секундомер, линейка.

ХОД РАБОТЫ:

1. Подвесьте на ролик два груза. Убедитесь, что система находится в равновесии.
2. Опустите левый груз на станину и включите секундомер. Кнопкой «СБРОС» включите электромагнитный стопор.
3. Линейкой измерьте расстояние от нижней кромки правого груза до станины S . Занесите значение в таблицу 1 в метрах.

Таблица 1 – Результаты работы машина Атвуда

№	Перегрузок $m_{i, \Gamma}$	$m_1 = 5$	$m_2 = 7,5$	$m_3 = 10$	$m_4 = 12,5$
1	Время, с				
2					
3					
4					
5					
$S =$ м	Среднее				
$a_i = 2S / t^2$ м/с	-	$a_1 =$	$a_2 =$	$a_3 =$	$a_4 =$

4. Поскольку имеется трение в подшипнике ролика, сначала поместите на правый груз сразу два перегрузка.

5. Нажмите (уверенно) кнопку «СТАРТ» на секундомере, измерьте время опускания груза до станины. Запишите результат в таблицу 2. Повторите измерение 3-4 раза. Кнопка «СБРОС» заново включит электромагнитный стопор.

6. Повторите измерения для другого количества перегрузков -3, 4, 5 (см. таблицу 2).

7. Вычислите среднее время для каждого столбца

$$t = \frac{\sum_1^n t_i}{n}$$

8. Вычислите ускорение системы для каждого столбца

$$a = \frac{2S}{t}$$

9. Постройте график зависимости $a=a(m)$. Определите угловой коэффициент k и постоянную b графически. При расчетах не забудьте перевести все значения в систему «СИ» (граммы в килограммы, миллиметры в метры). Для более точного определения k и b можно воспользоваться методом наименьших квадратов (МНК). Для прямой используются следующие формулы, определим среднее

$$m_c = \sum_1^n \frac{m_i}{n} \quad a_c = \sum_i^n \frac{a_i}{n}$$

тогда

$$k = \frac{\sum_1^n (m_i - m_c) \cdot a_i}{\sum_1^n (m_i - m_c)^2}$$

$$b = a_c - k \cdot m_c$$

10. Определите ускорение свободного падения по формуле

$$g_{exp} = \left(2M + \frac{J_r}{R^2}\right) k$$

11. Затем определите момент трения узла ролика

$$M_{тр} = -b \left(2M + \frac{J_r}{R^2}\right) R$$

12. Вычислите абсолютную погрешность по формуле

13. Запишите полученный результат

$$g = g_{exp} \pm \Delta g$$

14. Вычислите относительную погрешность в процентах

15. Сделайте вывод

4 Выводы

В результате работы, получили структурированный конспект урока-лабораторной работы по изучению прямолинейного равноускоренного движения с использованием машины Атвуда.

Библиографический список

1. Подколзина С. В. Методика разработки и проведения интегрированных уроков по физике и истории в основной школе // Вестник магистратуры. 2013. № 4(19). С. 65-67.
2. Бахтина И. В. Разработка урока физики по теме «Равноускоренное движение» // Молодой ученый. 2019. № 31(269). С. 122-124.
3. Зенцова И. М. Обзор зарубежных исследований по моделированию в процессе обучения школьников физике // Вестник Государственного гуманитарно-технологического университета. 2022. № 4. С. 57-61.
4. Зубцов С., Толстых Е. В. Машина Атвуда // IX Международная научно-практическая конференция имени академика А Г Шипунова. 2022. С. 338-

340.

5. Жмако О. А. Применение метода наименьших квадратов в физико-химических методах анализа // Инновационные технологии в науке и образовании. 2015. № 3(3). С. 20-22.
6. Мякишев Г. Я. Физика: Учебник для 10 кл. общеобразовательных учреждений. М.: Просвещение, 2010.