

Научная статья

ББК 74.262.23

УДК 372.853

М. А. Фаддеев, Ю. В. Масленникова
ПРАКТИКУМ ПО ФИЗИКЕ КАК ОДИН ИЗ
ЭТАПОВ ПОДГОТОВКИ УЧАЩИХСЯ К ОБУЧЕНИЮ
В ПЕРЕДОВОЙ ИНЖЕНЕРНОЙ ШКОЛЕ

В статье анализируется подход к созданию и использованию в учебном процессе экспериментальных установок, расширяющих содержание курса физики средней школы. Наглядно демонстрируются возможности современного учебного оборудования для довузовской подготовки перед поступлением в Передовую инженерную школу. Описана методика экспериментов и сравнения с выводами физической теории. В предлагаемом практикуме проводится освоение методов математической обработки экспериментальных результатов. Выполнение предлагаемого практикума способствует эффективному развитию познавательного интереса и экспериментальных навыков учащихся.

Ключевые слова: физический практикум, система довузовской подготовки, передовая инженерная школа, простые механизмы.

M. A. Faddeev, Yu. V. Maslennikova
A PHYSICS WORKSHOP AS ONE OF THE STAGES
OF PREPARING STUDENTS TO STUDY
AT AN ADVANCED ENGINEERING SCHOOL

The article analyzes an approach to the creation and use of experimental setups in the educational process that expand the content of the secondary school physics course. The possibilities of modern educational equipment for pre-university training before admission to an advanced engineering school are clearly demonstrated. The method of experiments and comparison with the conclusions of the physical theory is described. In the proposed workshop, the methods of mathematical processing of experimental results are being mastered. The implementation of the proposed workshop contributes to the effective development of cognitive interest and experimental skills of students.

Keywords: physics workshop, pre-university training system, advanced engineering school, simple mechanisms.

DOI: 10.62957/2307-5457-2024-3-3-11

1. Введение

Важной учебно–методической задачей довузовской подготовки к обучению в Передовой инженерной школе (ПИШ) является выполнение школьниками работ практикумов, выходящих за рамки базового курса физики общеобразовательной средней школы. Для решения данной задачи Лабораторией физико–технической и инженерной подготовки студентов и абитуриентов ПИШ ННГУ были закуплены в ООО «Вектор» несколько комплектов современного лабораторного оборудования по элементарной механике [1]. Это дало возможность разработать ряд практикумов инженерно–технической направленности. Комплектность приобретенного оборудования позволяет конструировать установки для исследовательских работ, вполне доступных для учащихся 7–х классов [2]. В качестве примера рассмотрим исследование полиспаств различной кратности.

Приобретенный набор оборудования включает блоки, шнуры, грузы, крюки, подвесы, динамометры, подшипники на магнитных держателях, что позволяет собирать на вертикальном стенде полиспаств различной конструкции.

2. Учебное исследование одинарного полиспаства

На рис. 1 слева изображена схема простого (одинарного) полиспаства, на рис. 1 справа приведена соответствующая конструкция.

Динамический анализ системы, изображенной на рис. 1, доказывает, что силой $F = Mg/2$ можно удержать груз весом, равным Mg . Иными словами, простой полиспаств дает удвоенный выигрыш в силе. Строгое равенство $F = Mg/2$ справедливо, если массы тросов много меньше массы груза и трение в блоках пренебрежимо мало.

Поднимаемый (или удерживаемый) груз заранее взвешивается на электронных весах или с помощью динамометра, укрепленного на стенде в специальном держателе.

В ходе работы руководитель дает учащемуся необходимые сведения о расчете погрешностей результатов эксперимента. Динамометры, используемые в эксперименте, имеют цену деления 0,1 Н, что определяет их приборную погрешность.

В серии опытов с полиспаством были использованы грузы с массами, записанными в первую строку табл. 1. На рис. 2 представлен пример измерения динамометром силы тяжести и силы тяги в опыте с одинарным полиспаством.

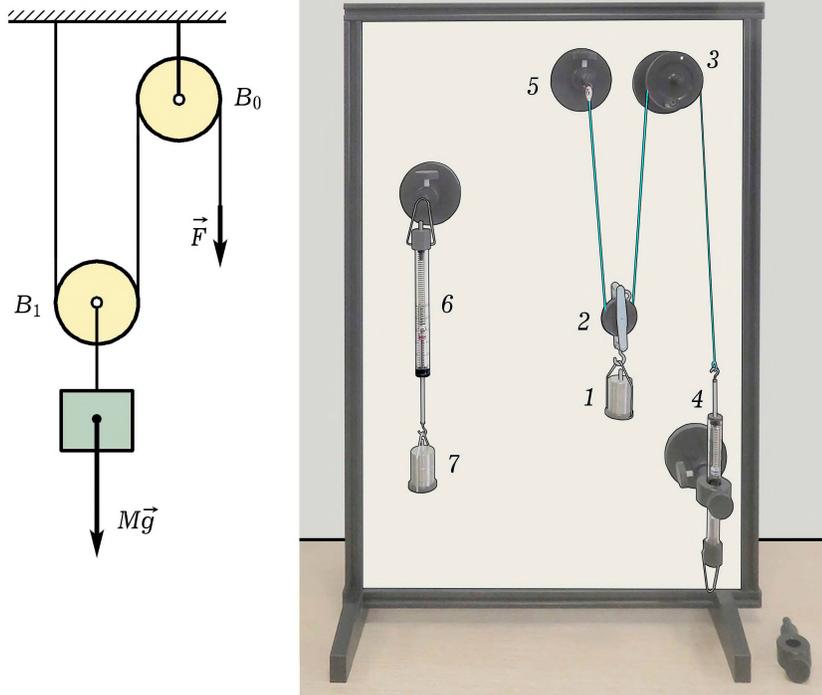


Рис. 1. Простой (одинарный) полиспаст: $M\vec{g}$ — сила тяжести груза; \vec{F} — сила тяги; B_0 — неподвижный блок; B_1 — подвижный блок; 1 — удерживаемый (поднимаемый) груз; 2 — подвижный блок; 3 — неподвижный блок; 4 — динамометр для измерения удерживающей силы (силы тяги); 5 — точка закрепления троса; 6 — динамометр для измерения веса груза; 7 — груз, равный грузу 1

Таблица 1
Результаты измерений в исследовании
одинарного полиспаста

M , г	9	29	59	79	109	129
F , Н	0,05	0,15	0,30	0,40	0,50	0,60

Результаты измерений с помощью программы *Excel* отображаются в графическом виде (рис. 3). Построенный график наглядно демонстрирует прямо пропорциональную зависимость веса груза Mg и приложенной силы F . Программа *Excel* позволяет провести линейную аппроксимацию зависимости и вычислить угловой коэффициент, характеризующий «выигрыш в силе». В результате получается значение углового коэффициента, приблизительно равное двум.

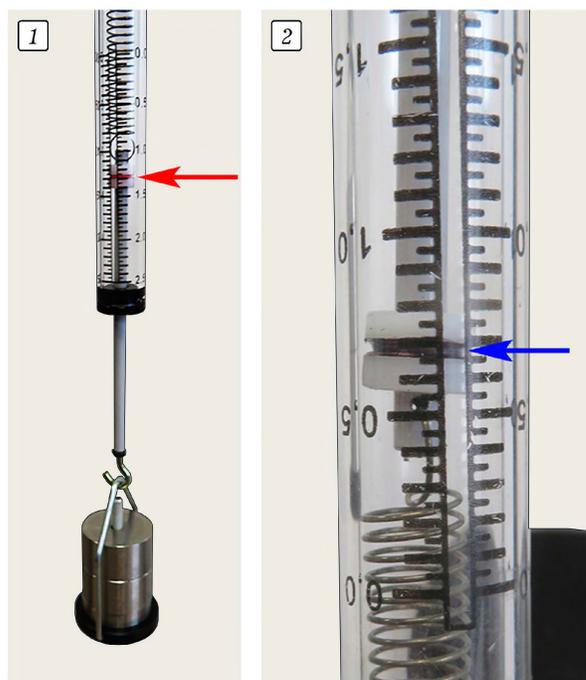


Рис. 2. Результат опыта с одинарным полиспадом: 1 — измерение веса груза динамометром, красная стрелка показывает на значение $\approx 1,3$ Н; 2 — измерение удерживающей силы динамометром. Синяя стрелка показывает на значение $\approx 0,7$ Н. Сравнение данных демонстрирует приближенное равенство $Mg \approx 2F$ в пределах погрешностей

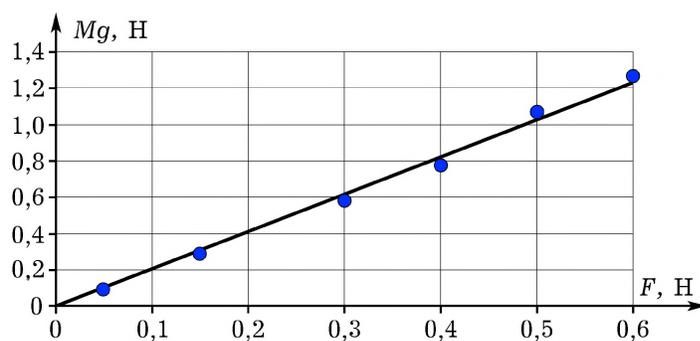


Рис. 3. Связь веса груза Mg и величины удерживающей силы F в опытах с одинарным полиспадом

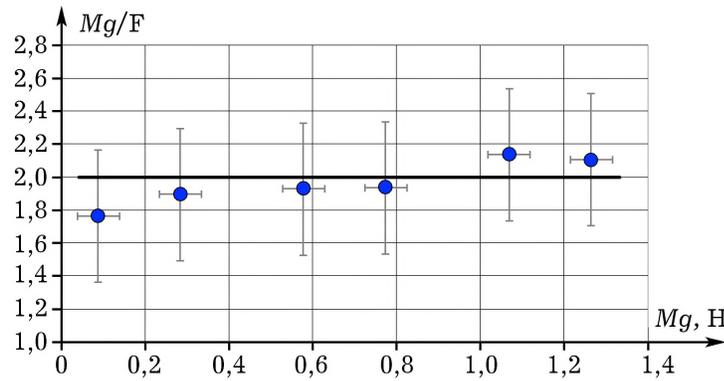


Рис. 4. Выигрыш в силе одинарного полиспаста для различных грузов

Целесообразно вычислить отношение Mg/F для всех использованных в опыте грузов и оценить погрешности результатов (см. рис. 4). Очевидно, что выигрыш в силе, даваемый простым полиспастом, равен двум в пределах допустимых погрешностей.

3. Учебное исследование двойного полиспаста

Из того же оборудования на магнитной доске можно собрать двойной полиспаст, провести аналогичные опыты и расчеты. В результате обнаруживается, что коэффициент увеличения силы Mg/F несколько меньше теоретического значения, рассчитанного для идеальных блоков. Таким образом, учащиеся количественно оценивают влияние такого вездесущего фактора, как трение. Схема двойного полиспаста показана на рис. 5.

Каждый подвижный блок разделяет силу тяжести подвешенного груза надвое. Следовательно, в схеме на рис. 5 груз массой M можно удержать силой $F = Mg/4$. Таким образом, двойной полиспаст дает 4-кратный выигрыш в силе. Конструкция двойного полиспаста показана на рис. 5 справа. Опыты с двойным полиспастом проводились аналогично первой серии. Результаты эксперимента сведены в табл. 2.

Таблица 2
Результаты измерений в исследовании двойного полиспаста

M , г	99	129	153	190	252	343
F , Н	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,90

Зависимость веса груза, равного Mg , от модуля удерживающей силы F приведена на рис. 6.

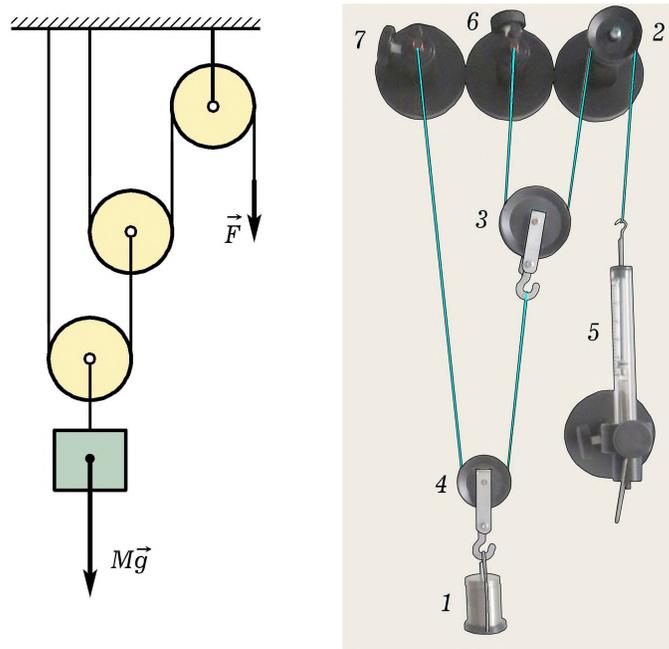


Рис. 5. Двойной полиспаст (один неподвижный блок и два подвижных): $M\vec{g}$ — сила тяжести груза; \vec{F} — сила тяги; 1 — удерживаемый (поднимаемый) груз; 2 — неподвижный блок; 3 и 4 — подвижные блоки; 5 — динамометр для измерения удерживающей силы (силы тяги); 6 и 7 — точки закрепления тросов

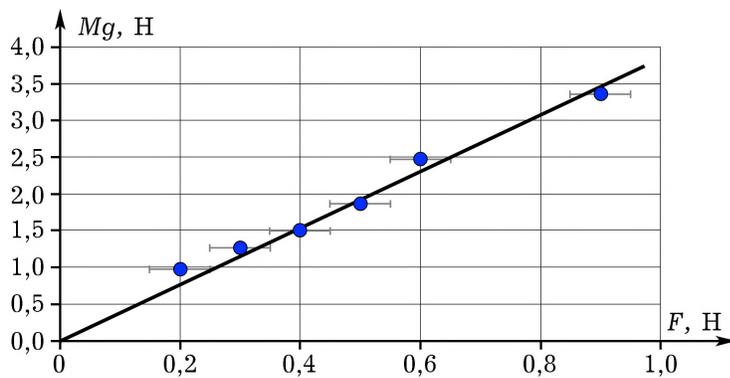


Рис. 6. Связь веса груза, равного Mg , и величины удерживающей силы F для двойного полиспаста

Разброс значений на рис. 6 обусловлен приборной погрешностью используемого лабораторного динамометра. Однако, зависимость $F = F(Mg)$ успешно аппроксимируется линейной функцией с нулевым свободным членом и угловым коэффициентом, равным $\approx 3,9$. Следовательно, эксперименты демонстрируют коэффициент усиления двойного полиспаста несколько меньше теоретического значения $Mg/F = 4$ для системы идеальных блоков. Различие обусловлено влиянием трения в реальных блоках.

4. Учебное исследование тройного полиспаста

Опыты с тройным полиспастом проводились аналогично экспериментам с простым и двойным полиспастами. Конструкция тройного полиспаста показана на рис. 7. Результаты серии экспериментов сведены в табл. 3.

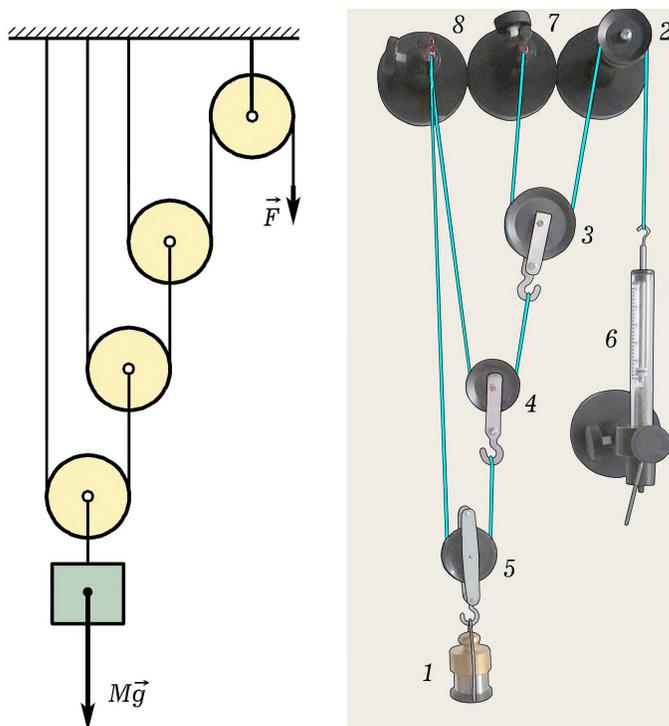


Рис. 7. Тройной полиспаст (один неподвижный блок и три подвижных): $M\vec{g}$ — сила тяжести груза; \vec{F} — сила тяги; 1 — удерживаемый (поднимаемый) груз; 2 — неподвижный блок; 3, 4, 5 — подвижные блоки; 6 — динамометр для измерения удерживающей силы (силы тяги); 7 и 8 — точки закрепления тросов

Таблица 3
Результаты измерений в исследовании
тройного полиспаста

M , г	58,7	109,0	152,6	248,9	299,4	348,5	448,5
F , Н	0,10	0,15	0,20	0,35	0,45	0,50	0,65

Зависимость веса груза, равного Mg , от модуля удерживающей силы F в тройном полиспасте приведена на рис. 8.

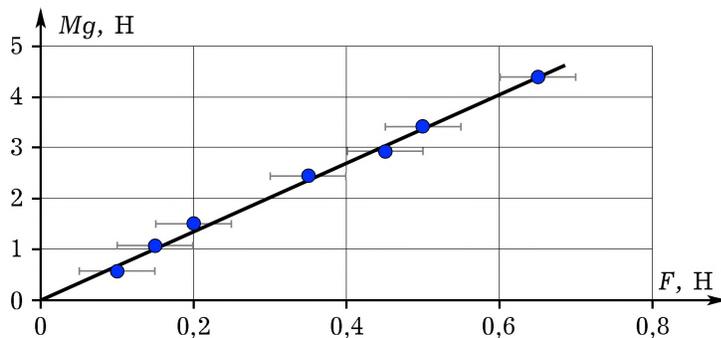


Рис. 8. Связь веса груза Mg и величины удерживающей силы F для тройного полиспаста

Значительный разброс значений на рис. 8 обусловлен большой приборной погрешностью динамометра, о которой упоминалось ранее. Несмотря на это, зависимость $F = F(Mg)$ успешно аппроксимируется линейной функцией с нулевым свободным членом. Среднее значение отношения Mg/F , вычисленное по результатам эксперимента (сведенным в табл. 3), дает значение $\approx 6,8$ с относительной погрешностью около 10%. Эта величина заметно меньше теоретического значения коэффициента усиления, равного 8, вычисленного для идеального тройного полиспаста.

5. Заключение

Проведенные опыты показывают, что при малом трении и небольшом весе блоков обычный и двойной полиспасты демонстрируют совпадение экспериментальных и теоретических значений коэффициентов усиления в пределах погрешностей [3, 4]. Сила трения и вес блока считаются малыми, если соответствующие силы много меньше веса поднимаемого груза. С увеличением количества блоков в полиспастах трение становится не пренебрежимым [5]. Также на уменьшение коэффициента усиления

оказывает влияние суммарный вес подвижных блоков. На практике широко используются одинарные, реже двойные полиспасты. Тройные полиспасты применяются в исключительных случаях при отсутствии других вариантов. Четырехкратные полиспасты на практике не используются, так как теоретический выигрыш в силе ликвидируется большим трением в блоках.

Таким образом, проведя серию предложенных экспериментов, учащиеся убеждаются в том, что указание в задачах на факт невесомости блока и отсутствие трения в блоке серьезно упрощает их и делает достаточно далекими от реального положения дел.

ЛИТЕРАТУРА

1. О мерах государственной поддержки программ развития передовых инженерных школ. Постановление правительства РФ от 08.04.22. № 619. — URL: https://engineers2030.ru/upload/medialibrary/085/ykqnqbv54wn89kt5127ndedy69xdp1pq/pr_110422_619.pdf.
2. Перышкин А. В. Физика: Учебник для 7 класса общеобразовательных учреждений. — М.: Дрофа, 2020.
3. Фаддеев М. А., Лебедева О. В. Механика материальной точки. — Нижний Новгород: ННГУ, 2017.
4. Фаддеев М. А. Элементарная обработка результатов экспериментов. — Нижний Новгород: ННГУ, 2004.
5. Даммер М. Д., Сibaгатуллин А. А., Демин П. А., Горбунов П. В. Самодельное оборудование при изучении статики на уроках физики // Учебная физика. — 2023. — № 3. — С. 6–17.

Национальный исследовательский
Нижегородский государственный
университет им. Н. И. Лобачевского

Поступила в редакцию 26.06.24.