



## Исследования

И. В. Гребенев	МЕТОДИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТИРУЮЩЕГО МЫШЛЕНИЯ .....	45
П. В. Зуев	ДИДАКТИЧЕСКАЯ ЦЕННОСТЬ ЦИТАТЫ АКАДЕМИКА П. Л. КАПИЦЫ О ПОДГОТОВКЕ ИНЖЕНЕРА .....	55
В. В. Майер А. А. Перминов	ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ ЭКСПЕРИМЕНТ: ПРОВЕРКА ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НОВОЙ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ В ПРАКТИКУМЕ .....	59
АВТОРЫ ЖУРНАЛА .....		67
ABSTRACTS .....		68

---

---

### Редакция журнала:

В. В. Майер (главный редактор), Р. В. Акатов, Е. И. Вараксина, Л. С. Кропачева

### Редакционный совет:

И. В. Гребенев д.п.н., профессор, Нижний Новгород  
М. Д. Даммер д.п.н., профессор, Челябинск  
П. В. Зуев д.п.н., профессор, Екатеринбург  
Ю. А. Сауров д.п.н., профессор, член-корр. РАО, Киров

### Оргкомитет конференции:

Н. Я. Молотков д.п.н., профессор, Тамбов  
Г. Г. Никифоров к.п.н., доцент, ИСРО РАО, Москва  
А. Ю. Пентин к.ф.-м.н., доцент, ИСРО РАО, Москва  
Ф. А. Сидоренко д.ф.-м.н., профессор, Екатеринбург  
Я. А. Чиговская-Назарова к.филол.н., доцент, ректор ГГПИ, Глазов  
Т. Н. Шамало д.п.н., профессор, Екатеринбург

**Адрес редакции, издателя и типографии:** 427621, Удмуртия, Глазов,  
Первомайская, 25, Пединститут, Телефон: (341 41) 5-32-29.  
*E-mail: kropa@bk.ru*

---

---

**Учредитель:** Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Глазовский государственный педагогический институт имени В. Г. Короленко»

Журнал «Учебная физика» зарегистрирован Комитетом Российской Федерации по печати 4 февраля 1997 года, регистрационный № 015686, перерегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор) 2 мая 2017 года, ПИ № ФС77-69506.

Использование и перепечатка материалов допускаются только по договоренности с редакцией журнала.

Сдано в набор 21.03.23. Подписано в печать 27.03.23. Дата выхода в свет: 29.03.23. Формат 60 × 90 1/16. Усл. печ. л. 4,25.

Заказ 157. Тираж 200 экз. Цена свободная.

**Первая страница обложки:** Модель электрофорной машины (Майер В. В., Вараксина Е. И., Корнев Ю. А. Физическое моделирование электрофорной машины // Учебная физика. — 2023. — № 1. — С. 43–44).

УДК 372.853

М. А. Фаддеев, Ю. В. Масленникова  
МНОГОУРОВНЕВЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ  
КАК СРЕДСТВО ПОДГОТОВКИ К ОБУЧЕНИЮ  
В ПЕРЕДОВЫХ ИНЖЕНЕРНЫХ ШКОЛАХ

В статье рассматривается подход к разработке и использованию в учебном процессе многоуровневых экспериментальных задач по физике, способствующий эффективной подготовке учащихся к обучению в передовых инженерных школах.

*Ключевые слова:* школьный физический эксперимент, многоуровневые экспериментальные задачи, передовые инженерные школы.

В рамках решения проблемы, обозначенной в документах Правительства РФ [1], в ряде ведущих университетов Российской Федерации организованы Передовые Инженерные Школы (ПИШ). Нижегородский государственный университет имени Н. И. Лобачевского входит в их число. Для эффективного обучения студентов в ПИШ необходимо проводить специальную довузовскую подготовку по экспериментальной физике среди школьников старших классов, включающую обучение планированию, проведению и интерпретации результатов эксперимента. Следует отметить важные особенности эксперимента.

**1. Научность.** Эксперимент должен демонстрировать проявление одного из важных физических законов. Красивые демонстрации второстепенных явлений и эффектов являются непродуктивным расходом учебного времени.

**2. Наглядность.** Исследуемое явление или процесс должен наблюдаться непосредственно. Если эффект сводится к наблюдению мигания лампочек на стенке непрозрачного ящика (в сопровождении смутных слов преподавателя), то польза такого эксперимента для школьников близка к нулю.

**3. Простота.** Эксперимент должен воспроизводиться учителем на оборудовании школьного физического кабинета. При этом при-

ветствуется изготовление дополнительных деталей для его оснащения силами учащихся.

**4. Точность.** Результаты измерений должны совпадать с результатами вычислений в пределах допустимых погрешностей. При этом учитель постепенно знакомит учащихся с математическими методами обработки экспериментальных результатов.

В связи с очевидной для нас важностью эксперимента часто возникает вопрос: почему античные философы полагали важнейшим методом физики логику? Дело, прежде всего, в том, что в реальных условиях трудно провести достаточно точный и убедительный эксперимент. Каждый преподаватель физики отлично знает, что выполнению спланированного эксперимента мешает множество факторов: вибрации оборудования, шумы, перепады температуры и влажности, нестабильность электропитания, недостаточная точность измерительных приборов и т.д.

Современная физика преодолевает эти трудности путем организации экспериментов последовательно на разных *уровнях*. Сначала запланированный эксперимент выполняется в первом приближении (с большой погрешностью). Затем улучшается методика проведения эксперимента, конструируются более точные измерительные приборы и эксперимент повторяется на более высоком уровне.

Результаты любого эксперимента должны сравниваться с выводами теории. Если результаты не совпадают, возможны два варианта: 1) измерения выполнены с большой погрешностью; 2) неверно выстроена теоретическая модель.

В первом случае достаточно взять более точный прибор, повторить измерения и убедиться в совпадении теоретических и экспериментальных результатов в пределах погрешностей. Во втором — требуется более тщательная разработка теории исследуемого явления, совершенствование методики эксперимента, перевод его на более высокий уровень. Приведем два примера, подтверждающие сказанное.

**Пример 1.** В ходе изучения раздела «Гидростатика» школьники знакомятся с законом сообщающихся сосудов и наблюдают, что уровни свободной поверхности в сосудах горизонтальны и высоты столбов жидкости одинаковы (рис. 1.1). Однако, если взять сообщающиеся сосуды с внутренними диаметрами в диапазоне от 1 см до 1 мм, то будет наблюдаться различие в уровнях жидкости, значительно превышающее высоту мениска (рис. 1.2). Учителю физики приходится для объяснения результата эксперимента, кроме сил тяжести и давления, рассматривать явление смачивания и учитывать силы поверхностного натяжения.

Таким образом, переход к эксперименту более высокого уровня позволяет совершенствовать теорию физического явления, построить более точную физическую модель.

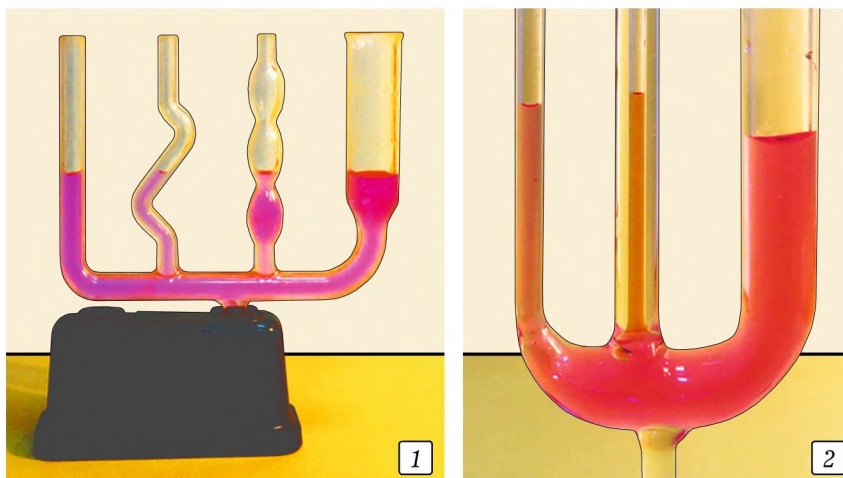


Рис. 1. Уровни жидкости в сообщающихся сосудах

**Пример 2.** При объяснении поведения бруска на наклонной плоскости, обычно принимается, что сила трения скольжения и максимальная сила трения покоя равны. Будем считать это утверждение первым приближением.

Рассмотрим брусок как материальную точку, приложим к ней все действующие силы (рис.2). Максимальному значению силы трения покоя  $\vec{F}_m$  соответствует минимальный угол скольжения  $\alpha^*$ .

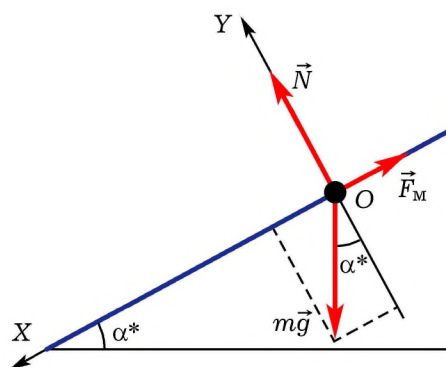


Рис. 2. Материальная точка массой  $m$  на наклонной плоскости:  $m\vec{g}$  — сила тяжести;  $\vec{N}$  — нормальная реакция опоры;  $\vec{F}_m$  — максимальная сила трения покоя;  $\alpha^*$  — минимальный угол скольжения;  $X, Y$  — оси декартовой системы координат

Измерив в эксперименте минимальный угол скольжения  $\alpha^*$ , мы, согласно схеме на рис. 2, получаем модуль максимальной силы трения покоя

$$F_M = mg \sin \alpha^*. \quad (1)$$

Однако, наблюдения показывают, что при угле наклона плоскости  $\alpha = \alpha^*$  тело (брусек) всегда соскальзывает ускоренно. Известно, что тяжелый шкаф труднее сдвинуть с места чем тащить по полу. Следовательно, сила трения скольжения  $\vec{F}_{\text{ск}}$  меньше по модулю максимальной силы трения покоя.

Для количественного исследования различия сил  $\vec{F}_{\text{ск}}$  и  $\vec{F}_M$  требуется перейти на более высокий уровень физического эксперимента, для чего можно модернизировать установку с наклонной плоскостью.

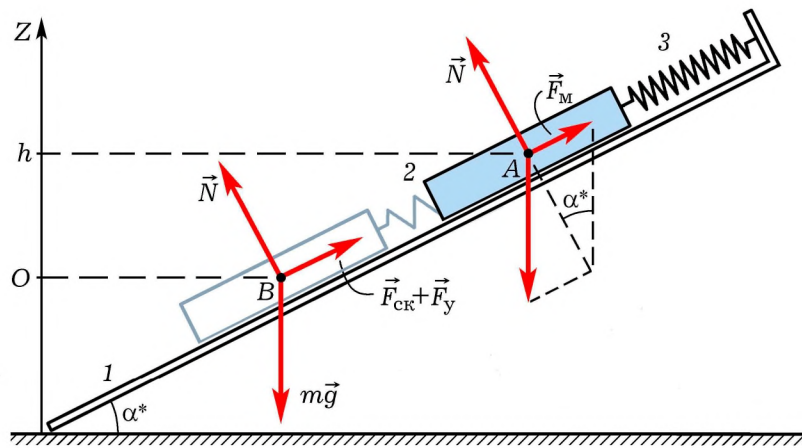


Рис. 3. Схема установки для сравнения сил трения скольжения и покоя: 1 — наклонная плоскость; 2 — брусек; 3 — пружина;  $\alpha$  — угол наклона плоскости

Брусек прицепляется к концу пружины. Ее второй конец закрепляется в верхней части на наклонной плоскости (рис. 3). В начальном состоянии брусек неподвижен, а пружина не деформирована.

Угол наклона медленно увеличивается до минимального угла соскальзывания  $\alpha^*$ . При этом брусек начнет скользить, но из-за сопутствующего растяжения пружины на него будет действовать дополнительная тормозящая сила упругости  $\vec{F}_y$  (рис. 3 и 4).

Пройдя некоторое расстояние  $s = AB$ , брусек останавливается (рис. 3).

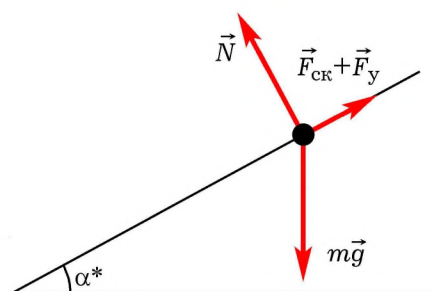


Рис. 4. Силы, действующие на брусок, прикрепленный к пружине, в процессе соскальзывания:  $m\vec{g}$  — сила тяжести;  $\vec{N}$  — нормальная реакция опоры;  $\vec{F}_{\text{ск}}$  — сила трения скольжения;  $\vec{F}_y$  — сила упругости пружины

Изменение механической энергии системы «брусок + пружина» равно работе силы трения скольжения, что выражается уравнением:

$$\frac{ks^2}{2} - mgh = -sF_{\text{ск}}, \quad (2)$$

где  $k$  — жесткость пружины.

Высота  $h$ , на которую опустился брусок при соскальзывании, связана с длиной пройденного бруском пути:

$$h = s \sin \alpha^*. \quad (3)$$

Решение уравнения (2) дает величину силы трения скольжения

$$F_{\text{ск}} = mg \sin \alpha^* - \frac{ks}{2}. \quad (4)$$

Сравнение с формулой (1) показывает, что первое слагаемое в правой части равенства (4) является модулем максимальной силы трения покоя  $\vec{F}_M$ .

Жесткость пружины  $k$  можно измерить в дополнительном эксперименте по удлинению пружины при подвешивании груза определенной массы.

Таким образом, приравнять модули силы трения скольжения и максимальной силы трения покоя возможно, если величина  $ks/2$  пренебрежимо мала относительно величины  $mg \sin \alpha^*$ . Это является первым приближением, которое используется в решении обычных школьных задач.

В следующем приближении различие силы трения скольжения и максимальной силы трения покоя выражается по выше описанной методике после проведения эксперимента на «втором» уровне.

Подобные ситуации возникают практически в каждом физическом исследовании. Переходя последовательно на более высокие уровни эксперимента удастся более глубоко исследовать физическую реальность.

Многолетний опыт работы и социологические опросы показывают, что выстроенная система уровней экспериментальных заданий позволяет подготовить школьников к успешному обучению в лучших ВУЗах РФ и последующей эффективной работе по выбранной специальности.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. О мерах государственной поддержки программ развития передовых инженерных школ. Постановление правительства РФ от 08.04.22. № 619. [https://engineers2030.ru/upload/medialibrary/085/ykqnbv54wn89kt5127ndedy69xdp1pq/pr\\_110422\\_619.pdf](https://engineers2030.ru/upload/medialibrary/085/ykqnbv54wn89kt5127ndedy69xdp1pq/pr_110422_619.pdf).
2. Масленникова Ю. В., Фаддеев М. А. Экспериментальные задания по физике. Учебное пособие. — Н. Новгород: Изд-во Нижегородского государственного университета, 2022. — 128 с.
3. Андреев П. В., Фаддеев М. А. Как написать и защитить школьную научно-исследовательскую работу по физике. Учебно-методическое пособие. — Н. Новгород: Изд-во Нижегородского государственного университета, 2021. — 72 с.

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

Поступила в редакцию 05.03.23.



## ABSTRACTS

**XXVIII All–Russia scientific and practical conference «The Educational Physics Experiment: Topical problems. Modern solutions».** A report on XXVIII All–Russian scientific and practical conference «The Educational Physics Experiment: Topical problems. Modern solutions» is presented. The conference was organized in Glazov on 27–28 January 2023. The names and abstracts of the reports are given. *Keywords:* didactics of physics, educational physics experiment, scientific and practical conference.

**Mayer V. V., Chetkarev A. N. Educational model of a gun on alcohol vapor.** For students of the 9th grade of the basic school, an engineering and physical project is proposed. The purpose of the project is to develop and manufacture a working model of a gun intended for experimental study in the 10th grade of high school of the recoil of the gun when fired. *Keywords:* student project, gun model, recoil when fired, experimental study.

**Faddeev M. A., Maslennikova Yu. V. Solving multilevel experimental problems in physics as one of the ways to prepare students for training in advanced engineering schools.** The article considers an approach to the development and use of multilevel experimental problems in physics in the educational process, which contributes to the effective preparation of students for training in advanced engineering schools. *Keywords:* school physics experiment, multilevel experimental tasks, advanced engineering schools.

**Mayer V. V., Vasiliiev I. A., Kornev Yu. A. High-voltage converter for experiments in electrostatics.** The article describes the schematic diagram, design, manufacturing technology and the results of an experimental study of a high-voltage converter on a field-effect transistor. *Keywords:* electrostatics, educational experiments, high voltage, electronic converter.

**Mayer V. V., Perminov A. A. Laboratory work of the workshop: an educational study of Newton's rings.** The article presents a manual on the laboratory work of a high-level school physics workshop on the study of Newton's rings. *Keywords:* physical workshop, advanced level, laboratory work, Newton rings, educational research.

**Mayer V. V., Varaksina E. I., Kornev Yu. A. Physical modelling of an electrophorical machine.** A working physical model of an electrophorical machine is proposed, intended for a lecture demonstration in the course of general and experimental physics of a pedagogical university. *Keywords:* electrophor, electric spark gap, high voltage capacitor.

**Grebenev I. V. The methodological significance of experimental thinking.** Some aspects of the influence of experimental thinking on the development of methods of teaching physics are considered. *Keywords:* experimental thinking, modeling, school physical experiment.

**Zuev P. V. Didactic value of academician P. L. Kapitsa's quote about engineer training.** Methodological techniques are offered to prepare students for engineering and technical activities. *Keywords:* engineer, engineering activity, activity approach, experiment, theory, model, level of training.

**Mayer V. V., Perminov A. A. Pedagogical experiment: testing the possibility of using new laboratory work in a workshop.** The article presents the conditions, results and analysis of a pedagogical experiment to test the possibility of using laboratory work «Educational study of Newton's rings» in the workshop of the physics and mathematics lyceum. *Keywords:* physics and mathematics lyceum, workshop, laboratory work, Newton rings, pedagogical experiment.