

## ВИРТУАЛЬНАЯ ФИЗИЧЕСКАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ СИЛЫ ТРЕНИЯ КАЧЕНИЯ

Хасанова С.Л.<sup>1</sup>, Толстова И.А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО Стерлитамакский филиал Башкирского государственного университета, Стерлитамак, e-mail: hasanovasl@rambler.ru

Эффективность любого учебного процесса напрямую зависит от получаемых знаний и методов их преподнесения. Как показала практика, передовые методики, такие как интерактивные программы, – это именно то, что помогает заинтересовать обучающегося, пробуждает в нем интерес к предмету и делает его восприятие во много раз более доступным. Активная форма подачи физики – то, что нужно в процессе обучения. Оснащение общеобразовательных заведений современными компьютеризированными средствами и техникой для проведения экспериментов открывает широкие возможности в активной исследовательской деятельности. В работе описывается виртуальная физическая установка, которая является частью целого комплекса подобных установок, предназначенных для определения/исследования силы трения в любых состояниях. Интерфейс лабораторной работы реализован динамической визуализацией физических экспериментов, в основе которых лежит решение обратной задачи на языке ActionScript 2.0, что позволяет изучать явления в режиме реального времени. Виртуальный комплекс может быть использован полностью для студентов СПО и ВПО и частично для школьников профильных классов при очной и дистанционной форме обучения. Отличительной особенностью установки является возможность вариации параметров. Работа является продолжением серии работ авторов по разработке учебных виртуальных лабораторий естественнонаучного цикла.

Ключевые слова: виртуальная установка, физика, эксперимент, демонстрация опытов, электронное образование.

## VIRTUAL PHYSICAL INSTALLATION FOR RESEARCH OF FRICTION OF FRICTION FRICTION

Khasanova S.L.<sup>1</sup>, Tolstova I.A.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Sterlitamak branch of Bashkir state University, Sterlitamak, e-mail: hasanovasl@rambler.ru

The effectiveness of any learning process directly depends on the knowledge obtained and the methods of their presentation. As practice has shown, advanced techniques such as interactive programs are exactly what helps to interest the learner, it awakens interest in the subject in him and makes his perception many times more accessible. The active form of filing physics is what you need in the learning process. Equipping educational institutions with modern computerized facilities and techniques for conducting experiments opens up wide opportunities for active research. In this paper, a virtual physical installation is described that is part of a whole complex of such installations designed to determine / investigate the frictional force in any states. The interface of laboratory work is realized by dynamic visualization of physical experiments based on the solution of the inverse problem in the language of Action Script 2.0, which allows studying phenomena in real time. The virtual complex can be used completely for students of ACT and HPE and partly for schoolchildren of profile classes, with full-time and distance learning. A distinctive feature of the plant is the possibility of variation of parameters. The work is a continuation of a series of works by the authors on the development of educational virtual laboratories of the natural-science cycle.

Keywords: virtual installation, physics, experiment, demonstration of experiments, electronic education.

**Актуальность** работы выражается в разработке контента для электронного образования (ЭО) и дистанционных образовательных технологий (ДОТ), применение которого возможно в средней общеобразовательной школе, у студентов СПО и ВПО. Цели разработки различны. Например, одним из решений руководства вуза для выполнения требований дорожной карты может быть применение ЭО и ДОТ как для заочной, так и для очной и очно-заочной форм обучения. Это позволит снизить нагрузку на преподавателей за

счет перевода части аудиторных занятий в Электронную систему дистанционного обучения (ЭСДО). Этот процесс, безусловно, требует подготовки электронных образовательных ресурсов (ЭОР) [1]. Наиболее ярким и многогранным видом ДОТ являются виртуальные учебные лаборатории, содержащие мультимедийный контент, которые наиболее полно раскрывают свои методические аспекты в дисциплинах естественно-научного цикла. В предыдущих работах авторами представлена серия виртуальных лабораторий по биологии и химии для средней общеобразовательной школы [2, 3].

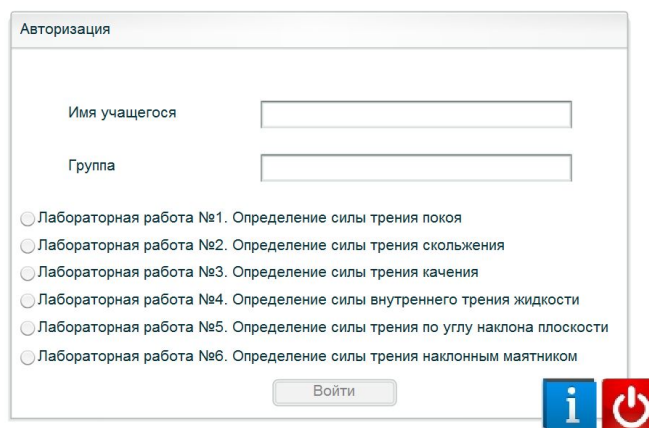
**Целью исследования** является разработка виртуальной интерактивной установки по физике СПО и ВПО, которая является частью целого цикла виртуальных лабораторных работ, предназначенного для изучения разных видов силы трения: трения покоя, трения скольжения, трения качения, внутреннего трения жидкости, трения по углу наклона плоскости, трения наклонным маятником.

**Методом исследования** является программирование средствами языка Action Script в среде Macromedia Flash, в частности графическая визуализация физических установок и приборов, анимация физического процесса, возможность модификации параметров исследования физического явления.

**Результатами исследования** являются разработанные виртуальные физические установки для лабораторных работ по изучению силы трения покоя, трения скольжения, трения качения, внутреннего трения жидкости, трения по углу наклона плоскости, трения наклонным маятником.

В статье рассматривается разработка виртуальной физической установки по изучению силы трения качения. Для того чтобы выбрать нужную работу, достаточно зайти на главную страницу приложения, где маркированным списком представлены названия лабораторных работ (рис. 1).

### Лабораторные работы по изучению сил трения



The screenshot shows a web interface titled "Авторизация" (Authorization). It contains two input fields: "Имя учащегося" (Student name) and "Группа" (Group). Below these fields is a list of six laboratory works, each with a radio button for selection:

- Лабораторная работа №1. Определение силы трения покоя
- Лабораторная работа №2. Определение силы трения скольжения
- Лабораторная работа №3. Определение силы трения качения
- Лабораторная работа №4. Определение силы внутреннего трения жидкости
- Лабораторная работа №5. Определение силы трения по углу наклона плоскости
- Лабораторная работа №6. Определение силы трения наклонным маятником

At the bottom of the form is a "Войти" (Login) button. To the right of the button are two icons: a blue information icon (i) and a red power icon.

Рис. 1. Главная страница приложения

В основе лабораторных работ лежит решение обратной задачи, реализованной

посредством языка ActionScript 2.0 [4, 5], что позволяет производить обучающие занятия в реальном времени.

Интерфейс каждой виртуальной лабораторной установки в приложении одинаков, поэтому рассмотрим в качестве примера лабораторную установку «Определение силы трения качения». С помощью данной работы учащийся может исследовать метод определения коэффициента трения качения деревянного бруска по поверхностям из различного материала.

Качение тела по поверхности другого вызывает силу трения качения, препятствующую самому качению тела. Это объясняется деформацией тел [6, с. 223], из-за которой при движении цилиндра по плоскости сила реакции плоскости  $\vec{N}$  (рис. 2) оказывается под наклоном к плоскости качения и не проходит через ось цилиндра.

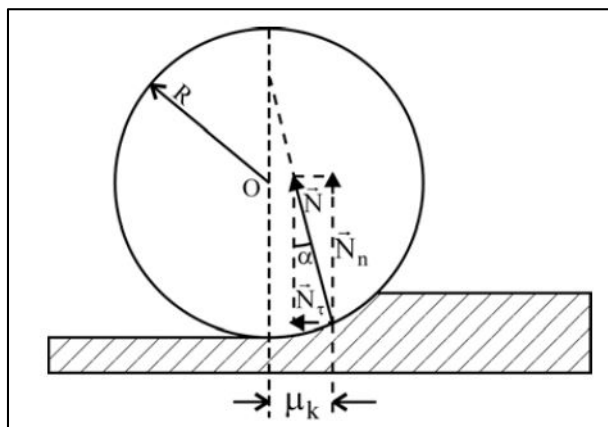


Рис. 2. Движение цилиндра по плоскости

Точка приложения этой силы смещается на некоторое расстояние  $\mu_k$  от линии действия силы тяжести. Так как угол наклона силы  $N$  мал, то  $N_n = N \cos \alpha \approx N$ , а  $N_t$  направлена почти по касательной к поверхности цилиндра [7, с. 176]. Касательная составляющая  $N_t$  – сила трения качения  $F_{тр}$ , которая при равномерном движении цилиндра по плоскости относительно определенной точки рассчитывается по формуле:

$$F_{тр} \cdot r = N_n \cdot \mu_k,$$

где:

- $\mu_k$  – расстояние смещения точки приложения силы (коэффициент трения качения);

- $N_n = N \cos \alpha \approx N$ , где  $N$  – угол наклона силы;
- $r$  – радиус цилиндра.

$F_{тр} \cdot r = N_n \cdot \mu_k$  – это моменты сил трения и реакции плоскости относительно точки.

Так как  $N_n \approx N$ , тогда сила трения качения будет рассчитываться по формуле:

$$F_{\text{тр}} \approx \mu_k \frac{N}{r}$$

Следовательно, коэффициент трения качения – это не что иное, как плечо силы  $N_n$ . Данный параметр не зависит от радиуса цилиндра и скорости качения, но имеет прямую зависимость от материалов, из которых изготовлены взаимодействующие тела и их поверхности.

### Порядок выполнения лабораторной работы

1. Выберите материал подложки (рис. 3).

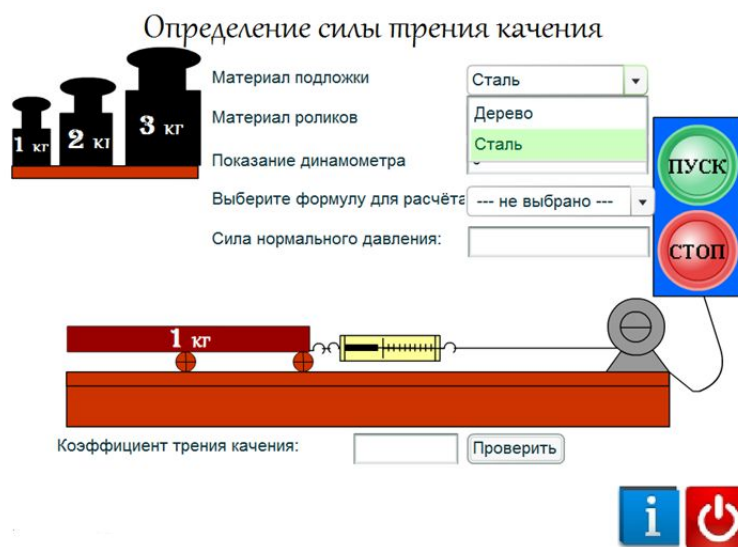


Рис. 3. Выбор материала подложки

2. Прodelайте работу с одним бруском, а затем повторите, нагружая брусок грузами.
3. Зафиксируйте установившуюся силу, которую показывает динамометр.
4. Выберите формулу для расчета (рис. 4).



Рис. 4. Выбор формулы

5. Проверьте, верна ли формула, нажав на кнопку «Проверить».

6. Если формула верна, рассчитайте силу нормального давления.
7. Затем рассчитайте коэффициент трения качения. Радиус ролика указан рядом с материалом ролика.
8. Проверьте правильность вычисления коэффициента трения качения (рис. 5).



Рис. 5. Проверка правильности вычисления коэффициента трения качения

9. Повторите работу с грузами другой массы.
10. Повторите работу с другими материалами подложек.
11. Сделайте выводы по проделанной лабораторной работе.

Приложение имеет достаточно большой программный код в ActionScript 2.0, что позволяет сделать виртуальный комплекс гибким. Приведем пример кода кнопки «Проверить».

При нажатии пользователем кнопки «Проверить» первоначально следует проверить, выбрал ли пользователь формулу для расчета и верна ли она. Затем для некоторых лабораторных работ требуется проверка промежуточных значений (скорости падения шарика с погрешностью 20% в работе «Определение силы внутреннего трения жидкости», силы нормального давления с погрешностью 10% в работах по определению сил трения покоя, скольжения и качения). Если все верно, в таком случае уже происходит проверка определения коэффициента трения с допуском  $\pm 10\%$ .

```
Check.onPress=function():Void {
```

```
    Rez._visible = true;
```

```
    If(Formula.selectedIndex == 0){
```

```
        Rez.text = 'Невыбрана формула!'
```

```
    }else{
```

```
        If(((Formula.selectedIndex == 1) && (typ == 1)) ||
```

```
            ((Formula.selectedIndex == 2) && (typ == 2)) ||
```

```

((Formula.selectedIndex == 3) && (typ == 4)) ||
((Formula.selectedIndex == 4) && (typ == 5)) ||
((Formula.selectedIndex == 6) && (typ == 6)) ||
((Formula.selectedIndex == 5) && (typ == 3))) {
    var usl: Boolean;
    if (typ <= 3) {
        fi = 10;
        usl = Math.abs((massa * g - Number(Normal.text)) *
100 / (massa * g)) > fi / 2 || !Number(Normal.text);
    } else {
        fi = 10;
        usl = Math.abs((sp - Number(Normal.text)) * 100 /
(sp)) > fi * 2.5 || !Number(Normal.text)
    };
    If((typ == 5) || (typ == 6)) {
        usl = false;
    };
    If(usl) {
        If(typ <= 3) {
            Rez.text = 'Силаневерна!';
        } else {
            Rez.text = 'Скоростъ не верна!';
        };
    } else {
        var cstr: String;
        cstr = "";
        for (vari = 0; i < Control.text.length; i++) {
            if (Control.text.charAt(i) == ",") {
                cstr += ".";
            } else {
                cstr += Control.text.charAt(i);
            };
        };
        If(Number(cstr)) {
            If(typ == 1 || typ == 5) {

```

```

        k = k1;
    }else{
        If(typ == 4){
            k = vz;
        }else{
            k = k2;
        };
    };
    Varppk: Number = 1;
    If(typ == 4){
        ppk = 2.5;
    };
    If(Math.abs((k - Number(cstr)) * 100 / k) > fi *
ppk){
        Rez.text = "Не верно!";
    }else{
        Rez.text = "Правильно";
    };
    }else{
        Rez.text = "Не число!";
    };
};
}
};

```

### **Обсуждения и выводы исследования**

Отличительными особенностями предлагаемого ЭОР является следующие:

- систематизация лабораторных работ по изучению сил трения в различных физических процессах;
- возможность использования сетевой реализации;
- гибкость представленного комплекса, позволяющая использовать различные материалы и параметры;
- возможность проверки выбранной пользователем формулы для расчета

промежуточных значений;

- наличие контекстной информации.

Таким образом, для успешной реализации проекта по внедрению ЭО и ДОТ для студентов очной формы необходимы затраты не только на электронную образовательную среду (программную оболочку), но и на разработку самого электронного контента, удовлетворяющего как современным требованиям к ЭОР, так и особенностям преподаваемой дисциплины. Электронный контент должен реализовать активно-деятельностную форму обучения, учитывать дифференциальный подход и принцип модульности при преподавании дисциплины. Разработанный комплекс виртуальных установок для изучения различных видов сил трения соответствует перечисленным выше требованиям, а также повышает мотивацию обучающихся, индивидуализирует темп обучения, компенсирует нехватку оборудования, экономит время исследования физических процессов.

### Список литературы

1. Валявский А.Ю., Егоркина Е.Б., Иванов М.Н., Попова Е.П. Применение электронного обучения и дистанционных образовательных технологий для студентов всех форм обучения // Новые информационные технологии в образовании: материалы IX международной научно-практической конференции. 2016. С. 24–28.
2. Девяткин Е.М., Хасанова С.Л., Чиганова Н.В. Комплекс электронных лабораторных установок по общей физике // Современные проблемы науки и образования. – 2016. – № 4. URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=24956> (дата обращения: 26.08.2018).
3. Хасанова С.Л., Файзуллина Н.Р., Симонова И.А. Виртуальные демонстрационные опыты в средней общеобразовательной школе // Современные проблемы науки и образования. 2017. № 6. URL: <https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=27151> (дата обращения: 26.08.2018).
4. Девяткин Е.М. Комплекс виртуальных демонстрационных установок по электродинамике // Проблемы современного физического образования: сборник материалов III Всероссийской научно-методической конференции. 2015. С. 115–117.
5. Девяткин Е.М. Интерактивные виртуальные лабораторные установки для изучения электрического тока: в сборнике научных статей международной конференции. Барнаул: Алтайский государственный университет, 2015. С. 2331–2333.
6. Архангельский М.М. Курс физики. Механика. М.: Просвещение, 1965. 448 с.
7. Александров А.В., Яшкин А.Я. Курс общей физики. Механика. М.: Просвещение, 1978. 416 с.