



## Использование цифрового микроскопа в лабораторном практикуме по механике

Андрей Михайлович Иванов<sup>1</sup>, Полина Евгеньевна Долотова<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Калининградский государственный технический университет, Калининград, Россия

<sup>1</sup>ridlerg@mail.ru

<sup>2</sup>dpe21@mail.ru

**Аннотация.** Приводится описание лабораторной работы по механике, посвященной определению коэффициента трения соприкасающихся поверхностей. Научная новизна – выполнение эксперимента сопровождается наблюдением поверхностей в цифровой микроскоп.

**Ключевые слова:** физика, лабораторный практикум, трение, цифровой микроскоп.

**Для цитирования:** Иванов А. М., Долотова П. Е. Использование цифрового микроскопа в лабораторном практикуме по механике // Известия Балтийской государственной академии рыбопромыслового флота. 2024. № 3(69). С. 224–227.

### Введение

Лабораторный практикум является неотъемлемой частью обучения физике в техническом вузе. В ходе физического лабораторного практикума у обучающихся происходит формирование методологической культуры современного эксперимента, формируются навыки обращения с приборами и материалами.

Классики науки, среди которых почетное место занимает Ф. В. Бессель, подчеркивали значимость практических занятий при обучении естественным наукам. Бессель отмечал, что экспериментальные занятия имеют важные научно-педагогические функции: самостоятельное приобретение студентами знаний, способ выработки практических навыков для будущей профессиональной деятельности, формирование критического образа мышления [1].

В настоящее время, когда число часов, отведенных на обучение физике в вузе, неуклонно снижается, важно уделять лабораторному практикуму особое внимание [2]. В данной работе приводится описание лабораторной работы для студентов инженерных направлений Калининградского государственного технического университета (КГТУ).

Данная работа посвящена явлению трения и включена в лабораторный практикум кафедры физики КГТУ.

С явлением трения мы знакомы с детства. Трением сопровождается любое механическое движение, что находит отражение в современных технических устройствах. Трением называют сопротивление соприкасающихся тел движению друг относительно друга [3].

В ряде случаев трение является вредным. И его стремятся минимизировать. Один из способов – применение смазки. Многие известные ученые исследовали это явление, среди них такие столпы науки как Леонардо да Винчи, Г. Амонтон и Ш. Кулон [3]. Было установлено, что предельная сила трения покоя, которая возникает между телами *A* и *B* при отсутствии относительного скольжения пропорциональна силе нормального давления, которая согласно третьему закону Ньютона, численно равна силе реакции опоры *N*.

Опыт показывает, что коэффициент *f* зависит от состояния поверхностей соприкасающихся тел, их химической природы, микрошероховатости поверхностей и практически не зависит от площади контакта тел.

В случаях, когда тела движутся с незначительными скоростями корреляцией коэффициента *f* трения и скорости можно пренебречь, однако, в обратном случае такая зависимость будет существенной.

## Экспериментальная часть

Для определения коэффициента силы трения скольжения  $f$  предлагается метод «наклонной плоскости». Тело  $A$  помещается на наклонную поверхность  $B$ , угол наклона которой к горизонту можно менять (рис. 1).

Внешний вид установки показан на рис. 2.

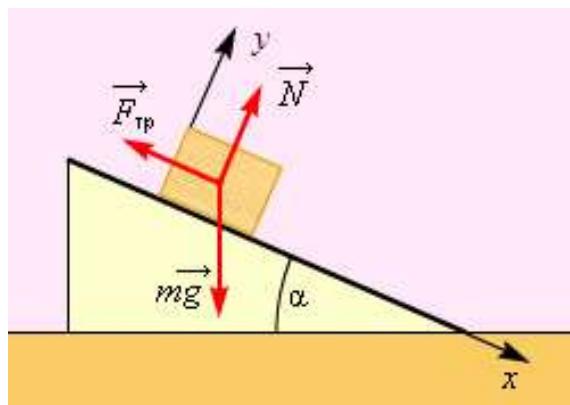


Рис. 1. Тело на наклонной плоскости

Зафиксировав угол наклона плоскости к горизонту  $\alpha$  в тот момент, когда тело  $A$  начнет скользить по наклонной плоскости или двигаться по ней с постоянной скоростью, необходимо измерить время спуска бруска с гладкой поверхностью несколько раз. Экспериментальные данные заносятся в таблицу результатов эксперимента.

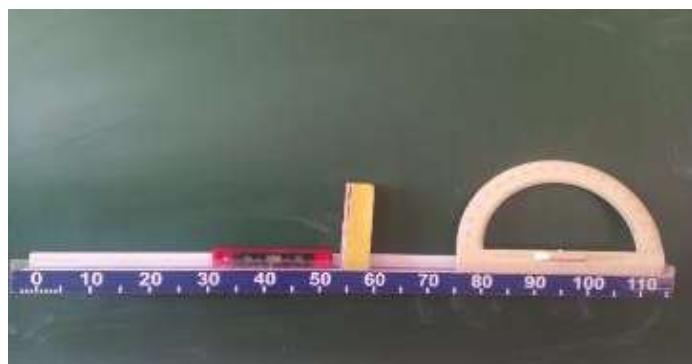


Рис. 2. Фотография экспериментальной установки

Аналогичные измерения проводятся с шероховатой поверхностью. Далее вычисляется среднее время спуска для каждого из исследуемых тел.

Силы, действующие в гравитационном поле Земли на движущееся тело по наклонной плоскости с учетом силы трения.

Второй закон Ньютона записывается следующим образом:

$$m\vec{g} + \vec{N} + \vec{F}_{tp} = m\vec{a}. \quad (1)$$

В проекциях на оси  $x$  и  $y$  получаем уравнения

$$mg \sin \alpha - F_{mp} = ma, \quad (2)$$

$$mg \cos \alpha - N = 0. \quad (3)$$



---

Учитываем аналитическую зависимость силы трения:

$$F_{mp} = f N, \quad (4)$$

Для равноускоренного движения:

$$l = \frac{at^2}{2} \quad (5)$$

Соответственно:

$$a = \frac{2l}{t^2}. \quad (6)$$

Рабочая формула для расчета коэффициента трения скольжения:

$$f = \frac{g \sin \alpha - \frac{2l}{t^2}}{g \sin \alpha}, \quad (7)$$

где  $g$  – ускорение свободного падения,  $l$  - длина наклонной плоскости.

По формуле (7) рассчитываются коэффициенты трения. После расчета коэффициентов трения необходимо проанализировать шероховатость поверхности с помощью цифрового микроскопа, разрешение которого 1000x (рис. 3).

На рис. 4 представлены фотографии поверхностей, исследованных с помощью цифрового микроскопа.



Рис. 3. Портативный цифровой микроскоп



Рис. 4. Фотографии поверхностей, исследованных с помощью цифрового микроскопа

### **Заключение**

Данная лабораторная работа по разделу «Механика» общего курса физики является необходимой для освоения обучающимися основных понятий классической физики, развития аналитических способностей и профессиональных компетенций. Физика – неотъемлемый атрибут образовательного ансамбля, являющаяся ключевой дисциплиной в профессиональных программах технических вузов [4]. Пополнение лабораторно-экспериментальной базы новыми работами является средством формирования образовательной среды для эффективного обучения студентов. Сопровождение выполнения лабораторной работы по механике визуальным наблюдением соприкасающихся поверхностей в микроскоп является инновационным и действенным средством, стимулирующим познавательную активность обучающихся.

### **Список литературы**

1. Лавринович, К. К. Альбертина: Очерки истории Кёнигсбергского университета : научно-популярная литература / К. К. Лавринович. – Калининградский государственный университет : Калининградское книжное изд-во, 1995. – 416 с.
2. Корнева, И. П. Физический лабораторный практикум в морском вузе с элементами исследовательского обучения / И. П. Корнева, Н. С. Попцов // Известия Балтийской государственной академии рыбопромыслового флота : психолого-педагогические науки (теория и методика профессионального образования). – 2018. – № 2(44). – С. 179–183.
3. Иванов, А. С. Мир механики и техники / А. С. Иванов, А. Т. Проказа. – М. : Просвещение, 1993. – 233 с.
4. Сорокин, А. В. Наблюдение, эксперимент, моделирование / А. В. Сорокин, Н. Г. Торгашина, Е. А. Ходос, А. С. Чиганов. – М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006. – 175 с.

### **Информация об авторах**

А. М. Иванов – кандидат физико-математических наук, доцент;  
П. Е. Долотова – студентка.