

## Обеспечение этапа 5. Установления связей данного понятия с

другими понятиями. (количественные зависимости)

Данная лабораторная работа приведена в учебнике под редакцией «Физика 7», под ред. А.А.Пинского, В.Г.Разумовского.

Лабораторная работа №7. Измерение силы трения скольжения.

Если положить на горизонтальную поверхность брусок и подействовать на него с достаточной силой в горизонтальном направлении, то брусок станет двигаться. Нетрудно убедиться, что в этом случае на брусок действуют четыре силы: в вертикальном направлении - сила тяжести  $P$  и сила реакции опоры  $Q$ , равные по модулю противоположные по направлению; в горизонтальном направлении - сила тяги  $F$  и противоположная по направлению сила трения  $F_{\text{тр}}$

Чтобы брусок двигался равномерно и прямолинейно, нужно, чтобы модуль силы тяги был равен модулю силы трения.

На этом основан метод измерения силы трения. Следует приложить к бруску силу тяги, которая будет поддерживать равномерное прямолинейное движение этого тела. По этой силе тяги определяют модуль силы трения.

*Приборы и материалы:* трибометр, состоящий из деревянной линейки и деревянного бруска стремя отверстиями; школьный динамометр; набор грузов по механике.

Задание 1. Определить силу трения между бруском и линейкой.

Указания к работе

1. Определить массу бруска и груза из набора.

2. Зацепив крючок динамометра за крючок бруска, приведите их в равномерное движение по линейке (или по поверхности стола), измерьте силу тяги. Заметим, что во время движения бруска указатель динамометра колеблется, поэтому за результат измерения принимают среднее положение указателя между его крайними отклонениями. Результат измерения запишите в таблицу.

3. Нагружая брусок одним, двумя и тремя грузами, измерьте в каждом случае силу трения. Данные занесите в таблицу.

Задание 2. Определить коэффициент трения

Легко убедиться, что в случае движения тела по горизонтальной поверхности сила нормального давления равна силе тяжести, действующей на это тело:  $N=P$ . Это позволяет вычислить коэффициент трения:

$$\mu = \frac{F_{\text{тр}}}{N} = \frac{F_{\text{тр}}}{P} \quad (4)$$

Однако силу трения определяют с большей погрешностью из-за того, что по ряду причин указатель динамометра не устанавливается на одном месте, а колеблется в процессе измерения. Поэтому целесообразно вычисление вести следующим образом:

1. По экспериментальным точкам постройте график зависимости силы трения от нормального давления. Так как неизбежен разброс экспериментальных точек, то график линейной зависимости силы  $F_{\text{тр}}$  от силы тяжести  $P$ , найдите их отношение. Это и даст среднее значение коэффициента трения.
2. Вычислив значения коэффициента трения для экспериментальных точек, найдите значение, сильнее всего отклоняющееся от среднего.

Разность этих значений дает максимальную погрешность опыта. Найдите отношение погрешности к измеряемой величине (в процентах) [18].

### **Расчет:**

#### **Лабораторная работа № 7. Измерение силы трения скольжения**

*Приборы и материалы:* трибометр, состоящий из деревянной линейки и деревянного бруска с тремя отверстиями; школьный динамометр, цена деления 0,1 Н, пределы измерения 0-4 Н; набор грузов по механике по 100 г каждый.

*Задание 1.* Определить силу трения между бруском и линейкой.

1 Масса бруска и груза из набора.

$m_{\text{бр}}=0,17 \pm 0,01$  кг,  $m_{\text{гр}}=0,1 \pm 0,01$  кг

1. Определим вес бруска и груза с помощью динамометра, запишем в таблицу.

2. Двигая брусок равномерно по деревянной линейке, определили силу тяги, которая равна силе трения. Запишем ее значение в таблицу.

Таблица 14- Результаты вычислений

Количество грузов.	$F_{тр}, Н$	$P, Н$	$\Delta\mu$
Без груза		$0,7\pm0,1$	
Один груз	$0,5\pm0,1$	$1,7\pm0,1$	$0,29\pm0,07$
Два груза	$0,8\pm0,1$	$2,7\pm0,1$	$0,30\pm0,05$
Три груза	$1,1\pm0,1$	$3,7\pm0,1$	$0,30\pm0,04$

3. Определили коэффициент трения для каждого измерения силы трения, занести их в таблицу.

$$\mu = \frac{F_{тр}}{P} \quad (5)$$

3. Определили коэффициент трения для каждого измерения силы трения, занести их в таблицу.

$$\mu = \frac{F_{тр}}{P}$$

$$\mu_1 = \frac{0,5}{1,7} = 0,29$$

$$\mu_2 = \frac{0,8}{2,7} = 0,30$$

$$\mu_3 = \frac{1,5}{3,7} = 0,30$$

4. Определили инструментальную погрешность измерения для каждого значения коэффициента силы трения. Максимальное значение погрешность записать в таблицу как погрешность измерения коэффициента трения.

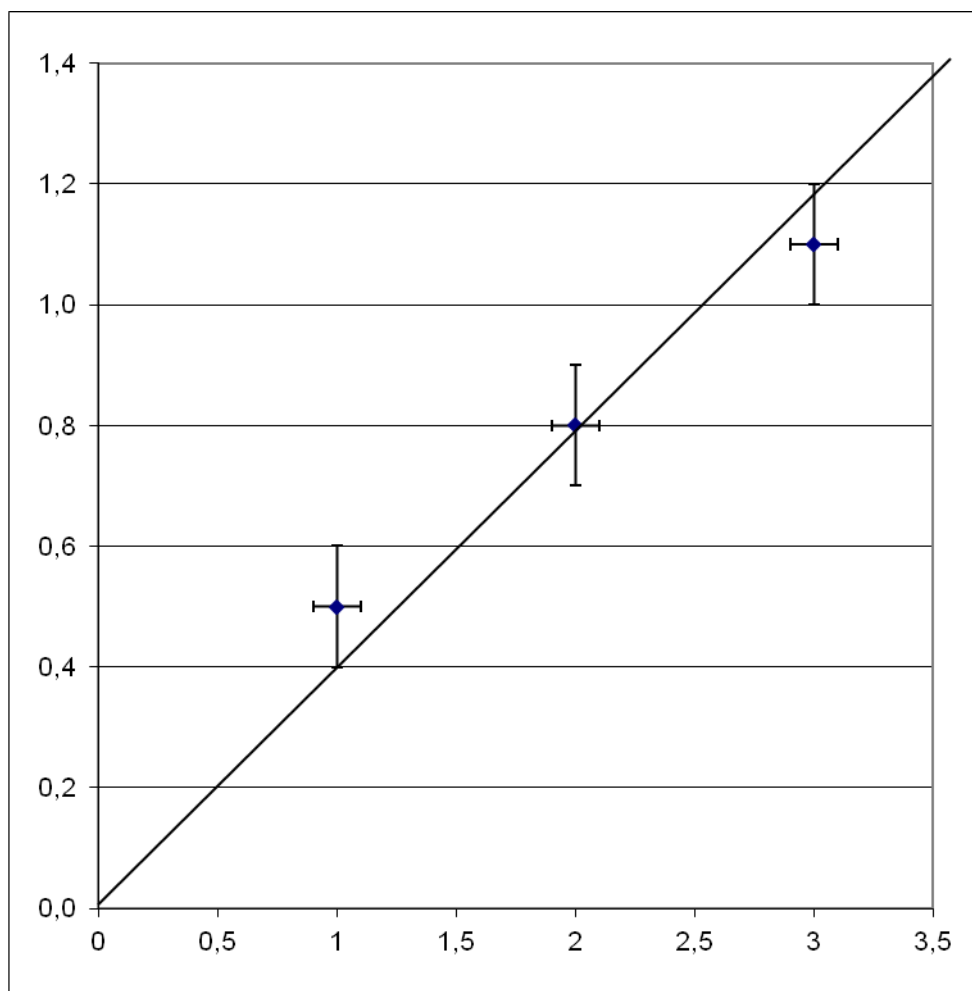


Рисунок 21- График зависимости силы трения от нормального давления

$$\varepsilon_{\mu} = \varepsilon_{F_{mp}} + \varepsilon_P \quad (6)$$

$$\varepsilon_{\mu_1} = \frac{0,1}{0,5} + \frac{0,1}{1,7} = 0,25$$

$$\Delta\mu = \varepsilon_{\mu} \cdot \mu \quad (7)$$

$$\Delta\mu_1 = 0,25 \cdot 0,29 = 0,07$$

$$\varepsilon_{\mu_2} = \frac{0,1}{0,8} + \frac{0,1}{2,7} = 0,16$$

$$\Delta\mu_2 = 0,16 \cdot 0,30 = 0,05$$

$$\varepsilon_{\mu_3} = \frac{0,1}{1,1} + \frac{0,1}{3,7} = 0,12$$

$$\Delta\mu_3 = 0,12 \cdot 0,30 = 0,04$$

Вывод:

1. Коэффициент трения равен 0,3

2. Инструментальная погрешность измерения равна 0,07

3. Коэффициент трения скольжения при взаимном движении тела и по поверхности является величиной постоянной не зависящей от силы нормального давления.

### **Методические рекомендации.**

Данную лабораторную работу целесообразно использовать на этапе 5. Установление связей данного понятия с другими понятиями. Выявлению связей между величинами способствует построение графиков зависимости между величинами и их анализ. Выполняется в 7-м классе.

Метод расчета погрешности, предложенный автором учебника с точки зрения экспериментальной физики, в этой работе является нерациональным, поскольку число измерений должно быть как можно больше от 10 и более.

Работа выполняется на однотипном оборудовании и всеми учащимися, занимает (20-30 минут).

В конце урока обязательное коллективное обсуждение результатов.

При выполнении этой лабораторной работы на второй образовательной ступени (в основной школе) учитель кроме обеспечения этапа формирования понятия реализует дополнительно цели:

1. знакомство с методами измерений
2. формирование обобщенного умения проводить физические измерения
3. формирование обобщенного умения проводить экспериментальную проверку физических закономерностей

Классификация по дидактическим целям:

1. Наблюдение и изучение физических явлений
2. Знакомство с физическими приборами и измерениями по ним.
3. Знакомство с устройством и принципом действия некоторых приборов (динамометр)
4. Проверка физических закономерностей
5. Определение физических констант (коэффициент трения)

Схема проведения лабораторной работы:

1. Вступительная беседа
2. Проведение эксперимента
3. Обработка результатов
4. Выводы
5. Обобщение выводов учащихся, формирования вывода об общей закономерности.

На вступительной беседе должно оговариваться:

если есть приборы, то, как их использовать, объяснить шкалу измерений, техника безопасности, как оформить работу, класс разделить на бригады по два человека

Инструкция (есть ход выполнения работы)

Отчет (нет хода, должны быть таблицы, графики, выводы, вычисление погрешности (в этом случае относительная, учитель заранее должен знать какая погрешность должна получиться).

Критерии оценки:

1. Степень самостоятельности (по наблюдению)
2. Грамотность оформления

## **Обеспечение этапа 8. Обогащение понятия**

### **Лабораторная работа. Определение силы трения скольжения**

Цель: Определите отношение коэффициентов трения покоя и трения скольжения между поверхностью линейки и плоской гранью карандаша.

Оборудование: линейка с делениями, два карандаша.

1. Поставьте в горизонтальном положении линейку на карандаши и начните сдвигать их к центру карандаша. При этом поочередно будет скользить по линейке то один, то другой карандаш. (Значит, на один карандаш действует сила трения скольжения, на другой сила трения покоя. Сменадвигающего карандаша определяется моментами сил реакции опоры).

2. Сделайте чертеж, изобразите силы.

3. Измерьте расстояния от центра линейки до подвижного и

неподвижного карандашей.

4. Запишите два условия равновесия для определенного положения.

5. Определите искомое отношение.

### Измерение коэффициента трения скольжения. Лабораторная работа.

#### 10-й класс

Оборудование: брусок деревянный, линейка деревянная от трибометра, нить, линейка ученическая.

Указания к работе

Брусок с привязанной к длинной грани нитью поставьте торцом на горизонтальную поверхность стола и тяните за нить. Если нить закреплена невысоко над поверхностью стола, то брусок будет скользить. При определённой высоте  $h$  точки  $A$  крепления нити сила натяжения нити  $F$  опрокидывает брусок. Условия равновесия для этого случая относительно точки  $A$ :

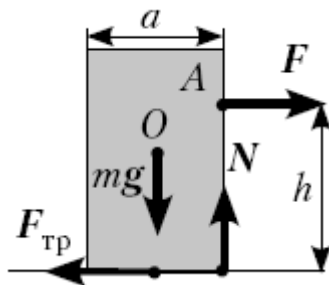


Рисунок 22- Брусок и действующие на него силы

$$Fh - mga/2 = 0; \quad (8)$$

$$F - F_{\text{тр}} = 0; \quad (9)$$

$$N - mg = 0. \quad (10)$$

С учётом выражения  $F_{\text{тр}} = \mu N = \mu mg$  получим, что  $\mu mgh = mga/2$ .

Отсюда  $\mu = a/(2h). \quad (11)$

Обработка результатов.

1. Рассчитайте по формуле значение коэффициента трения скольжения дерева о дерево.
2. Определите погрешность измерений.
3. Запишите полученный ответ с учётом допущенных погрешностей измерений.
4. Сделайте вывод.

### Измерение коэффициента трения скольжения. Лабораторная работа.

#### 10-й класс

Оборудование: карандаш, линейка деревянная от трибометра, линейка ученическая.

#### Указания к работе

Поставьте карандаш на стол вертикально, нажмите на него, наклоните и наблюдайте характер его падения. При небольших углах наклона к вертикали карандаш не проскальзывает относительно поверхности стола при любой величине силы, прижимающей его к столу. Проскальзывание начинается с некоторого критического угла, зависящего от силы трения.

Записывая второй закон Ньютона в проекциях на координатные оси при угле наклона, равном критическому (силой тяжести  $mg$ , действующей на карандаш, по сравнению с большей силой  $F$  пренебрегаем):

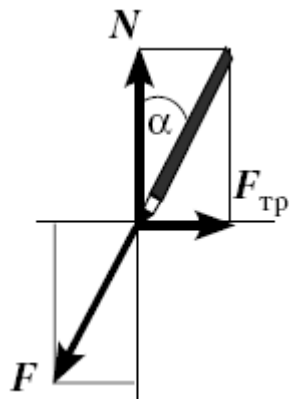


Рисунок 23- Карандаш и действующие на него силы

$$F_{\text{тр}} = F \sin \alpha; \quad (12)$$

$$N = F \cos \alpha. \quad (13)$$

$$F_{\text{тр}} = \mu N \quad (14)$$

$$\mu = \operatorname{tg} \alpha. \quad (15)$$



Обработка результатов.

1. Рассчитайте по формуле значение коэффициента трения скольжения дерева о дерево.
2. Определите погрешность измерений.
3. Запишите полученный ответ с учётом допущенных погрешностей измерений.
4. Сделайте вывод.

### Измерение коэффициента трения скольжения. Лабораторная работа.

Оборудование: линейка деревянная от трибометра, брусок деревянный, транспортир, штатив.

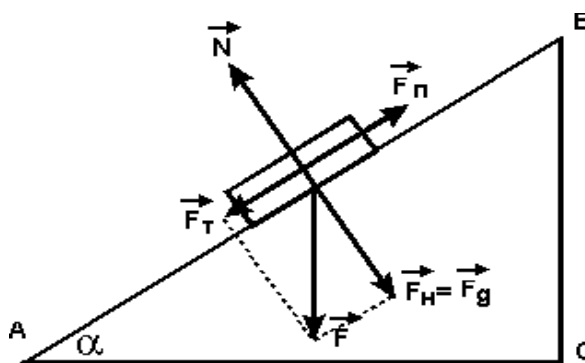


Рисунок 24- Схема движения бруска по наклонной плоскости

1. Используя штатив, закрепите линейку под углом к столу.
2. Положите брусок на закрепленную под углом деревянную линейку.
3. Меняя угол наклона линейки, найдите такой максимальный угол, при котором брусок еще покоится.
4. Измерьте длину линейки и высоту подъема линейки.

5. Рассчитайте  $\mu = \operatorname{tg} \alpha$ . по формуле  $\sin \alpha = \frac{h}{d}$  (16)

значение коэффициента трения скольжения дерева о дерево [34].

**Расчет:**

**Лабораторная работа. Определение силы трения скольжения**

Цель: Определите отношение коэффициентов трения покоя и трения скольжения между поверхностью линейки и плоской гранью карандаша.

Оборудование: линейка с делениями, два карандаша.

Порядок выполнения работы

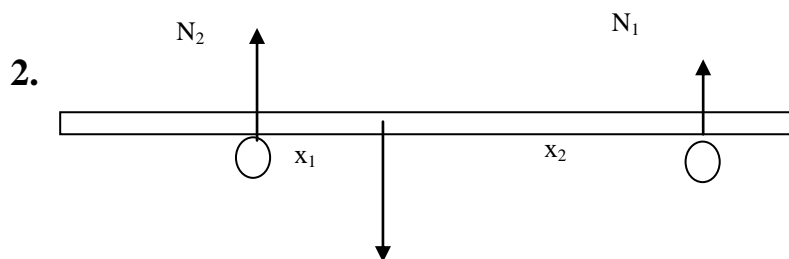


Рисунок 25- Схема линейки и карандашей

3.  $x_1=0,065\pm0,001\text{м}$ ,  $x_2=0,080\pm0,001\text{м}$ .

4. Два условия равновесия для определенного положения

$$N_1 x_1 = N_2 x_2 ; \quad (17)$$

$$N_1 \mu_1 = N_2 \mu_2 , \quad (18)$$

Определили искомое отношение:  $\frac{\mu_1}{\mu_2} = \frac{x_1}{x_2} = 0,065/0,080 = 0,8$

$$\varepsilon_{\mu} = \varepsilon_{x_1} + \varepsilon_{x_2} \quad (19)$$

$$\varepsilon_{\mu} = \frac{0,001}{0,65} + \frac{0,001}{0,08} = 0,14$$

$$\Delta\mu = \varepsilon_{\mu} \cdot \mu \quad (20)$$

$$\Delta\mu = 0,14 \cdot 0,8 = 0,014$$

Вывод:

1. Отношение коэффициентов трения покоя и трения скольжения равен 0,8.
2. Инструментальная погрешность измерения равна 0,014

**Измерение коэффициента трения скольжения. Лабораторная работа.**

**10-й класс**

Оборудование: брусок деревянный, линейка деревянная от трибометра, нить, линейка ученическая.

## Порядок выполнения работы

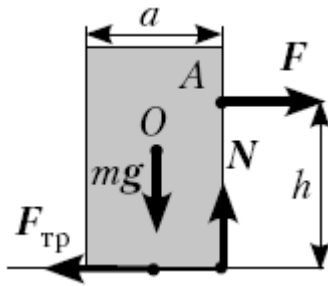


Рисунок 22- Брусек и действующие на него силы

$$a=45\pm0,1 \text{ мм}, b=80\pm0,1 \text{ мм}.$$

$$\mu = a/(2h)$$

$$\mu=45\text{мм}/80\text{мм}=0,28$$

$$\varepsilon_{\mu} = \varepsilon_a + \varepsilon_b \quad (21)$$

$$\varepsilon_{\mu} = \frac{0,1}{45} + \frac{0,1}{80}=0,00325$$

$$\Delta\mu=\varepsilon_{\mu} \cdot \mu$$

$$\Delta\mu = 0,28 \cdot 0,00326 = 0,00091$$

Вывод:

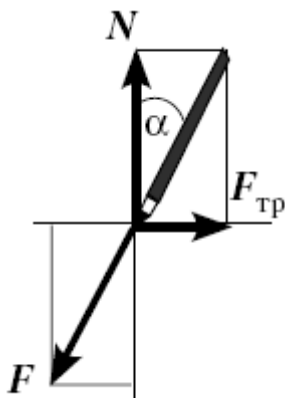
1. Коэффициент трения равен 0,28
2. Инструментальная погрешность измерения равна 0,00091

**Лабораторная работа. Измерение коэффициента трения скольжения.**

**10-й класс**

Оборудование: карандаш, линейка деревянная от трибометра, линейка ученическая.

## Порядок выполнения работы



$$F_{\text{тр}} = F \sin \alpha;$$

$$N = F \cos \alpha.$$

$$F_{\text{тр}} = \mu N$$

$$\mu = \operatorname{tg} \alpha.$$

1. Обработка результатов.

$$\alpha = 26^{\circ}, \mu = 0,49$$

$$2. \text{ Погрешность измерений. } \Delta\mu = \left| \frac{\mu_{\text{изм}} - \mu_{\text{таб}}}{\mu_{\text{изм}}} \right| 100\% \quad (22)$$

$$\left| \frac{0,28 - 0,2}{0,28} \right| 100\% = 28\%$$

$$\Delta\mu = \left| \frac{0,49 - 0,63}{0,49} \right| 100\% = 32\%$$

Вывод:

1. Коэффициент трения равен 0,49

2. Инструментальная погрешность измерения равна 0,32

**Лабораторная работа. Измерение коэффициента трения  
скольжения.**

**10-й класс**

Оборудование: линейка деревянная от трибометра, брусок деревянный, транспортер, штатив.

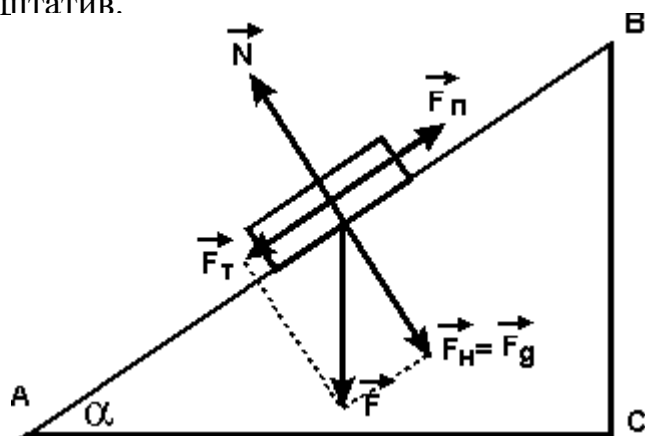


Рисунок 24- Схема движения бруска по наклонной плоскости

1. Положили брусок на закрепленную под углом деревянную линейку.
2. Измерили высоту подъема и длину линейки  $h=15\pm0,01$  см,  $d=50\pm0,01$  см.

$$\sin \alpha = \frac{h}{d}$$
$$\sin \alpha = \frac{15}{50} = 0,3, \alpha = 17^\circ$$

$$\mu = \operatorname{tg} \alpha.$$

$$\mu = 0,3$$

Вывод:

1. Коэффициент трения равен 0,3

### Методические рекомендации

Обогащением понятия в процессе его формирования принято называть выявление новых существенных свойств (сторон) объектов, отражаемых в сознании с помощью иного понятия. Методы (этапы обучения), соответствующие обогащению понятия, называют узловыми точками в развитии понятий.

Данные лабораторные работы развивают у учащихся творческое мастерство и умение действовать четко и аккуратно.

Работы выполняются в 10-м классе, но можно проводить в 7-м классе, в

зависимости от способностей учащихся.

Работа выполняется на однотипном оборудовании и всеми учащимися, занимает (15-20 минут).

В конце урока обязательное коллективное обсуждение результатов.

При выполнении лабораторных работ, учитель кроме обеспечения этапа формирования понятия реализует дополнительно цели:

1. знакомство с методами измерений
2. формирование обобщенного умения проводить физические измерения
3. формирование обобщенного умения проводить экспериментальную проверку физических закономерностей

Классификация по дидактическим целям:

1. Наблюдение и изучение физических явлений
2. Знакомство с физическими приборами и измерениями по ним.
3. Проверка физических закономерностей
4. Определение физических констант (коэффициент трения)

Схема проведения лабораторной работы:

1. Вступительная беседа
2. Проведение эксперимента
3. Обработка результатов
4. Выводы
5. Обобщение выводов учащихся, формирования вывода об общей закономерности.

На вступительной беседе должно оговариваться:  
как оформить работу, класс разделить на бригады по два человека

Инструкция (есть ход выполнения работы)

Отчет (нет хода, должны быть таблицы, графики, выводы, вычисление погрешности (в этом случае относительная, учитель заранее должен знать какая погрешность должна получиться).

Критерии оценки:

1. Степень самостоятельности (по наблюдению)
2. Грамотность оформления