

Государственное высшее учебное заведение
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра физики

ОТЧЁТ
по лабораторной работе №4

ИЗМЕРЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ТРЕНИЯ СКОЛЬЖЕНИЯ

Выполнил студент группы _____

Преподаватель кафедры физики

Отметка о защите _____

Лабораторная работа № 4

ИЗМЕРЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ТРЕНИЯ СКОЛЬЖЕНИЯ

Цель работы – измерить коэффициент трения покоя и коэффициент трения скольжения двух пар материалов.

Приборы и принадлежности: наклонная плоскость, транспортер, груз, секундомер, линейка.

Общие положения

Внешним трением называется взаимодействие между различными соприкасающимися телами, препятствующее их относительному перемещению. Сила трения $\vec{F}_{\text{тр}}$ всегда направлена вдоль поверхности соприкосновения тел противоположно скорости их относительного перемещения.

Трение между поверхностями двух соприкасающихся твердых тел при отсутствии между ними жидкой или газообразной прослойки называется сухим трением.

Сухое трение подразделяется на:

- а) трение покоя – трение при отсутствии относительного перемещения соприкасающихся тел.
- б) трение скольжения – трение при относительном движении соприкасающихся тел.

Сила трения $\vec{F}_{\text{тр}}$, препятствующая возникновению движения одного тела по поверхности другого, называется силой трения покоя. Относительное движение тела возникает при условии $F_{\text{внеш}} > F_{\text{тр}0}^{\text{max}}$. Силу $F_{\text{тр}0}^{\text{max}}$ называют предельной силой трения покоя. Обычно, говоря о силе трения покоя, имеют в виду предельную силу трения покоя.

Сила трения покоя вызывается зацеплением неровностей поверхностей тел, упругими деформациями этих неровностей и сцеплением (слипанием) тел в тех местах, где расстояния между их частицами оказываются малыми и достаточными для возникновения межмолекулярного притяжения. В связи с этим силу трения покоя можно рассматривать как разновидность проявления сил упругости.

В приближенных расчётах полагают, что

$$F_{\text{тр}0}^{\text{max}} = \mu_0 N, \quad (1)$$

Силу \vec{N} , действующую на данное тело со стороны опоры перпендикулярно к его поверхности, называют силой нормальной реакции. Безразмерный коэффициент пропорциональности μ_0 называется коэффициентом трения покоя. Он зависит от материала соприкасающихся тел, от качества обработки соприкасающихся поверхностей, наличия между ними инородных веществ и многих других факторов. Значения коэффициентов трения покоя получают экспериментальным путем.

Сила трения скольжения $\vec{F}_{\text{тр}}$ между поверхностями соприкасающихся тел при их относительном движении пропорциональна силе нормальной реакции:

$$F_{\text{тр}} = \mu N, \quad (2)$$

где μ – коэффициент трения скольжения, зависящий от тех же факторов, что и коэффициент трения покоя μ_0 , а также при небольших скоростях от скорости относительного движения соприкасающихся тел.

Коэффициент трения скольжения определяется опытным путем и в большинстве случаев при малых скоростях относительного движения соприкасающихся тел оказывается меньше коэффициента трения покоя ($\mu < \mu_0$).

Экспериментально установлено, что максимальная сила трения покоя $F_{\text{тр}0}^{\text{max}}$, а также сила трения скольжения $F_{\text{тр}}$ не зависят от площади соприкосновения трущихся тел.

Рассмотрим тело массы m , которое находится на наклонной плоскости с углом наклона α (рис.1). На тело действуют силы: $m\vec{g}$ – сила тяжести, \vec{N} – сила нормальной реакции опоры, $\vec{F}_{\text{тр}}$ – сила трения.

Если груз движется с ускорением \vec{a} вдоль наклонной плоскости, то по второму закону Ньютона сумма всех сил, действующих на тело, равна произведению массы этого тела на ускорение, с которым движется тело:

$$m\vec{g} + \vec{N} + \vec{F}_{\text{тр}} = m\vec{a}. \quad (3)$$

Введем систему координат xOy (см. рис. 1) и запишем второй закон Ньютона в проекциях на выбранные оси:

$$\begin{aligned} 0x: \quad mg \sin \alpha - F_{\text{тр}} &= ma \\ 0y: \quad mg \cos \alpha - N &= 0 \\ F_{\text{тр}} &= \mu N. \end{aligned}$$

Из системы уравнений выражаем коэффициент трения скольжения:

$$\mu = \operatorname{tg} \alpha - \frac{a}{g \cos \alpha}. \quad (4)$$

Если тело покоится или движется равномерно, то $a = 0$, т.е. сумма проекций на каждую ось равна нулю. Тогда коэффициент трения покоя будет равен

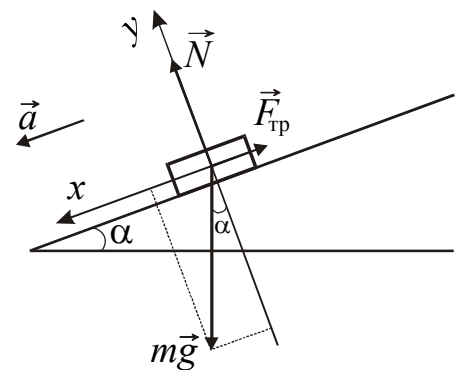


Рисунок 1

$$\mu_0 = \operatorname{tg} \alpha_0, \quad (5)$$

где α_0 – угол, при котором тело движется по наклонной плоскости равномерно.

Ускорение a можно найти из закона равноускоренного движения

$$S = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2.$$

При $v_0 = 0$

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

Подставляя (6) в формулу (4), получим расчётную формулу для коэффициента трения скольжения:

$$\mu = \operatorname{tg} \alpha - \frac{2S}{g \cos \alpha \cdot t^2}. \quad (7)$$

Описание экспериментальной установки

Экспериментальная установка представляет собой штатив, на котором укреплен желоб с транспортиром, измеряющим угол наклона α желоба к горизонту. Изменение угла α регулируется с помощью винта. Тело представляет собой стальной прямоугольный параллелепипед, одна грань которого покрыта тонким слоем целлулоида. Время прохождения телом расстояния S измеряется с помощью электронного секундомера.

Подготовка к работе

(ответы представить в письменном виде)

1. В чем состоит цель работы?
2. Какие измерительные приборы используются при выполнении данной работы?
3. Какие физические величины Вы будете измерять непосредственно (прямые измерения)?
4. По каким формулам Вы будете рассчитывать коэффициенты трения покоя и коэффициент трения скольжения? Поясните смысл обозначений.

Выполнение работы

Задание 1. Определение коэффициента трения покоя

1. Укрепить желоб в горизонтальном положении и положить на него груз. Медленно опуская желоб, определить угол наклона желоба в момент начала движения тела. Измерения проделать 5 раз для каждой пары соприкасающихся материалов: сталь–сталь и сталь–целлулоид. Результаты занести в таблицу.

Задание 2. Определение коэффициента трения скольжения

1. Из пяти измеренных углов наклона для пары соприкасающихся материалов сталь–сталь выбрать максимальное значение α_{\max} . Установить угол α наклона желоба больший α_{\max} на один градус ($\alpha = \alpha_{\max} + 1^\circ$).
2. Измерить расстояние S , проходимое телом от метки до конца желоба.
3. Измерить 5 раз время движения груза по наклонному желобу от метки до конца желоба.
4. Выполнить аналогичные измерения для пары соприкасающихся материалов сталь–целлулоид согласно п.1-3. Данные измерений для каждой пары соприкасающихся поверхностей занести в таблицу.

Оформление отчёта

1. Расчёты

Задание 1. Определение коэффициента трения покоя

1. Найти среднее арифметическое значение угла наклона для каждой пары материалов.
2. Вычислить коэффициенты трения покоя по формуле (5).

Задание 2. Определение коэффициента трения скольжения

1. Рассчитать по формуле (7) коэффициент трения скольжения для каждой пары материалов по результатам каждого опыта.
2. Найти среднее арифметическое значение коэффициентов трения скольжения для каждой пары материалов.
3. Рассчитать абсолютную погрешность для каждой пары материалов как для прямых измерений.
4. Рассчитать относительную погрешность измерений.
5. Окончательный результат записать в виде:
сталь-сталь: $\mu = \mu_{\text{ср}} \pm \Delta\mu$
сталь-целлулоид: $\mu = \mu_{\text{ср}} \pm \Delta\mu$

2. Защита работы

(ответы представить в письменном виде)

1. Что называется трением? В чем причина его появления?
2. Какие виды сухого трения Вы знаете?
3. Что называется силой трения покоя?
4. Укажите силы, действующие на тело на наклонной плоскости.
5. От чего зависит коэффициент трения покоя?
6. От чего зависит коэффициент трения скольжения?
7. Какой вывод можно сделать из результатов работы?

ПРОТОКОЛ
измерений к лабораторной работе №4

Выполнил(а) _____

Группа _____

Задание 1

№ п/п	Сталь-сталь		Сталь-целлулоид	
	α°	μ_0	α°	μ_0
1				
2				
3				
4				
5				
среднее				

Задание 2

№ п/п	Сталь-сталь				Сталь-целлулоид			
	α°	S , м	t , с	μ	α°	S , м	t , с	μ
1								
2								
3								
4								
5								
среднее								

Дата _____

Подпись преподавателя _____