

ОТЧЁТ
по лабораторной работе №23

ИЗМЕРЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ТРЕНИЯ СКОЛЬЖЕНИЯ

Выполнил студент группы _____

Преподаватель кафедры физики

Отметка о защите _____

Лабораторная работа №23

ИЗМЕРЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ТРЕНИЯ СКОЛЬЖЕНИЯ

Цель работы – измерить коэффициент трения скольжения для различных пар материалов.

Приборы и материалы: тела, изготовленные из разных материалов; установка для измерения коэффициента трения скольжения; технический угломер.

Общие положения

Трение – это взаимодействие между различными соприкасающимися телами, препятствующее их относительному перемещению.

Мерой взаимодействия таких тел являются силы трения скольжения. Эти силы всегда действуют на оба тела одновременно. Сила трения скольжения направлена вдоль поверхности соприкасающихся тел противоположно скорости их относительного перемещения. При изменении направления скорости направление силы трения изменяется. Силы тормозящего трения всегда мешают относительному перемещению соприкасающихся тел.

Силы трения вызываются зацеплением 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 можно рассматривать как разновидность проявления сил упругости.

Согласно закону Амонтона – Кулона сила трения скольжения $\vec{F}_{\text{тр}}$, которая действует на твёрдое тело, прямо пропорциональна силе нормальной реакции опоры N того твёрдого тела, вдоль поверхности которого оно скользит, и направлена в сторону, противоположную движению.

$$F_{\text{тр}} = \mu N, \quad (1)$$

где μ – коэффициент трения скольжения. Коэффициент трения характеризует не тело, на которое действует сила трения, а сразу два тела, трущиеся друг о друга. Он зависит от материала соприкасающихся тел, от качества обработки соприкасающихся поверхностей, наличия между ними инородных веществ и многих других факторов. Опыты показали, что коэффициент трения не зависит

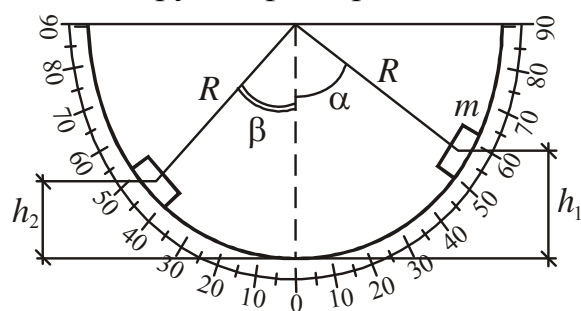


Рисунок 1

от площади соприкасающихся поверхностей. Коэффициент трения скольжения определяют экспериментально.

Для того, чтобы определить коэффициент трения скольжения рассмотрим движение тела массой m , которое может скользить вдоль внутренней поверхности цилиндра (рис. 1). Поверхность тела и цилиндра отшлифованы не идеально.

На тело действуют сила тяжести, сила нормальной реакции опоры и сила трения скольжения. Архимедову силу и силу сопротивления воздуха не учитываем. Если тело поместить на некоторую высоту h_1 , то оно отклонится на некоторый угол α . Можно подобрать такое значение угла, при котором тело, если его отпустить, пройдет положение равновесия и остановится на некоторой высоте h_2 , не совершая колебаний (рис. 1). Работа силы трения скольжения будет равна изменению потенциальной энергии тела:

$$A = -\Delta W_{\text{п}} = mgh_1 - mgh_2, \quad (2)$$

Найдем изменение потенциальной энергии. Из чертежа определим h_1 и h_2 .

$$h_1 = R - R \cos \alpha = R(1 - \cos \alpha); \quad (3)$$

$$h_2 = R - R \cos \beta = R(1 - \cos \beta) \quad (4)$$

$$h_1 - h_2 = R(\cos \alpha - \cos \beta). \quad (5)$$

Сделаем замену в (2) и выполним тригонометрические преобразования. Изменение потенциальной энергии тела будет равно:

$$-\Delta W_{\text{п}} = 2mgR \sin \frac{\alpha + \beta}{2} \sin \frac{\alpha - \beta}{2}. \quad (6)$$

Силу трения выразим через силу тяжести (рис. 2):

$$F_{\text{тр}} = \mu N = \mu mg \cos \alpha. \quad (7)$$

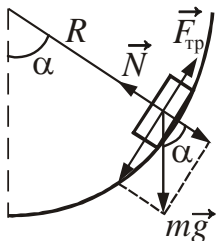


Рисунок 2

Из уравнения (7) следует, что по мере перемещения тела сила трения будет изменяться, так как угол α изменяется. Для нахождения работы переменной силы необходимо записать выражение для элементарной работы и затем проинтегрировать полученное выражение в пределах от α до β . После математических преобразований придем к следующему результату:

$$A = 2\mu mg \sin \frac{\alpha + \beta}{2} \cos \frac{\alpha - \beta}{2}. \quad (8)$$

Приравняем выражения (6) и (8) и получим формулу для расчёта коэффициента трения скольжения:

$$\mu = \operatorname{tg} \frac{\alpha - \beta}{2}, \quad (9)$$

где α – угол между радиусом R и вертикалью в начальном положении тела m (на высоте h_1 относительно уровня положения равновесия);

β – угол между радиусом R и вертикалью в конечном положении тела m (на высоте h_2 относительно уровня положения равновесия).

Описание экспериментальной установки

Экспериментальная установка представляет собой технический угломер, на котором нанесена шкала с делениями, позволяющая измерять угол отклонения от вертикали. Поверхность угломера, по которой перемещаются тела, выполнена из стали. Коэффициент трения определяется для трех пар тел.

Тела представляют собой прямоугольные параллелепипеды, изготовленные соответственно из стали, алюминия и бронзы. На телах нанесены риски, по положению которых замеряются углы.

Подготовка к работе

(ответы представить в письменном виде)

1. В чём состоит цель работы?
2. Какой измерительный прибор используется при выполнении данной лабораторной работы?
3. Какие физические величины Вы будете измерять непосредственно (прямые измерения)?
4. По какой формуле Вы будете рассчитывать коэффициент скольжения? Поясните смысл обозначений.

Выполнение работы

1. Поместить первое тело m_1 на шкале угломера, отклонив его от положения равновесия на некоторый угол α . Тело удерживать рукой. Отпустить тело и предоставить ему возможность двигаться без начальной скорости вдоль поверхности цилиндра до остановки. Отпустив тело несколько раз, подобрать такое значение угла α , при котором тело пройдет положение равновесия и остановится на некоторой высоте h_2 , не совершая колебаний.
2. Записать в протокол значение угла α . Выполнить 5 измерений угла β для данного тела при выбранном угле α .
3. Выполнить измерения согласно п.1-2 для тел m_2 и m_3 , изготовленных из других материалов.

Оформление отчёта

1. Расчёты

1. Рассчитать коэффициент трения скольжения по результатам каждого опыта по формуле (9).
2. Найти среднее арифметическое значение коэффициентов трения для каждой пары материалов.
3. Рассчитать абсолютную погрешность определения коэффициента трения скольжения для каждой пары материалов как для прямых измерений.
4. Рассчитать относительную погрешность измерений.
5. Окончательный результат для каждой пары материалов записать в виде:

$$\mu = \mu_{\text{ср}} \pm \Delta\mu$$

2. Защита работы

(ответы представить в письменном виде)

1. Что называется трением? В чём причина его появления?
2. Запишите формулу, по которой рассчитывается сила трения?
3. От чего зависит коэффициент трения скольжения?
4. Приведите примеры «полезного» и «вредного» действия сил трения.
5. Какой вывод можно сделать из результатов работы?

ПРОТОКОЛ
измерений к лабораторной работе №23

Выполнил(а) _____

Группа _____

Материалы, из которых изготовлены тела:

 m_1 – _____; m_2 – _____; m_3 – _____;

Материал поверхности цилиндра – сталь.

№ п/п	Сталь –			Сталь –			Сталь –		
	α , град	β , град	μ	α , град	β , град	μ	α , град	β , град	μ
1									
2									
3									
4									
5									
Среднее значение									

Дата _____

Подпись преподавателя _____