

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЙ
УЧЕБНО-НАУЧНЫЙ ЦЕНТР –
факультет МГУ имени М.В. Ломоносова,
Школа имени А.Н. Колмогорова

Кафедра физики

Общий физический практикум

Лабораторная работа № 1.2

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА
ТРЕНИЯ СКОЛЬЖЕНИЯ**

2011 г.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ТРЕНИЯ СКОЛЬЖЕНИЯ

В данной работе необходимо измерить коэффициент трения скольжения μ для двух типов соприкасающихся поверхностей и проверить экспериментально его независимость от силы нормального давления. В основе метода лежит использование того факта, что при относительном проскальзывании тел полная сила их взаимодействия (т.е. сумма сил нормального давления к трения) всегда наклонена к нормали, под определенным углом, задаваемым коэффициентом трения. Если одним из исследуемых тел толкать другое, то чтобы наблюдалось их взаимное проскальзывание, то по траектории движения последнего можно судить о направлении полной силы взаимодействия тел и, следовательно, о коэффициенте имеющегося между ними трения.

Теоретическая часть

Сила трения скольжения \vec{F}_{mp} , возникающая при взаимном проскальзывании соприкасающихся тел, как показывает опыт, лежит в общей касательной плоскости, направлена навстречу относительной скорости движения и по модулю равна:

$$|\vec{F}_{mp}| = \mu N, \quad (1)$$

где N – сила нормального давления, μ – коэффициент трения скольжения. Величина этого коэффициента зависит от свойств трущихся поверхностей и от значения их относительной скорости. При малом диапазоне изменения величины

этой скорости коэффициент трения скольжения можно считать постоянной величиной, зависящей только от свойств поверхностей.

Поскольку используемый в работе графический метод определения основан на измерении углов между траекторией движения одного из тел и нормалью к плоскости его соприкосновения с другим, это другое сделано в виде толстой линейки (точнее, дюралевого уголка), могущей совершать строго поступательное (т.е. без вращения) движение. При таком движении нормаль все время сохраняет свое направление, и измерение углов облегчается. При равномерном движении линейки (тело 1) по столу с листом бумаги на нем вправо тело 2, увлекаемое линейкой, тоже начинает двигаться (см. рис. 1).

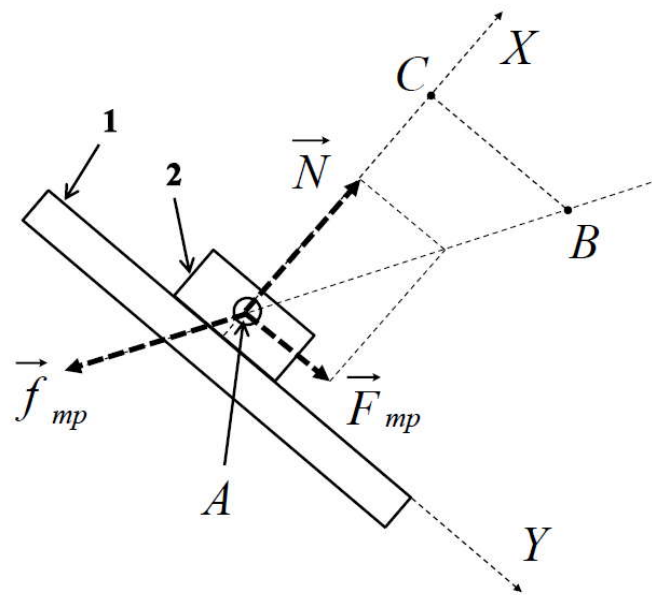


Рис. 1 К пояснению сил, действующих в эксперименте.
1 – линейка, 2 – исследуемое тело.

Экспериментальная часть

Состав и оборудование экспериментального стенда:

1. Плоская прямоугольная доска;
2. Рейсшина с дюралевого линейкой, которая при помощи винта С может изменять угол наклона к кромке доски АВ;
3. Тело с отверстием в центре (для отmarkания траектории его движения на листе бумаги);
4. Угольник;
5. Лист гладкой бумаги (для отmarkания на ней траектории движения тела);
6. Карандаш;
7. Измерительная металлическая линейка.

Порядок проведения эксперимента

На плоскость доски 1 накладывается и закрепляется линейка 2 с помощью боковых рейсшин 3 и устанавливается угол $\alpha=40-45^\circ$ (рис. 2).

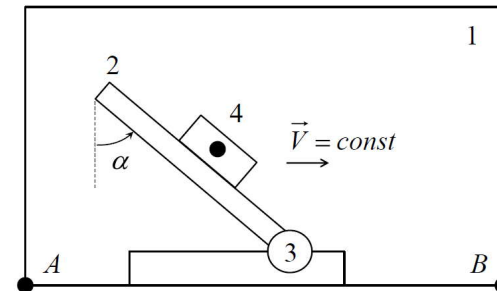


Рис. 2 Схема экспериментального стенда

При перемещении тела в горизонтальной плоскости на него будут действовать три силы (вертикальные силы, действующие на тело, не рассматриваются):

\vec{f}_{mp} - сила трения со стороны бумаги, направленная против движения тела,

\vec{F}_{mp} - сила трения со стороны линейки;

\vec{N} - сила нормального давления со стороны линейки.

В проекции на оси X и Y 2-ой закон Ньютона записывается в виде системы уравнений:

$$\begin{cases} F_{mp} - f_{mp} \sin \varphi = 0 \\ N - f_{mp} \cos \varphi = 0 \end{cases} \quad (2)$$

Разделив первое уравнение на второе и учитывая (1), получаем:

$$\mu = \operatorname{tg} \varphi \quad (3)$$

Таким образом, движение тела 2 оказывается прямолинейным, причем его траектория будет отклоняться от нормали к линейке на угол:

$$\varphi = \operatorname{arctg} \mu \quad (4)$$

К боковой поверхности линейки прикладывается исследуемое тело 4. Осторожно отmarkается карандашом начальное положение его центра (т. А на рис. 1) и положение линейки

рейсшины. Прижимая рейсшину к кромке доски, плавно двигают линейку вправо. При этом тело (рис. 2) скользит вдоль линейки и перемещается в новое положение, которое тоже осторожно отмечают карандашом (т. В на рис. 1). (**Если тело не скользит, необходимо увеличить угол α – проскальзывание тела и линейки обязательно для данной методики измерений**). Затем точки А и В соединяют прямой, получая траекторию движения тела. Необходимо построить семь прямых, соответствующих различным начальным точкам А. Затем, пользуясь рейсшиной и угольником, проводят нормаль к линейке через начальные точки каждой траектории (прямые АС). Полученный угол ВАС и будет определять коэффициент трения пары «линейка - исследуемое тело». Чтобы исключить ошибку, связанную с отклонением прямого угла угольника от 90°, через каждую точку А проводят по два перпендикуляра, располагая угольник сначала с одной, а затем с другой стороны от точки А. Точная нормаль будет, очевидно, проходить строго между перпендикулярами, являясь биссектрисой образованного ими угла. Проводить ее не обязательно, но учитывать при измерении расстояний до перпендикуляров (определяющих $tg\varphi$) необходимо. Для удобства вычислений длина отрезка АС берется равной 100 мм. Для нахождения через точку С пользуясь рейсшиной, проводят прямую до пересечения с соответствующей траекторией в точке В. Понятно, что при выполнении всех указанных действий угол φ наклона линейки должен оставаться строго постоянным. Длины всех семи отрезков ВС измеряются в миллиметрах. Затем вычисляется среднее арифметическое l_{cp} . Коэффициент трения скольжения вычисляется по формуле:

$$\varphi \approx \frac{l_{cp}(\text{мм})}{100(\text{мм})} \quad (5)$$

В работе требуется провести четыре серии измерений (по 7 измерений в каждой). Первые две серии проводятся с одним и тем же телом при различных углах α (отличающихся на 15-20°). Совпадение полученных значений μ в обеих сериях подтверждает корректность выбранной методики измерений.

В двух последних сериях экспериментально проверяется независимость μ от силы нормального давления трущихся поверхностей друг на друга. Эти серии измерений проводятся уже с другим телом (отличающимся весом) и при постоянном угле α . Здесь варьируется N: в одном случае брусок перемещают без дополнительного воздействия, а другом - на него кладется сверху еще один подобный брусок (**не касающийся линейки!**). Это приводит к возрастанию силы трения между бумагой и исследуемым телом и, как следствие, увеличению нормального давления на него со стороны линейки. Результаты измерений заносятся в следующую таблицу, заполняя первые её столбцы для каждой серии измерений (материал исследуемых тел указан условно).

Таблица №1

n	Сталь, α_1		Сталь, α_2		Эбонит, N ₁		Эбонит, N ₂	
	l_1 , мм	Δl_1 , мм	l_2 , мм	Δl_2 , мм	l_1 , мм	Δl_1 , мм	l_2 , мм	Δl_2 , мм
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
Средние								

Здесь n – номер измерения (траектории), N_1 и N_2 – силы нормального давления линейки на исследуемое тело. Кроме таблицы к отчёту обязательно прилагаются листы с построенными семействами траекторий (по два семейства на каждого выполняющего работу)

Расчётная часть

1. Рассчитайте коэффициенты трения в каждой из реализаций для каждого из образцов;
2. Рассчитайте средние значения коэффициентов трения для каждого из образцов;
3. Оцените погрешности измеренных величин;
4. Рассчитайте погрешности определения значений коэффициентов трения для каждого из образцов, исходя из правил расчёта погрешностей значений функций при известных значениях погрешностей их аргументов;
5. Представьте итоговые результаты согласно правилам округления;
6. Сделайте письменно вывод о проделанной лабораторной работе и о мере совпадения результатов с взятыми из справочника;
7. Предложите пути повышения точности определения коэффициента μ предложенным способом;
8. Предложите другие способы измерения этой величины.

Вопросы

1. Что такое коэффициент трения скольжения и от чего он зависит?
2. От чего зависит сила трения покоя? Сила трения скольжения?
3. Чем отличаются силы сухого и вязкого трения?
4. Каков порядок величины коэффициента μ ?
5. Как сильно влияет на точность определения величины коэффициента μ факт его приближённого вычисления по формуле (5), а не по формуле (4)?
6. Какова будет траектория бруска, если рейсшину двигать равноускоренно? Равнозамедленно?
7. Как влияет сила трения о бумагу на величину измеряемого коэффициента трения? на величину силы трения $F_{тр}$? Как будут изменяться все три силы, действующие на брусок, если брусок положить на более гладкую или на менее гладкую поверхность?
8. Чем ограничены сверху и снизу значения угла α . Обязателен ли постоянный контакт рейсшины с бруском? Как изменится его траектория, если рейсшину двигать толчками?

Рекомендованная литература

1. Мякишев Г.Я., Синяков А.З., «Механика», учебник Физика-10 класс.
2. Матвеев А.Н., «Механика: учебное пособие», т. 1.
3. Сивухин Д.В., «Общий курс физики», т. 1.
4. Ландсберг Г.С., «Элементарный учебник физики», т. 1.
5. Сергеев С.П. «Обработка результатов физического эксперимента».