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**

2020 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 и трения) всегда наклонена к нормали под определенным углом, задаваемым коэффициентом трения. Если одним из исследуемых тел толкать другое так, 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 $\vec{F}\_{тр}$ , возникающая при взаимном проскальзывании соприкасающихся тел, как показывает опыт, лежит в общей касательной плоскости, направлена навстречу относительной скорости движения и по модулю равна:

$\left|\vec{F}\_{тр}\right|=μN,$ (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, пластикового уголка), способной 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 вправо тело 2, увлекаемое линейкой, тоже начинает двигаться (см. рис. 1).



*Рис. 1. К пояснению сил, действующих в эксперименте.*

*1 — линейка, 2 – исследуемое тело*

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

$\vec{f}\_{тр}$ – сила трения со стороны бумаги, направленная против движения тела,

 $\vec{F}\_{тр}$ – сила трения со стороны линейки;

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

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

$\left\{\begin{array}{c} \&F\_{тр}- f\_{тр}\sin(φ)=0\\\&N-f\_{тр}\cos(φ)=0\end{array}\right.$ (2)

 Из этих уравнений получаем:

$μ=tgφ$ (3)

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

$φ=arctgμ$ (4)

**Экспериментальная часть**

Состав и оборудование экспериментального стенда:

1. Парта;
2. Пластиковый уголок с прикрепленными с помощью канцелярских зажимов (8, 9) линейками (10,11), с помощью которых можно изменять угол наклона к кромке парты (посредством перемещения линейки 10 с зажимом 8);
3. Исследуемое тело;
4. Угольник;
5. Лист гладкой бумаги (для отметки на ней траектории движения тела);
6. Карандаш;
7. Измерительная линейка.

Порядок проведения эксперимента

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

*Рис. 2* *Схема экспериментального стенда*.

К боковой поверхности уголка 2 прикладывается исследуемое тело 3. Осторожно отмечается карандашом начальное положение его центра (т. А на рис. 1) и положение линейки 11. Прижимая уголок 2 к кромке доски, плавно двигают линейку 11 вправо. При этом тело 3 (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 угольником, проводят нормаль к пластиковому уголку через начальные точки каждой траектории (прямые $АС$). Полученный $∠ВАС$ и будет определять коэффициент трения пары «пластик - 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 $tgφ$) необходимо. Для удобства вычислений длина отрезка $АС$ берется равной $100 мм$. Через точку С, пользуясь пластиковым уголком, проводят прямую до пересечения с соответствующей траекторией в точке $В$. Понятно, что при 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 $l\_{ср}$. Коэффициент трения скольжения вычисляется по формуле:

$φ≈\frac{l\_{ср}(мм)}{100(мм)}$ (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*

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Резинка, $α\_{1}$ | Резинка, $α\_{2}$ | Дерево, $N\_{1}$ | Дерево, $N\_{2}$ |
| n | $$l\_{1},$$ *мм* | $∆l\_{1},$*мм* | $$l\_{2},$$*мм* | $$∆l\_{2},$$*мм* | $$l\_{1},$$*мм* | $$∆l\_{1},$$*мм* | $$l\_{2},$$*мм* | $$∆l\_{2},$$*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 изменяется 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.Н. «Обработка результатов физического эксперимента».