

Условие

Задание 1. Мыльное трение.

Приборы и оборудование: штатив, кусок мыла, секундомер, линейка, доска, резиновая полоса, набор грузов (100, 50, 20, 10 г), влажная салфетка.

Полоску резины перед каждым измерением надо вытереть на чисто влажной салфеткой.

Известный закон Кулона-Амонтона, описывающий силу трения

$$F = \mu N, \quad (1)$$

в котором коэффициент трения считается постоянной величиной $\mu = \text{const}$, является приближенным.

Р. Ариано в 1929 году установил, что коэффициент силы трения мыла о резину μ увеличивается с ростом скорости тела v . Эта зависимость может быть описана (тоже приближенно) формулой

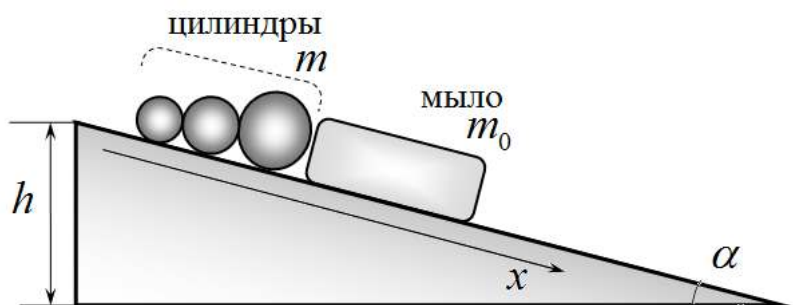
$$\mu = kv^\gamma \quad (2)$$

где k - некоторый постоянный размерный коэффициент.

В данной задаче Вам предстоит исследовать движение куска мыла по наклонной плоскости, покрытой полоской резины. Главной целью работы является определение показателя степени γ .

Экспериментальная установка.

В качестве наклонной плоскости используется доска, покрытая полоской резины. На полоску резины прикрепите полоску со шкалой, позволяющей измерять координаты x движущихся тел. Верхний край доски закреплен в штативе. Высоту этого края над поверхностью стола h можно изменять в ходе эксперимента. Второй край доски опирается на поверхность стола. На доске располагается кусок мыла, скольжение которого изучается в данной работе.



Для стабилизации движения можно использовать специальный «двигатель»: за куском мыла расположен металлический цилиндр (или несколько цилиндров).

Массы куска мыла m_0 и цилиндров Вам будут указаны.

С помощью секундомера с памятью этапов Вы можете измерять времена прохождения куска мыла через определенные отметки на шкале x .

Часть 1. Теоретическое введение.

Обозначим угол наклона плоскости к горизонту α , массу куска мыла m_0 , массу всех цилиндров - m . Считайте, что сила трения, действующая на мыло, подчиняется формулам (1) - (2). Силой трения цилиндров между собой и трением качения пренебрегайте. Угол наклона плоскости считайте малым, таким, что $\text{tg } \alpha \approx \sin \alpha \approx \alpha$.

1.1 Покажите, что скорость установившегося движения куска мыла, может быть описана формулой

$$v = C_0 f \cdot h^\beta \quad (3)$$

Где C_0 - некоторый размерный коэффициент, $f = f\left(\frac{m}{m_0}\right)$ - некоторая безразмерная функция, зависящая от отношения масс цилиндров и мыла.

1.2 Выразите показатель степени β в формуле (3) через показатель степени в формуле (2).

1.3 Найдите вид функции $f = f\left(\frac{m}{m_0}\right)$.

Часть 2. Закон движения.

Установите край доски в штативе на высоте $h \approx 70$ мм. В качестве «двигателя» используйте цилиндр массы $m = 100$ г. Пронаблюдайте движение куска мыла, приблизительно определите интервал координат, в котором движение мыла можно считать равномерным. Начало отсчета совпадает с началом движения куска мыла.

2.1 Укажите, в каком диапазоне координат движение куска мыла можно считать равномерным.

2.2 Измерьте закон движения (зависимость координаты от времени) куска мыла $x(t)$. Постройте график полученной зависимости.

2.3 Рассчитайте с максимальной точностью среднюю скорость движения куска мыла на выбранном участке. Оцените погрешность найденного значения.

2.4 Рассчитайте среднюю скорость, как отношение пройденного пути ко времени движения.

В дальнейшем при расчете скорости используйте упрощенный метод, использованный в пункте 2.4.

Часть 3. Зависимость установившейся скорости от наклона плоскости.

В данной части исследуйте движение куска мыла без «двигателя» (без цилиндров).

3.1 Исследуйте зависимость скорости установившегося движения мыла v от высоты края наклонной плоскости h . Постройте график полученной зависимости.

3.2 Покажите (с помощью линеаризованного графика зависимости $v(h)$), что эта зависимость может быть описана формулой (3). Рассчитайте значение (и погрешность) показателя степени β в этой формуле.

3.3 Рассчитайте значение показателя степени γ в формуле (2), оцените погрешность найденного значения.

Часть 4. Зависимость скорости от массы цилиндров.

Расчет погрешностей в данной части не требуется.

Установите край доски на высоте $h \approx 70$ мм и не меняйте ее положение.

4.1 Исследуйте зависимость скорости установившегося движения мыла v от массы «толкающих» цилиндров m . Постройте график полученной зависимости.

4.2 Используя полученную зависимость $v(m)$, определите показатель степени γ в формуле (2). Кратко опишите, как Вы получили это значение.

4.3 Укажите, основную причину, по которой найденные значения γ различаются.