

# Мыльное трение. Приборы и оборудование

## 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 начисто влажной салфеткой.*

Известный закон Кулона-Амонтона, описывающий силу трения

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

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

Р. Ариано в 1929 году установил, что коэффициент силы трения мыла о резину  $\mu$  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  $\gamma$ .

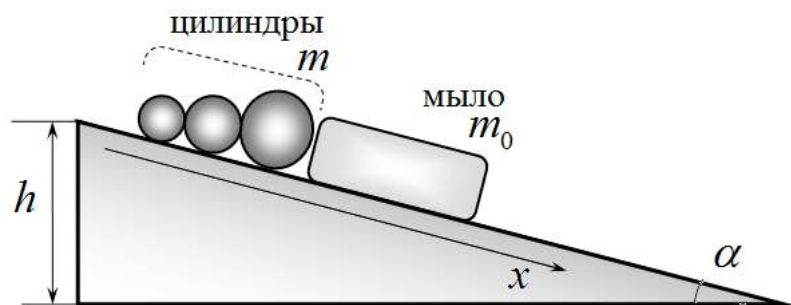
### Экспериментальная установка.

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  $\alpha$ , 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  $\beta$  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  $h \approx 70\text{мм}$ . В качестве «двигателя» используйте цилиндр массы  $m = 100\text{г}$ . 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  $\beta$  в этой формуле.

3.3 Рассчитайте значение показателя степени  $\gamma$  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  $\gamma$  в формуле (2). Кратко опишите, как Вы получили это значение.

4.3 Укажите, основную причину, по которой найденные значения  $\gamma$  различаются.