



Калужский филиал  
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего  
профессионального образования  
«Московский государственный технический университет  
имени Н.Э. Баумана  
(национальный исследовательский университет)»  
(КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана)

ФАКУЛЬТЕТ  
КАФЕДРА

"МК"  
МК10 "Высшая математика и физика"

## ОТЧЕТ

ПО ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ

ДИСЦИПЛИНА: "Физика",

Выполнил студент Суриков И.С. группы ИУК4-21Б

Проверил преподаватель Горбунов А.К.

Номер и наименование лаб. работы	Рейтинг. Баллы ( min-2, max-3)	Дата защиты	Подпись
<b>Модуль 1. Физические основы механики</b>			
Лабораторная работа № 1 <i>определение потерь энергии при изгибе маятника</i>	3	28.02.24	
Лабораторная работа № 11 <i>определение вязкости жидкости методом</i>	3	13.03.24	
<b>Модуль 2. Колебания и волны. Основы теории относительности</b>			
Лабораторная работа № 12 <i>определение коэффициента трения качения методом</i>	3	27.03.24	
Лабораторная работа № 13 <i>определение коэффициента внутреннего трения жидкости по методу Стокса.</i>	3	10.04.24	
<b>Модуль 3. Молекулярная физика. Физические основы термодинамики</b>			
Лабораторная работа № 3 <i>определение коэффициента поверхностного натяжения жидкости.</i>	3	31.05	
Лабораторная работа № 6	2	01.06.24	

Калуга 20 23 / 24

## Лабораторная работа №12

### "Определение коэффициента трения качения методом наклонного маятника"

Цель работы: экспериментальное изучение основных закономерностей, возникающих при трении качения, и определение коэффициента трения качения методом наклонного маятника.

Приборы и оборудование: наклонный маятник, секундомер.

#### Теоретическая часть

Под трением качения понимают трение, возникающее, например, между шарообразным или цилиндрическим телом, катящимся без скольжения по плоской или изогнутой поверхности. Трение качения формально подчиняется тем же законам, что и трение

скольжения. Однако коэффициент трения при качении значительно меньше, чем при скольжении.

Возникновение трения качения можно объяснить деформациями шара и плоскости, имеющими место в реальных условиях. При этом могут возникать как упругие, так и пластические деформации. Из-за деформации поверхностей линии действия сил реакции  $\vec{Q}$  не совпадает с линией действия силы нормального давления  $\vec{N}$ , действующей на опору со стороны катящегося тела, т.е. с линией действия силы веса тела. Нормальная составляющая  $Q_n$  силы реакции к плоскости горизонтально практически равна силе  $\vec{N}$ , а

Горизонтальная составляющая представляет собой силу трения качения  $F_{тр}$ . Если цилиндр или шар движется по плоскости без ускорения, должно выполняться правило равенства моментов.

Момент силы трения качения относительно точки  $O$  равен произведению силы нормальной реакции опоры  $Q_n$  на расстояние смещения  $K$  вследствие контактных деформаций точки приложения

$$F_{тр} R = Q_n K$$

$K$  - плечо силы

$$Q_n (Q_n \approx N)$$

$R$  - радиус тела

Отсюда для силы трения качения получаем следующее:

$$F_{тр} \approx K \frac{N}{R}$$

$K$  - коэффициент трения качения, представляет собой плечо силы  $Q_n$  и имеет размерность длины

В данной работе коэффициент трения качения шара по плоскости определяется методом наклонного маятника.

Расчетная формула для коэффициента трения качения имеет следующий вид:

$$K = R \cdot \tan \beta \cdot \frac{\alpha_0 - \alpha_n}{4n}$$

$R$  - радиус шара

$\beta$  - угол наклона маятника (по боковой шкале)

$\alpha_0$  - начальное значение  $\angle$  откл.,  $\alpha_n$  - угол через  $n$  колебаний  
 $n$  - кол-во колебаний



# Экспериментальная часть

Табл. 1,  $\beta = 30^\circ$

i	$\alpha_0$ град	$\alpha_n$ град	$\alpha_n$ град	n	$K_1, \mu$	$K_{cp}, \mu$	$\Delta K, \mu$	$K = K_{cp} \pm \Delta K, \mu$	$\epsilon, \%$
1	$6^\circ$	$\frac{\pi}{30}$	$2^\circ$	8	0,0001	0,00008	0,00007	$0,00072 \pm 0,00007$	0,83
2	$6^\circ$	$\frac{\pi}{30}$	$2^\circ$	8	0,0001	0,00008	0,00007	$0,00072 \pm 0,00007$	0,83
3	$6^\circ$	$\frac{\pi}{30}$	$2^\circ$	8	0,0001	0,00008	0,00007	$0,00072 \pm 0,00007$	0,83
4	$6^\circ$	$\frac{\pi}{30}$	$2^\circ$	8	0,0001	0,00008	0,00007	$0,00072 \pm 0,00007$	0,83
5	$6^\circ$	$\frac{\pi}{30}$	$2^\circ$	8	0,0001	0,00008	0,00007	$0,00072 \pm 0,00007$	0,83
6	$6^\circ$	$\frac{\pi}{30}$	$2^\circ$	8	0,0001	0,00008	0,00007	$0,00072 \pm 0,00007$	0,83
7	$6^\circ$	$\frac{\pi}{30}$	$2^\circ$	8	0,0001	0,00008	0,00007	$0,00072 \pm 0,00007$	0,83
8	$6^\circ$	$\frac{\pi}{30}$	$2^\circ$	8	0,0001	0,00008	0,00007	$0,00072 \pm 0,00007$	0,83
9	$6^\circ$	$\frac{\pi}{30}$	$2^\circ$	8	0,0001	0,00008	0,00007	$0,00072 \pm 0,00007$	0,83
10	$6^\circ$	$\frac{\pi}{30}$	$2^\circ$	8	0,0001	0,00008	0,00007	$0,00072 \pm 0,00007$	0,83

1.  $K = 0,01 \cdot \frac{1}{\sin 6^\circ} \cdot \frac{1}{8} \approx 0,00072 \mu$

2.  $\Delta K = 0,000604 + 0,00000189 \approx 0,00007 \mu$

3.  $a = \frac{1}{8}$

4.  $K_{cp} = \frac{\Delta K}{\epsilon} \approx 0,00008 \mu$

5.  $\epsilon = 0,83\%$

Таблица 2,  $\beta = 60^\circ$

i	$\alpha_0$ град	$\alpha_n$ град	$\alpha_n$ град	n	$K_1, \mu$	$K_{cp}, \mu$	$\Delta K$	$K = K_{cp} \pm \Delta K, \mu$	$\epsilon, \%$
1	$6^\circ$	$\frac{\pi}{30}$	$2^\circ$	6	0,003	0,00003	$0,7 \cdot 10^{-5}$	$0,8 \cdot 10^{-4} \pm 0,7 \cdot 10^{-5}$	0,89
2	$6^\circ$	$\frac{\pi}{30}$	$2^\circ$	6	0,003	0,00003	$0,7 \cdot 10^{-5}$	$0,8 \cdot 10^{-4} \pm 0,7 \cdot 10^{-5}$	0,89
3	$6^\circ$	$\frac{\pi}{30}$	$2^\circ$	6	0,003	0,00003	$0,7 \cdot 10^{-5}$	$0,8 \cdot 10^{-4} \pm 0,7 \cdot 10^{-5}$	0,89
4	$6^\circ$	$\frac{\pi}{30}$	$2^\circ$	6	0,003	0,00003	$0,7 \cdot 10^{-5}$	$0,8 \cdot 10^{-4} \pm 0,7 \cdot 10^{-5}$	0,89
5	$6^\circ$	$\frac{\pi}{30}$	$2^\circ$	6	0,003	0,00003	$0,7 \cdot 10^{-5}$	$0,8 \cdot 10^{-4} \pm 0,7 \cdot 10^{-5}$	0,89
6	$6^\circ$	$\frac{\pi}{30}$	$2^\circ$	6	0,003	0,00003	$0,7 \cdot 10^{-5}$	$0,8 \cdot 10^{-4} \pm 0,7 \cdot 10^{-5}$	0,89
7	$6^\circ$	$\frac{\pi}{30}$	$2^\circ$	6	0,003	0,00003	$0,7 \cdot 10^{-5}$	$0,8 \cdot 10^{-4} \pm 0,7 \cdot 10^{-5}$	0,89
8	$6^\circ$	$\frac{\pi}{30}$	$2^\circ$	6	0,003	0,00003	$0,7 \cdot 10^{-5}$	$0,8 \cdot 10^{-4} \pm 0,7 \cdot 10^{-5}$	0,89
9	$6^\circ$	$\frac{\pi}{30}$	$2^\circ$	6	0,003	0,00003	$0,7 \cdot 10^{-5}$	$0,8 \cdot 10^{-4} \pm 0,7 \cdot 10^{-5}$	0,89
10	$6^\circ$	$\frac{\pi}{30}$	$2^\circ$	6	0,003	0,00003	$0,7 \cdot 10^{-5}$	$0,8 \cdot 10^{-4} \pm 0,7 \cdot 10^{-5}$	0,89

1.  $a = \frac{1}{6}$

2.  $K = \frac{1}{8} \cdot 0,01 \cdot \frac{1}{\sin 6^\circ} \approx 0,003 \mu$

3.  $\Delta K = 0,7 \cdot 10^{-5}$

4.  $\epsilon = 0,89\%$

5.  $K_{cp} = \frac{\Delta K}{\epsilon} = 0,8 \cdot 10^{-4}$

Вывод: я изучил основные закономерности  
возникающие при трении качения, а  
так-же определил коэффициент  
трения качения методом наклонного  
маятника.