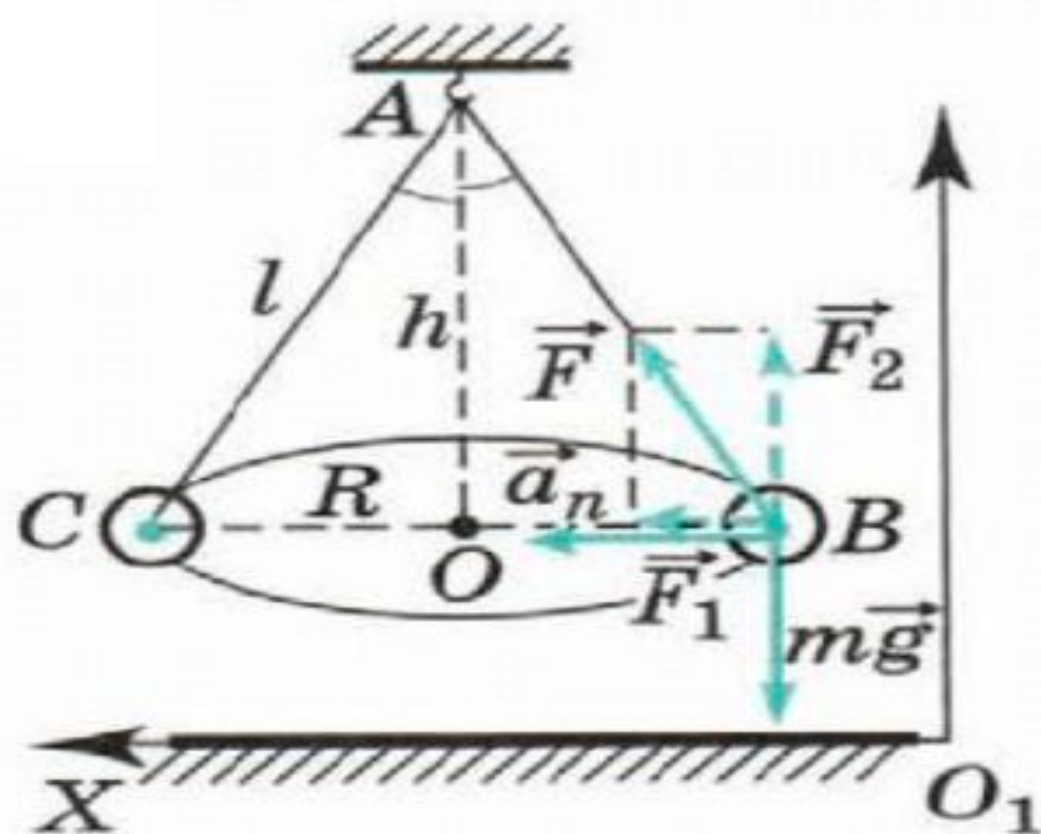


ИЗУЧЕНИЕ ДВИЖЕНИЯ ТЕЛА ПО ОКРУЖНОСТИ

Цель работы: определить центростремительное ускорение шарика при его равномерном движении по окружности.

Теоретическая часть



Эксперименты проводятся с коническим маятником. Небольшой шарик движется по окружности радиусом R . При этом нить AB , к которой прикреплен шарик, описывает поверхность прямого кругового конуса. На шарик действуют две силы: сила тяжести $m\vec{g}$ и сила натяжения нити \vec{F} , которую можно разделить на две составляющие: горизонтальную \vec{F}_1 и вертикальную \vec{F}_2 .

Уравнение движения: $m\vec{a} = m\vec{g} + \vec{F}_1 + \vec{F}_2$.

Для нормального ускорения получаем:

$$a_n = \omega^2 R = \frac{4\pi^2 R}{T^2}$$

$$a_n = \frac{F_1}{m}$$

$$a_n = \frac{mgR/h}{m} = \frac{gR}{h}$$

Убедимся, что числовые значения, полученные по всем трём формулам, примерно одинаковы.

Оборудование: штатив с муфтой и лапкой, лента измерительная, циркуль, динамометр лабораторный, весы с разновесами, шарик на нити, кусочек пробки с отверстием, лист бумаги, линейка.

Формулы искомых величин и их погрешностей

$$a_n = \frac{4\pi^2 R}{T^2}$$

Абсолютная погрешность: $\Delta a_n = \frac{4\pi^2 R}{T^2} \left(\frac{\Delta R}{R} + \frac{2\Delta T}{T} \right)$.

Относительная погрешность: $\varepsilon = \frac{\Delta R}{R} + \frac{2\Delta T}{T}$.

$$a_n = \frac{gR}{h}$$

Абсолютная погрешность: $\Delta a_n = \frac{gR}{h} \left(\frac{\Delta R}{R} + \frac{\Delta h}{h} \right)$.

Относительная погрешность: $\varepsilon = \frac{\Delta R}{R} + \frac{\Delta h}{h}$.

$$a_n = \frac{F_1}{m}$$

Абсолютная погрешность: $\Delta a_n = \frac{F_1}{m} \left(\frac{\Delta F_1}{F_1} + \frac{\Delta m}{m} \right)$.

Относительная погрешность: $\varepsilon = \frac{\Delta F_1}{F_1} + \frac{\Delta m}{m}$.

Результаты измерений и вычислений

№ опыта	$R, \text{ м}$	N	$\Delta t, \text{ с}$	$T = \frac{\Delta t}{N}, \text{ с}$	$h, \text{ м}$	$m, \text{ кг}$	$F_1, \text{ Н}$
1	0,25	30	59	1,97	1	0,1	0,25
2	0,2	40	81	2,03	1	0,15	0,3
3	0,15	50	99	1,98	1	0,2	0,3

№ опыта	$a_n = \frac{4\pi^2 R}{T^2}, \text{ м/с}^2$	$a_n = \frac{gR}{h}, \text{ м/с}^2$	$a_n = \frac{F_1}{m}, \text{ м/с}^2$
1	2,54	2,45	2,5
2	1,92	1,96	2,0
3	1,51	1,47	1,5

Погрешности измерений:

$$\Delta R = \Delta h = 0,5 \text{ см} = 0,005 \text{ м}$$

$$\Delta T = 0,01 \text{ с}$$

$$\Delta F_1 = 0,05 \text{ Н}$$

$$\Delta m = 0,001 \text{ кг}$$

№ опыта	$\Delta R/R$	$\Delta h/h$	$\Delta T/T$	$\Delta F_1/F_1$	$\Delta m/m$
1	0,02	0,005	0,005	0,20	0,01
2	0,025	0,005	0,005	0,17	0,007
3	0,033	0,005	0,005	0,17	0,005

№ опыта	$a_n = \frac{4\pi^2 R}{T^2}, \text{м/с}^2$		$a_n = \frac{gR}{h}, \text{м/с}^2$		$a_n = \frac{F_1}{m}, \text{м/с}^2$	
	Δ	ε	Δ	ε	Δ	ε
1	0,08	0,03	0,06	0,025	0,5	0,21
2	0,07	0,035	0,06	0,03	0,4	0,177
3	0,07	0,043	0,06	0,038	0,3	0,175

Окончательные результаты

№ опыта	$a_n = \frac{4\pi^2 R}{T^2}, \text{м/с}^2$	$a_n = \frac{gR}{h}, \text{м/с}^2$	$a_n = \frac{F_1}{m}, \text{м/с}^2$
1	$2,54 \pm 0,08$ 3,0%	$2,45 \pm 0,06$ 2,5%	$2,5 \pm 0,5$ 21%
2	$1,92 \pm 0,07$ 3,5%	$1,96 \pm 0,06$ 3,0%	$2,0 \pm 0,4$ 17,7%
3	$1,51 \pm 0,07$ 4,3%	$1,47 \pm 0,06$ 3,8%	$1,5 \pm 0,3$ 17,5%

ИЗМЕРЕНИЕ ЖЕСТКОСТИ ПРУЖИНЫ

Цель работы: определить жёсткость пружины, а также исследовать зависимость жёсткости от толщины проволоки, из которой изготовлена пружина.

Оборудование: штатив с муфтой и лапкой, пружинный динамометр, пружина, отличающаяся по толщине проволоки от пружины динамометра, три груза, линейка.

Формулы искомым величин и их погрешностей

$$k_1 = \frac{P}{x}$$

Абсолютная погрешность: $\Delta k_1 = \frac{P}{x} \left(\frac{\Delta P}{P} + \frac{\Delta x}{x} \right)$.

Относительная погрешность: $\varepsilon = \frac{\Delta P}{P} + \frac{\Delta x}{x}$.

$$k_2 = \frac{P}{\Delta h_i}$$

Абсолютная погрешность: $\Delta k_2 = \frac{P}{\Delta h_i} \left(\frac{\Delta P}{P} + \frac{\Delta(\Delta h_i)}{\Delta h_i} \right)$.

Относительная погрешность: $\varepsilon = \frac{\Delta P}{P} + \frac{\Delta(\Delta h_i)}{\Delta h_i}$.

Результаты измерений и вычислений

№ опыта	P , Н	x , мм	h_0 , мм	h_i , мм	Δh_i , мм
1	0,98	15	200	173	27
2	1,47	23	200	159	41
3	1,96	31	200	143	57

№ опыта	$k_1 = \frac{P}{x}, \text{Н/м}$	$k_2 = \frac{P}{\Delta h_i}, \text{Н/м}$
1	65,3	36,3
2	63,9	35,9
3	63,2	34,4
среднее	64,1	35,5

Погрешности измерений:

$$\Delta P = 0,05 \text{ Н}$$

$$\Delta x = 1 \text{ мм}$$

$$\Delta(\Delta h_i) = 2 \text{ мм}$$

№ опыта	$\frac{\Delta P}{P}$	$\frac{\Delta x}{x}$	$\frac{\Delta(\Delta h_i)}{\Delta h_i}$
1	0,051	0,067	0,074
2	0,034	0,043	0,049
3	0,026	0,032	0,035

№ опыта	$k_1 = \frac{P}{x}, \text{Н/м}$		$k_2 = \frac{P}{\Delta h_i}, \text{Н/м}$	
	Δ	ϵ	Δ	ϵ
1	7,7	0,118	4,5	0,125
2	4,9	0,077	3,0	0,083
3	3,7	0,058	2,1	0,061
среднее	5,4	0,084	3,2	0,090

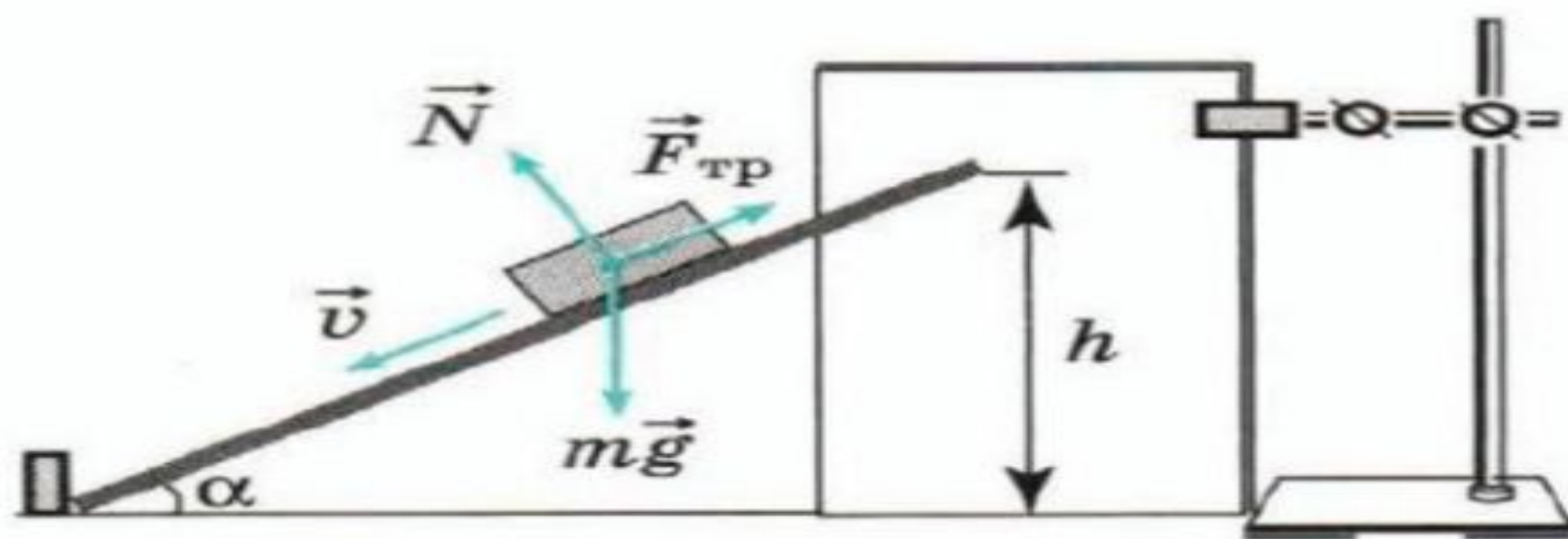
Окончательные результаты

$k_1 = \frac{P}{x}, \text{Н/м}$	$k_2 = \frac{P}{\Delta h_i}, \text{Н/м}$
64 ± 5	36 ± 3
8,4%	9,0%

ИЗМЕРЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ТРЕНИЯ СКОЛЬЖЕНИЯ

Цель работы: определить коэффициент трения скольжения и его зависимость от свойств поверхности.

Теоретическая часть



Сила трения скольжения направлена в сторону, противоположную относительной скорости тел, и равна: $F_{\text{тр}} = \mu N$.

Сумма сил, действующих на равномерно скользящее тело ($\vec{a} = 0$), равна нулю: $m\vec{g} + \vec{F}_{\text{тр}} + \vec{N} = 0$.

В проекции на оси:

$$\begin{cases} mg \sin \alpha - F_{\text{тр}} = 0 \\ -mg \cos \alpha + N = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} mg \sin \alpha = F_{\text{тр}} \\ mg \cos \alpha = N \end{cases} \Rightarrow \text{tg } \alpha = \frac{F_{\text{тр}}}{N} \Rightarrow \\ \Rightarrow \mu = \text{tg } \alpha$$

Таким образом, измерив угол, при котором тело начинает скользить по наклонной плоскости, мы можем определить коэффициент трения.

Оборудование: доска, два разных бруска, различающиеся по гладкости поверхностей, лист плотной бумаги, штатив, линейка.

Порядок выполнения работы

Формулы искомым величин и их погрешностей

$$d = \sqrt{l^2 - h^2}$$

Абсолютная погрешность: $\Delta d = d \left(\frac{1}{2} \frac{\Delta l}{l} + \frac{1}{2} \frac{\Delta h}{h} \right)$.

Относительная погрешность: $\varepsilon = \frac{1}{2} \frac{\Delta l}{l} + \frac{1}{2} \frac{\Delta h}{h}$.

$$\mu = \frac{h}{d}$$

Абсолютная погрешность: $\Delta \mu = \mu \left(\frac{\Delta h}{h} + \frac{\Delta d}{d} \right)$.

Относительная погрешность: $\varepsilon = \frac{\Delta h}{h} + \frac{\Delta d}{d} = \frac{\Delta h}{h} + \frac{1}{2} \frac{\Delta l}{l} + \frac{1}{2} \frac{\Delta h}{h} = \frac{1}{2} \frac{\Delta l}{l} + \frac{3}{2} \frac{\Delta h}{h}$

Результаты измерений и вычислений

№ опыта	l , см	h_1 , см	h_2 , см	d_1 , см	d_2 , см
1	60	18	31	57,2	51,3
2	60	16	33	57,8	50,1
3	60	19	30	56,9	52,0

№ опыта	$\mu_1 = \frac{h_1}{d_1}$	$\mu_2 = \frac{h_2}{d_2}$
1	0,32	0,60
2	0,28	0,66
3	0,33	0,58
среднее	0,31	0,61

Погрешности измерений:

$$\Delta l = \Delta h = 0,5 \text{ см}$$

№ опыта	$\Delta l/l$	$\Delta h_1/h_1$	$\Delta h_2/h_2$
1	0,008	0,028	0,016
2	0,008	0,031	0,015
3	0,008	0,026	0,017

№ опыта	μ_1		μ_2	
	Δ	ε	Δ	ε
1	0,015	0,046	0,017	0,028
2	0,017	0,051	0,018	0,027
3	0,014	0,043	0,017	0,030
среднее	0,015	0,047	0,017	0,028

Окончательные результаты

μ_1	μ_2
$0,31 \pm 0,02$ 4,7%	$0,61 \pm 0,02$ 2,8%