

Отчет по лабораторной работе МодМ – 05

РАБОТА И ЭНЕРГИЯ

Студент(ка) _____ гр. _____
Фамилия И.О.

ДОПУСК	ДАННЫЕ	РЕЗУЛЬТАТЫ
<small>дата, подпись преподавателя</small>	<small>дата, подпись преподавателя</small>	<small>дата, подпись преподавателя</small>

Цель работы: изучение работы неконсервативных сил на примере силы трения скольжения при прямолинейном движении и движении по окружности. Изучение зависимости работы силы трения от массы движущегося тела, формы и длины пройденного им пути. Определение коэффициента трения.

Краткое теоретическое содержание работы

Энергия – это скалярная физическая величина _____

Работа силы \vec{F} на участке траектории между точками 1 и 2 _____

Работа силы тяжести: _____

Работа силы трения: _____

Работа силы трения скольжения при движении по горизонтальной плоскости: _____

Потенциальная энергия поля силы тяжести _____

Потенциальная энергия поля силы упругости _____

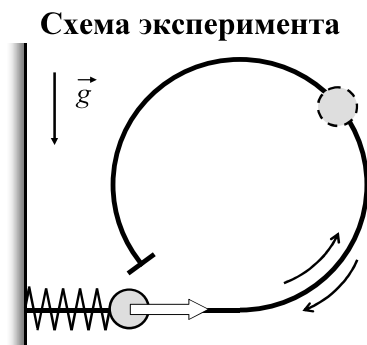
Кинетическая энергия _____

Полная механическая энергия _____

Закон сохранения энергии для системы, на которую действуют как консервативные, так и неконсервативные силы: _____

Рабочие формулы:

Рассмотрим случай, когда тело поднялось по круговому участку направляющей на некоторую высоту (меньше наивысшей точки направляющей) и скатывается вниз по той же стороне кругового участка направляющей, по которой оно поднималось. В этом случае траектория тела имеет точку максимального подъема, в которой тело останавливается.



Потенциальная энергия в начальный момент времени:

$U_1 =$
где k – _____ Δx – _____

Потенциальная энергия в точке максимального подъема:

$U_2 =$
где m – _____ h – _____

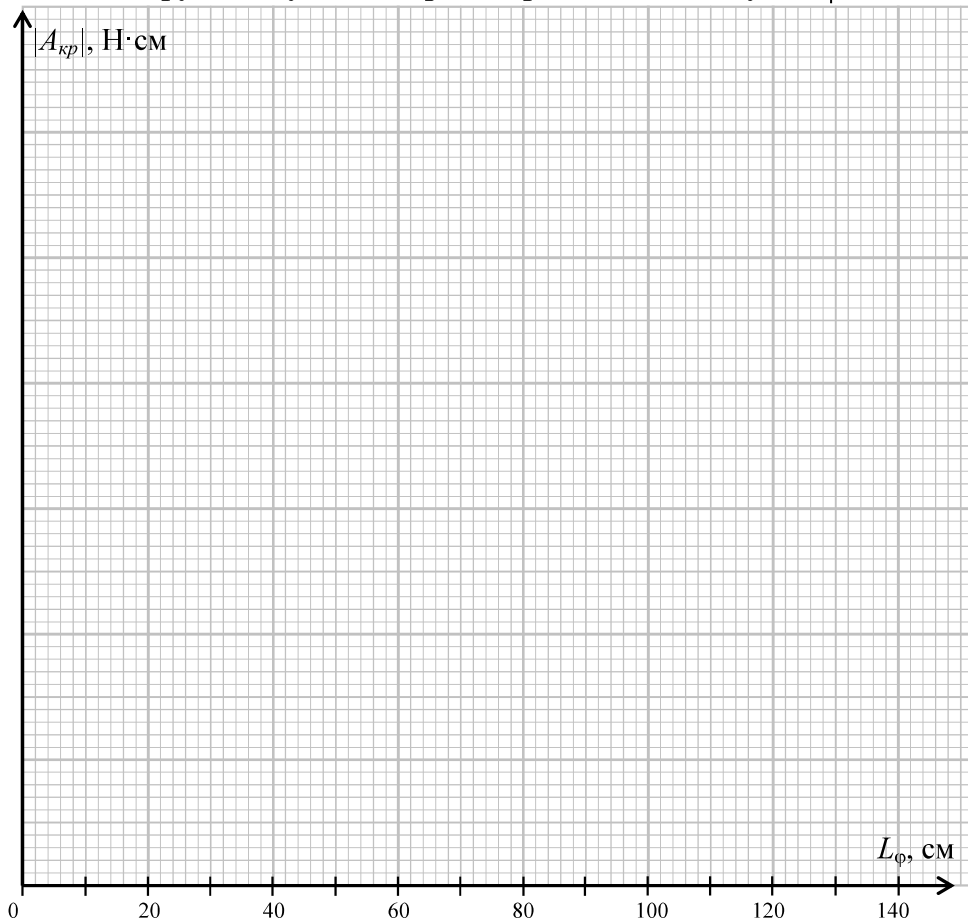
Модуль работы силы трения (из закона сохранения энергии):

$|A| =$

Работа силы трения на прямолинейном участке траектории:

$A_{пр} =$
где μ – _____ L – _____

График зависимости модуля работы силы трения скольжения на круговом участке траектории от длины пути L_{ϕ}



Выводы: _____

№	t_i, c	h_i, cm	φ_i	$\Delta\varphi_i$	φ_{cp}	ω_i	$R \omega_i^2$	$g \cos(\varphi_{cp})$	$(R_{on}/m)_{cp}$	$ R_{on}/m _{cp} \Delta\varphi_i$	$ A_{кр}(\varphi_i) $	$L\varphi_i$
15		45										
14		42										
13		39										
12		36										
11		33										
10		30										
9		27										
8		24										
7		21										
6		18										
5		15										
4		12										
3		9										
2		6										
1		3										
0		0	0,0000								0	0

Интеграл $I(\varphi_{max}) \approx \sum_{k=1}^{max} |R_{on}/m|_{cpk} \Delta\varphi_k =$

$$*\varphi_i = \frac{\pi}{2} + arcsin\left(\frac{h_i - R}{R}\right)$$

** $|A_{кр}(\varphi_i)| \approx \mu m R \sum_{k=1}^i |R_{on}/m|_{cpk} \Delta\varphi_k$ – сумма по всем значениям, соответствующим углам от нулевого до φ_i

Работа силы трения на круговом участке траектории (из закона сохранения энергии):

$$A_{кр} =$$

Расчет работы силы трения на круговом участке траектории:

$$A_{кр} =$$

где сила реакции опоры $R_{on} =$

$$\varphi - \text{_____}, \omega - \text{_____}$$

Приближенное вычисление интеграла:

$$I(\varphi_{max}) \equiv \int_0^{\varphi_{max}} |R_{on}/m| d\varphi \approx \sum_{i=1}^{max} |R_{on}/m|_{cp_i} \cdot \Delta\varphi_i,$$

где $|R_{on}/m|_{cp_i} = |R\omega_{cp_i}^2 + g \cos \varphi_{cp_i}|$, $\varphi_{cp_i} = \frac{1}{2}(\varphi_i + \varphi_{i-1})$, $\omega_{cp_i} \approx \frac{\Delta\varphi_i}{\Delta t_i}$,

$$\Delta\varphi_i = \text{_____}, \Delta t_i = \text{_____}$$

Рабочие формулы для расчета коэффициента трения:

$$\mu =$$

$$\text{где } \text{_____}$$

Эксперимент

В данной работе с помощью средств компьютерной графики моделируется движение тела сферической формы по плоской стальной направляющей, которая закреплена в вертикальной плоскости и состоит из двух участков: горизонтального прямолинейного и кругового. Кроме силы тяжести и (на начальном этапе) силы упругости на тело действует сила трения скольжения.

Начальные данные

Вариант № _____

Тело:	материал	
Стальная направляющая:	длина прямолинейного участка S , см	
	длина несжатой пружины X_0 , см	

Ускорение свободного падения $g = 9,81 \text{ м/с}^2$

Масса тела m , кг	Радиус направляющей R , см	Коэффициент жесткости пружины k , Н/см	Сжатие пружины Δx , см

№	Время t_i , с	Высота h_i , см	* Полярный угол φ_i (в радианах)	$\Delta\varphi_i = \varphi_i - \varphi_{i-1}$	$\varphi^{cp} = (\varphi_i + \varphi_{i-1})/2$	Угловая скорость $\omega_i = \Delta\varphi_i/(t_i - t_{i-1})$, рад/с	$R \omega_i^2, 1/c^2$	$g \cos(\varphi^{cp}), 1/c^2$	Сила реакции опоры, летящая на массу тела. $(R_{om}/m)_{cp} = R\omega_i^2 + g \cos(\varphi^{cp}), M/c^2$	$ R_{om}/m _{cp} \cdot \Delta\varphi_i$	** Модуль работы силы трения $ A_{tp}(\varphi_i) $, Н·см	Длина пути $L\varphi_i = R\varphi_i$, см
25												
24		96										
23		92										
22		88										
21		84										
20		80										
19		76										
18		72										
17		68										
16		64										
15		60										
14		56										
13		52										
12		48										
11		44										

Масса тела m , кг	Радиус направляющей R , см	Коэффициент жесткости пружины k , Н/см	Сжатие пружины Δx , см

№	Время t_i , с	Высота h_i , см	* Полярный угол φ_i (в радианах)	$\Delta\varphi_i = \varphi_i - \varphi_{i-1}$	$\varphi^{cp} = (\varphi_i + \varphi_{i-1})/2$	Угловая скорость $\omega_i = \Delta\varphi_i/(t_i - t_{i-1})$, рад/с	$R \omega_i^2, 1/c^2$	$g \cos(\varphi^{cp}), 1/c^2$	Сила реакции опоры, летящая на массу тела. $(R_{om}/m)_{cp} = R\omega_i^2 + g \cos(\varphi^{cp}), M/c^2$	$ R_{om}/m _{cp} \Delta\varphi_i$	** Модуль работы силы трения $ A_{tp}(\varphi_i) $, Н·см	Длина пути $L\varphi_i = R\varphi_i$, см
24												
23		69										
22		66										
21		63										
20		60										
19		57										
18		54										
17		51										
16		48										

№	t_i, c	h_i, cm	φ_i	$\Delta\varphi_i$	φ_{cp}	ω_i	$R \omega_i^2$	$g \cos(\varphi_{cp})$	$(R_{оп}/m)_{cp}$	$ R_{оп}/m _{cp} \cdot \Delta\varphi_i$	$ A_{кр}(\varphi_i) $	$L\varphi_i$
15		60										
14		56										
13		52										
12		48										
11		44										
10		40										
9		36										
8		32										
7		28										
6		24										
5		20										
4		16										
3		12										
2		8										
1		4										
0		0	0,0000								0	0

$$\text{Интеграл } I(\varphi_{\max}) \approx \sum_{k=1}^{\max} |R_{оп}/m|_{cpk} \Delta\varphi_k =$$

$$*\varphi_i = \frac{\pi}{2} + \arcsin\left(\frac{h_i - R}{R}\right)$$

** $|A_{кр}(\varphi_i)| \approx \mu m R \sum_{k=1}^i |R_{оп}/m|_{cpk} \Delta\varphi_k$ – сумма по всем значениям, соответствующим углам от нулевого до φ_i

№	t_i, c	h_i, cm	φ_i	$\Delta\varphi_i$	φ_{cp}	ω_i	$R \omega_i^2$	$g \cos(\varphi_{cp})$	$(R_{оп}/m)_{cp}$	$ R_{оп}/m _{cp} \cdot \Delta\varphi_i$	$ A_{кр}(\varphi_i) $	$L\varphi_i$
10		40										
9		36										
8		32										
7		28										
6		24										
5		20										
4		16										
3		12										
2		8										
1		4										
0		0	0,0000								0	0

$$\text{Интеграл } I(\varphi_{\max}) \approx \sum_{k=1}^{\max} |R_{оп}/m|_{cpk} \Delta\varphi_k =$$

$$*\varphi_i = \frac{\pi}{2} + \arcsin\left(\frac{h_i - R}{R}\right)$$

** $|A_{кр}(\varphi_i)| \approx \mu m R \sum_{k=1}^i |R_{оп}/m|_{cpk} \Delta\varphi_k$ – сумма по всем значениям, соответствующим углам от нулевого до φ_i

Высота максимального подъема h_{\max}, cm	Начальная энергия $U_1 = k\Delta x^2/2, H \cdot cm$	Энергия в точке максимального подъема $U_2 = mgh, H \cdot cm$	Модуль работы силы трения $ A = U_1 - U_2, H \cdot cm$	Расчет для работы на линейном участке $mgL, H \cdot cm$ $(L = S - X_0 + \Delta x)$	Расчет для работы на круговом участке $mRL, H \cdot cm$	Коэффициент трения μ

График зависимости угла φ подъема тела от времени

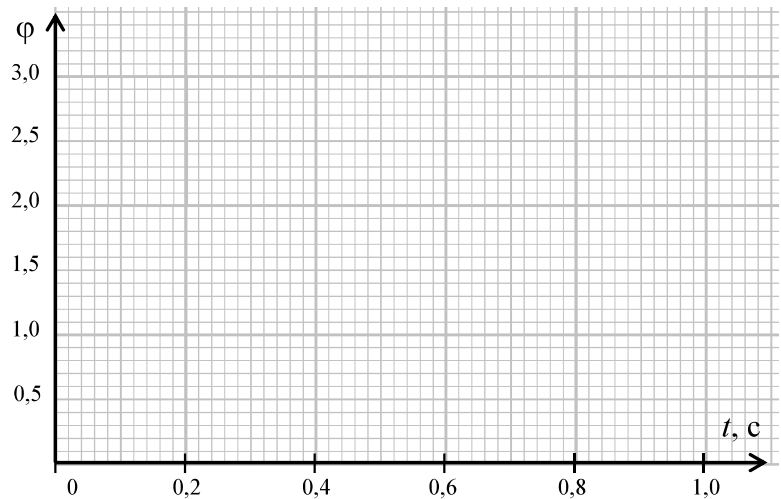
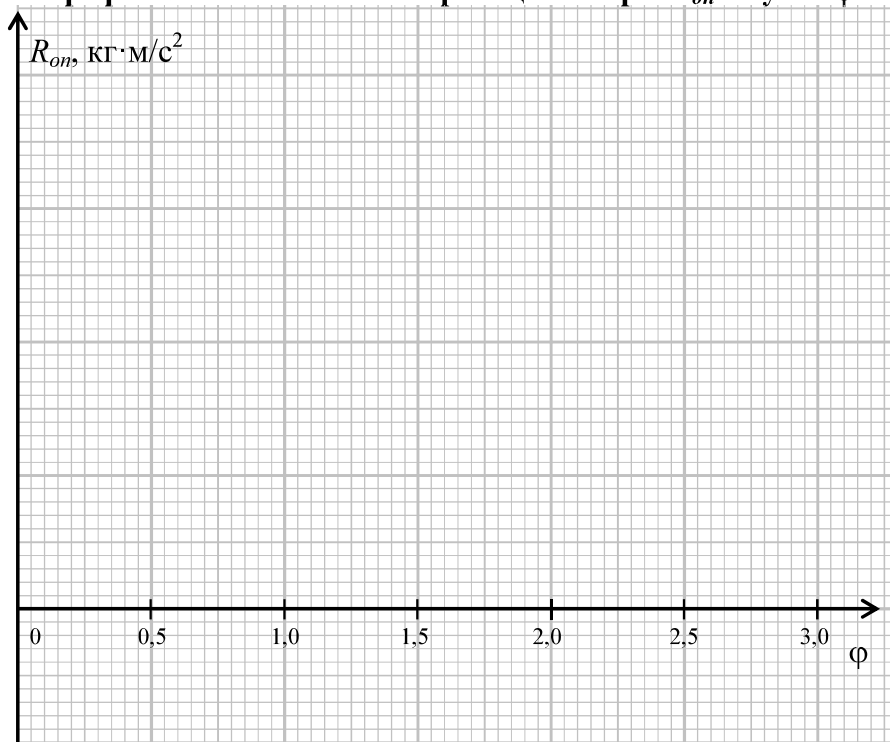


График зависимости силы реакции опоры R_{on} от угла φ



Масса тела m , кг	Радиус направляющей R , см	Коэффициент жесткости пружины k , Н/см	Сжатие пружины Δx , см

№	Время t_i , с	Высота h_i , см	* Полярный угол φ_i (в радианах)	$\Delta\varphi_i = \varphi_i - \varphi_{i-1}$	$\varphi_{cp} = (\varphi_i + \varphi_{i-1})/2$	Угловая скорость $\omega_i = \Delta\varphi_i/(t_i - t_{i-1})$, рад/с	$R \omega_i^2$, $1/c^2$	$g \cos(\varphi_{cp})$, $1/c^2$	Сила реакции опоры, действующая на массу тела. $(R_{on}/m)_{cp} = R \omega_i^2 + g \cos(\varphi_{cp})$, m/c^2	$ R_{on}/m _{cp} \Delta\varphi_i$	** Модуль работы силы трения $ A_{тр}(\varphi_i) $, Н·см	Длина пути $L \varphi_i = R \varphi_i$, см
25												
24		96										
23		92										
22		88										
21		84										
20		80										
19		76										
18		72										
17		68										
16		64										