Решения задач 10 класс

Задача 10-1 Кинетическая энергия катящегося тела.

1.1 Запишем закон сохранения энергия для скатывающегося с наклонной плоскости тела:

$$\gamma\frac{mv^2}{2}=mgh. \qquad (1)$$

С другой стороны, скорость тела в конце наклонной плоскости связана с его ускорением известным кинематическим соотношением

$$L=\frac{v^2}{2a}. \qquad (2)$$

Из этих формул следует:

$$L=\frac{v^2}{2a}=\frac{2gh}{2\gamma a} \quad\Rightarrow\quad a=\frac{g}{\gamma}\frac{h}{L}=\frac{g}{\gamma}\sin\alpha.$$

Задание 2.

2.1 Результаты измерений времени скатывания цилиндра t в зависимости от длины пройденного пути приведены в таблице 1. Измерения проведены при $h=20 мм$.

Таблица 1. Скатывание тонкого цилиндра.

		Пройденный путь l, см									
Время t, с		**500**	**450**	**400**	**350**	**300**	**250**	**200**	**150**	**100**	**50**
	1	2,03	1,96	1,78	1,67	1,56	1,33	1,22	1,08	0,81	0,64
	2	2,02	1,95	1,75	1,65	1,49	1,35	1,26	1,12	0,83	0,59
	3	2,08	1,94	1,80	1,63	1,51	1,35	1,21	1,07	0,84	0,63
	4	1,95	1,95	1,79	1,65	1,52	1,33	1,24	1,10	0,83	0,59
	5	2,05	1,92	1,83	1,67	1,50	1,36	1,22	1,09	0,86	0,58
среднее		**2,026**	**1,944**	**1,790**	**1,654**	**1,516**	**1,344**	**1,230**	**1,092**	**0,834**	**0,606**

2.2 Случайная погрешность рассчитывается по формуле (для $l=500 мм$)

$$\Delta t=2\sqrt{\frac{\sum\left(t_k-\langle t\rangle\right)^2}{N(N-1)}}=0{,}04 с. \qquad (1)$$

2.3 Если считать движение цилиндра равноускоренным, то исследуемая зависимость описывается выражением:

$$l = \frac{at^2}{2}. \qquad (2)$$

Так как погрешность измерения времен заметно больше погрешности задания длины пути, для проверки этой зависимости следует построить зависимость $t^2(l)$:

$$t^2 = \frac{2}{a} l. \qquad (3)$$

График этой зависимости показан на следующем рисунке.

2.3 Полученная зависимость линейна, что позволяет считать движение цилиндра равноускоренным.

2.4 Коэффициент наклона данного графика, рассчитанный по МНК оказался равным

$$A = (8{,}4 \pm 0{,}4)\frac{c^2}{м}. \qquad (4)$$

Из вида функции (3). Следует, что ускорение цилиндра равно

$$a = \frac{2}{A} = (0{,}24 \pm 0{,}01)\frac{м}{c^2}. \qquad (5)$$

Задание 3.

3.1 Результаты измерений времен скатывания от высоты края желоба для разных цилиндров приведены в таблице 2.

Таблица 2. Зависимость времен скатывания от высоты.

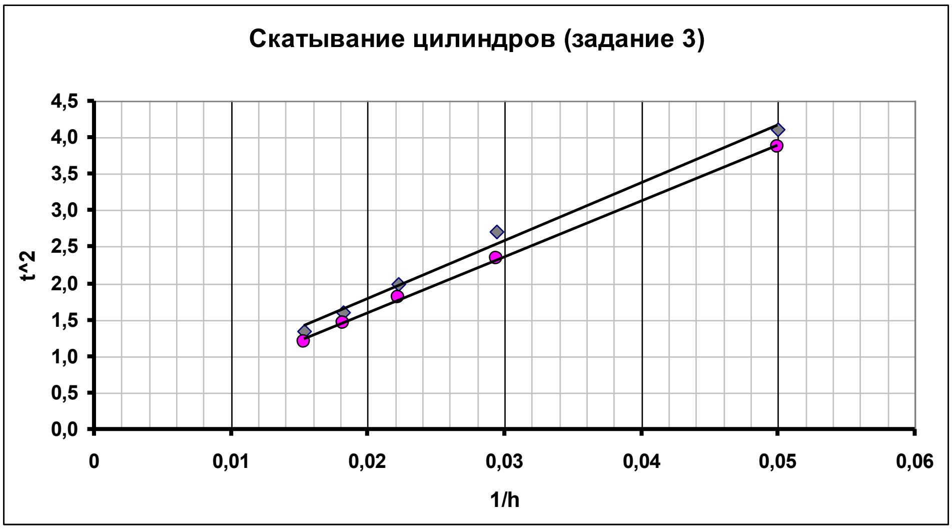
Тонкий цилиндр		Высота h, мм					
		7	**20**	**34**	**45**	**65**	**55**
Время скатывания t, с	1	2,98	2,03	1,60	1,41	1,15	1,25
	2	2,97	2,02	1,66	1,43	1,16	1,28
	3	2,92	2,08	1,65	1,40	1,18	1,27
	4	3,07	1,95	1,64	1,40	1,17	1,25
	5	3,01	2,05	1,67	1,42	1,13	1,27
	Сред.	**2,99**	**2,03**	**1,64**	**1,41**	**1,16**	**1,26**
Толстый цилиндр		Высота h, мм					
		7	**20**	**34**	**45**	**65**	**55**
Время скатывания t, с	1	2,76	1,95	1,55	1,33	1,11	1,19
	2	2,73	1,97	1,52	1,36	1,09	1,20
	3	2,77	1,98	1,51	1,34	1,10	1,22
	4	2,74	1,97	1,52	1,37	1,06	1,22
	5	2,74	1,98	1,54	1,31	1,10	1,20
	Сред.	**2,75**	**1,97**	**1,53**	**1,34**	**1,09**	**1,21**

3.2 Теоретическое описание полученных зависимостей также проводится на основе закона равноускоренного движения:

$$L = \frac{at^2}{2} = \frac{g \sin\alpha}{2\gamma} t^2 = \frac{gh}{2\gamma L} t^2 . \qquad (5)$$

Из которого следует самая разумная линеаризация $t^2\left(h^{-1}\right)$:

$$t^2 = \frac{2\gamma L^2}{g} \frac{1}{h} . \qquad (6)$$



Графики линеаризованных зависимостей показаны на следующем рисунке.

3.3 Полученные зависимости очень близки. Однако времена скатывания тонкого цилиндра незначительно больше, что объясняется большим влиянием силы трения.

3.4 Коэффициенты наклона данных графиков также близки:

$$\begin{aligned} A_1 &= 89\ c^2 \cdot мм \\ A_1 &= 87\ c^2 \cdot мм \end{aligned}. \tag{7}$$

Для расчета параметра γ возьмем среднее значение. Тогда из вида функции (6), получим

$$t^2 = \frac{2\gamma L^2}{g}\frac{1}{h} \quad \Rightarrow \quad \gamma = \frac{g}{2L^2}A = \frac{9{,}8\frac{м}{c^2}}{2\cdot(0{,}5м)^2}88\cdot 10^{-3}c^2\cdot м \approx 1{,}7\,. \tag{8}$$

Отметим, что теоретическое значение этого параметра для сплошного цилиндра равно 1,5.

Задание 4.

4.1 При измерении времен скатывания шариков, оказалась, что эти времена для стальных шариков равны (фактически совпадают)

$$t_1 = (1{,}85 \pm 0{,}01)c$$
$$t_2 = (1{,}85 \pm 0{,}02)c$$

Из формулы (6), которая применима и для шарика следует, что параметр γ для шарика равен

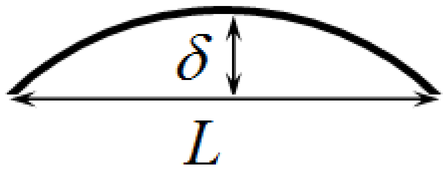
$$t^2 = \frac{2\gamma L^2}{g}\frac{1}{h} \quad \Rightarrow \quad \gamma = \frac{gt^2h}{2L^2} = \frac{9{,}8\frac{м}{c^2}\cdot(1{,}85c)^2\cdot 0{,}02м}{2\cdot(0{,}5м)^2} = 1{,}34\,. \tag{9}$$

При теоретическом значении 1,4.

4.3 Время скатывания красного пластмассового шарика равно $t_3 = (2{,}26 \pm 0{,}02)c$, что значимо больше времени скатывания стальных шариков. Основная и очевидная причина этого различия заключается в том, что из-за большого радиуса этот шарик катится не по дну желоба, а опирается на его стенки.

Задание 5.

5.1 Для измерения радиуса кривизны можно измерить длину хорды L и отклонение дуги от хорды δ. Посредством простых построений можно подучить формулу для расчета радиуса кривизны (по измерениям $L = 50см, \quad \delta = 2{,}5см$)



$$R = \frac{\frac{L^2}{4} + \delta^2}{2\delta} \approx 1{,}26м$$

5.2 Шарик движется по дуге окружности, так же, как и груз математического маятника. Следовательно, время скатывания можно рассчитать, как четверть периода колебаний математического маятника с длиной равной радиусу кривизны желоба. Только дополнительно, следует учесть, что при качении шарика «эффективное» ускорение свободного падения равно $g^* = \frac{g}{\gamma}$, т.е. теоретическое значение времени скатывания шарика по изогнутому желобу равно

$$t = \frac{\pi}{2}\sqrt{\frac{\gamma R}{g}} = 0{,}67c$$

В результате проведенных измерений оказалось, что время скатывания равно $t = (0{,}71 \pm 0{,}02)c$, что очень близко с теоретическому значению.

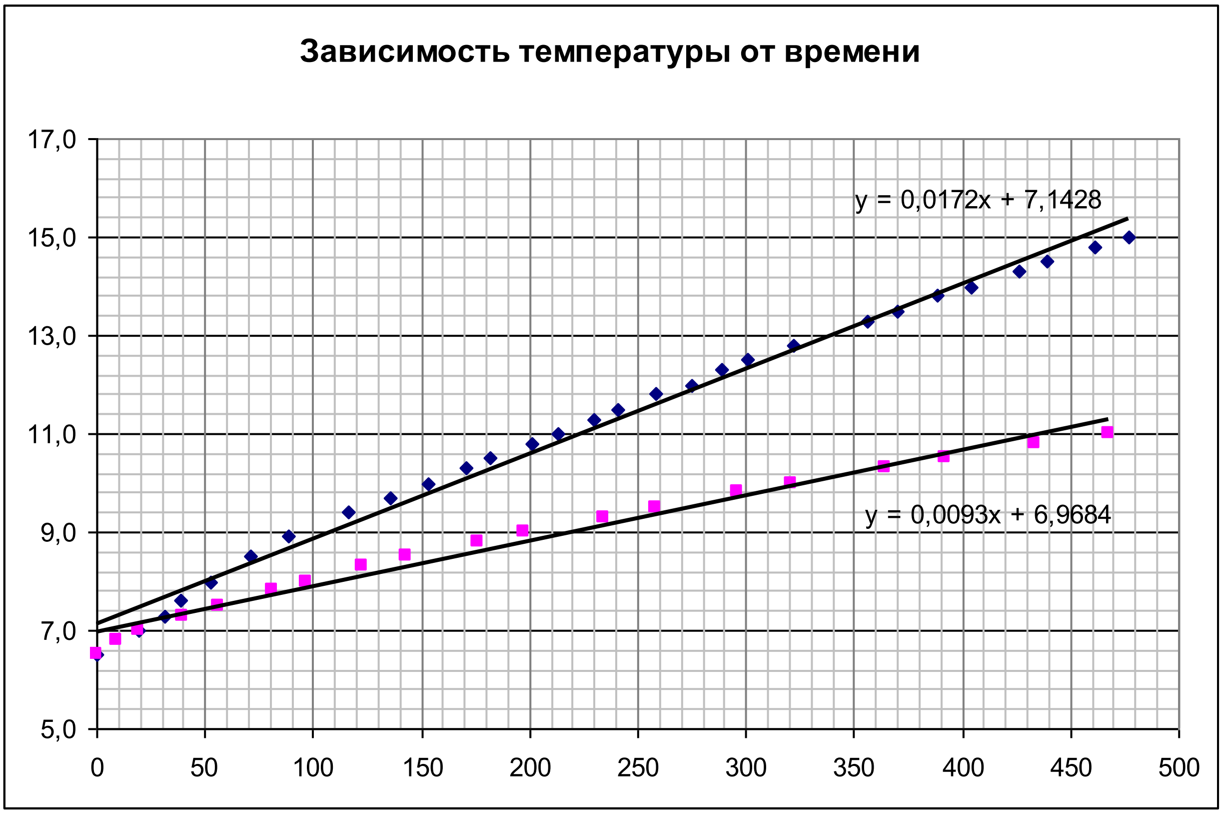
Отметим, что при правильной установке желоба его конец необходимо закрепить на высоте $h \approx 90 мм$.

Задача 2 Тепловая труба

Результаты основных измерений приведены зависимости температуры воды в пробирке от времени криведены в Таблице

без масла			с маслом	
T C	tau, сек		T C	tau, сек
6,5	0		6,5	0
7,0	19		6,8	9
7,3	31		7,0	19
7,6	39		7,3	40
8,0	53		7,5	56
8,5	71		7,8	81
8,9	89		8,0	97
9,4	116		8,3	123
9,7	136		8,5	143
10,0	153		8,8	176
10,3	171		9,0	197
10,5	182		9,3	234
10,8	201		9,5	258
11,0	213		9,8	296
11,3	230		10,0	321
11,5	241		10,3	364
11,8	258		10,5	392
12,0	275		10,8	434
12,3	289		11,0	468
12,5	301			

Измерения проведены в соответствии с указаниями, данными в условии задачи.
По результатам этих измерений построены графики полученных зависимостей



Анализ этих графиков показывает, что теплоперенос посредством конденсации водяных паров играет заметную роль в тепловом балансе, составляя более 30% передаваемой энергии.