

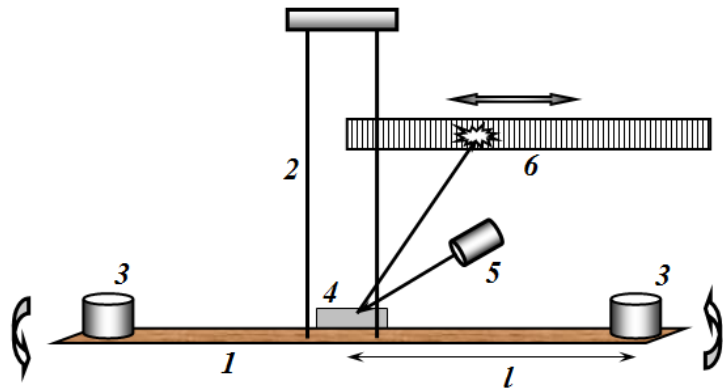
Долгопериодный маятник. Приборы и оборудование

Условие

Задание 1. Долгопериодный маятник.

Приборы и оборудование: крутильный маятник (линейка с грузами на подвесе в штативе), секундомер с памятью этапов, линейка 1 м, лазер с блоком питания, пластилин.

Крутильный маятник устроен следующим образом: деревянная линейка (1) подвешена на четырёх вертикальных нитях (2), закрепленных в штативе. На линейку поставлены два одинаковых груза (3), которые Вы можете передвигать по линейке, изменяя их расстояние до середины линейки l . В центре линейки на пластилине закреплено небольшое стеклышко (4), на которое падает луч лазера (5), отраженный луч должен попадать на метровую линейку (6), прикрепленную к столу с помощью пластилина. Линейка может совершать крутильные колебания вокруг вертикальной оси, которые Вам предстоит исследовать. Амплитудой колебания называется максимальное отклонение от положения равновесия.



Расположите лазер так, чтобы его луч попадал на стеклышко маятника, а его отражение попадало на метровую линейку. При вращении линейки отраженный луч должен двигаться по метровой линейке, или вблизи нее. Координату зайчика следует отсчитывать от его положения при неподвижной линейке (1) (в положении равновесия).

Не изменяйте длину нитей подвеса и расстояние между ними! Расстояние от стёклышка до метровой линейки (Вашей шкалы) должно равняться 30 см. Рассчитывать погрешности в данной работе не требуется!

Часть 1. Закон движения. Расположите грузы на концах линейки (1).

1.1 Используя секундомер с памятью этапов, измерьте зависимость координаты зайчика на шкале от времени $x(t)$. Постройте график полученной зависимости.

1.2 Укажите, в каких пределах координат зайчика, его движение можно считать равномерным. Найдите скорость этого движения.

Часть 2. Изучение колебаний.

2.1 Исследуйте зависимость периода колебаний маятника от их амплитуды. Измерения проводите при грузах, расположенных на концах линейки. Сформулируйте закон, описывающий Ваши результаты.

При изменении положения грузов на линейке период колебаний маятника изменяется. Теоретические расчеты показывают, что при симметричном положении грузов на линейке период колебаний зависит от величины l по закону

$$T = \sqrt{Al^2 + B} \quad (1)$$

2.2 Экспериментально докажите, что данная формула является верной, рассчитайте численные значения постоянных коэффициентов A , B в этой формуле. Для доказательства постройте график линеаризованной зависимости периода колебаний от положения грузов.

Решение

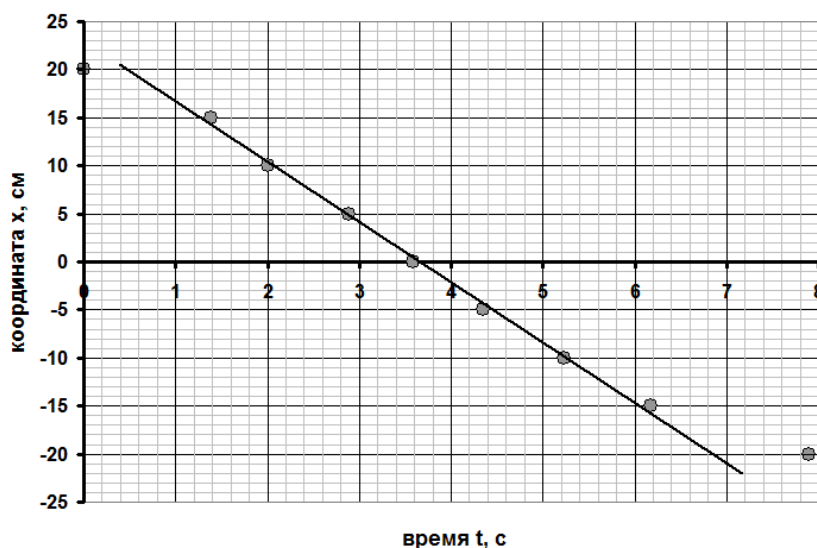
Задание 1. Долгопериодный маятник. Решение.

Часть 1. Закон движения. 1.1 Для измерений удобно записывать в память секундомера времена прохождения зайчика через определенные точки – фактически снимается зависимость времени от координаты. Результаты этих измерений приведены в таблице 1 и на графике (рис. 1).

Таблица 1. Зависимость координаты зайчика от времени.

** X , см**	** T , с**
20	0,00
15	1,39
10	2,00
5	2,89
0	3,59
-5	4,35
-10	5,23
-15	6,17
-20	7,89

Закон движения зайчика



Как это не странно на первый взгляд, график является практически прямой линией – т.е. движение близко к равномерному.

1.2 Как следует из рисунка 1, движение можно считать равномерным в интервале координат примерно равным $[-15\text{см}, +15\text{см}]$. Скорость найденная по графику примерно равна $v = 6,3\text{ см/с}$.

Часть 2. Изучение колебаний. 2.1 Эксперимент однозначно говорит, что период колебаний от амплитуды не зависит!

2.2 Результаты измерений периодов колебаний, при различных расстояниях до грузов приведены в Таблице 2.

Таблица 2. Зависимость периода от расстояния до грузов.

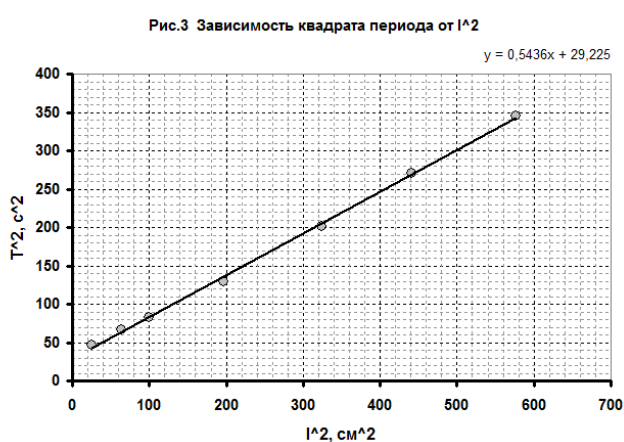
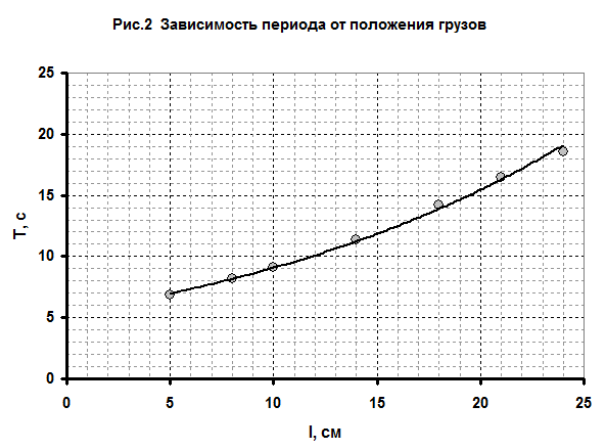
L, см	**T, с**	**L², см**	**T², с**
5	6,87	25	47,20
8	8,19	64	67,08
10	9,08	100	82,45
14	11,35	196	128,82
18	14,18	324	201,07
21	16,46	441	270,93
24	18,58	576	345,22

Экспериментальный тур. 2

Для проверки приведенной формулы следует построить зависимость квадрата периода от квадрата расстояния.

$$T = \sqrt{Al^2 + B} \Rightarrow T^2 = Al^2 + B$$

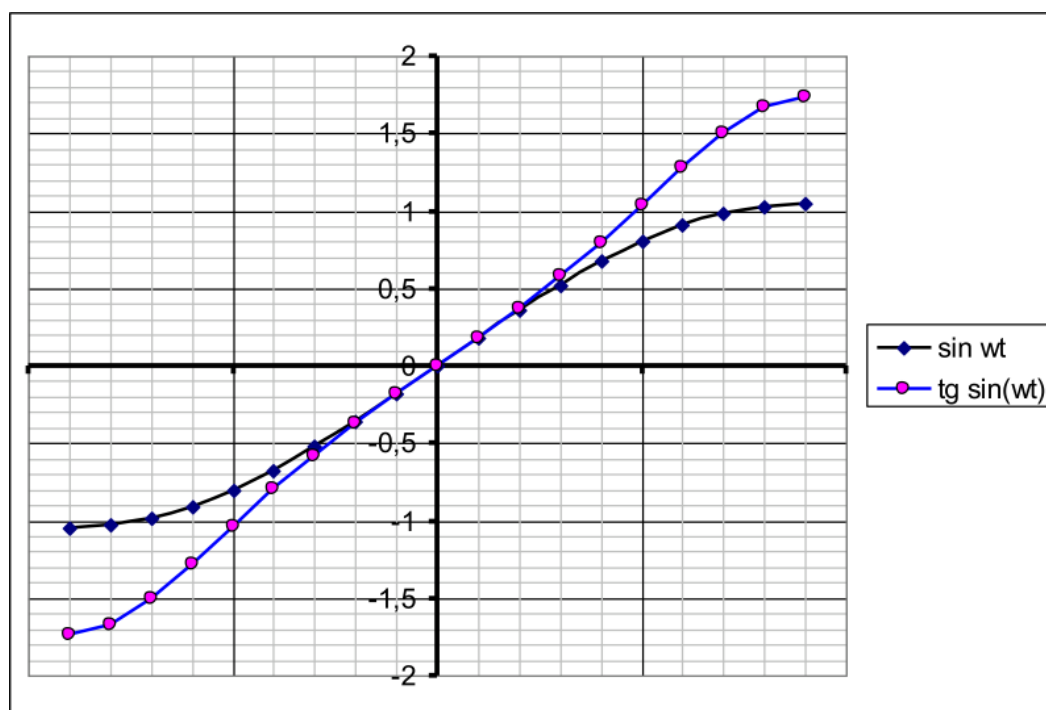
Графики прямых измерений и возведенных в квадрат показаны на рис. 2-3.



Видно, что «квадратная» зависимость линейна, что подтверждает справедливость приведенной формулы. По графику найдены параметры зависимости

$$A = 54 \frac{c^2}{cm^2}, \quad B = 29 c^2.$$

Примечания. Период колебаний изменяется от 8,5 с до 3,5 с. Рисунок дает объяснение эффекта (функция «тангенс синуса» более линейна, чем «синус»)



Экспериментальный тур. 3