

## Решение экспериментального тура по физике 11 класс

На основании второго закона Ньютона и с учетом малости угла отклонения  $\alpha = \frac{x}{L}$  запишем уравнение:

$$ma = -mg \alpha - \beta v. \quad [1.1: 0.5 \text{ балла}] \quad (1)$$

Так как ускорение и скорость движения очень малы, то в этом уравнении можно пренебречь слагаемым  $ma$ , тогда уравнение движения приобретает вид

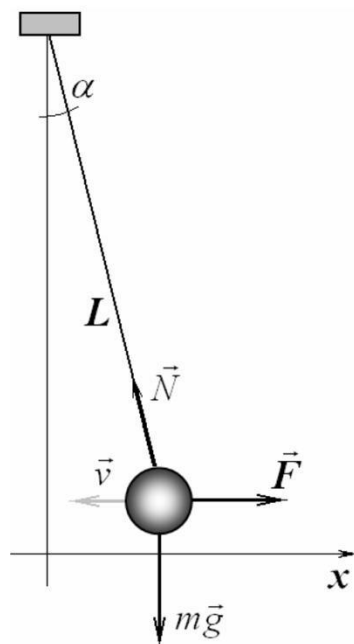
$$-v = \frac{mg}{\beta L} x. \quad [1.2: 0.5 \text{ балла}] \quad (2)$$

или

$$\frac{\Delta x}{\Delta t} = -\gamma x, \quad (3)$$

где

$$\gamma = \frac{mg}{\beta L}. \quad (4)$$



Период колебаний маятника  $T = (3,67 \pm 0,05)$ .

Используя формулу для периода колебаний математического маятника

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}, \quad [1.3: 0.5 \text{ балла}] \quad (5)$$

рассчитаем длину нити

$$L = \frac{T^2 g}{4\pi^2} = 3.347 \text{ м}, \quad \Delta L = 2 \frac{\Delta T}{T} = 0.09 \text{ м}.$$

Окончательно получаем

$$L = (3,35 \pm 0,09) \text{ м}. \quad [1.4: 0.5 \text{ балла}] \quad (6)$$

1 гайка		2 гайки	
$x, \text{см}$	$t, \text{с}$	$x, \text{см}$	$t, \text{с}$
15	0	15	0
14	5	14	3
13	10	13	6
12	16	12	9
11	22	11	14
10	29	10	18
9	39	9	23
8	49	8	29
7	60	7	35
6	74	6	43
5	92	5	54
4	117	4	67
3	143	3	83
2	186	2	108

2.1: Точки правильно нанесены из таблицы - 1 балл

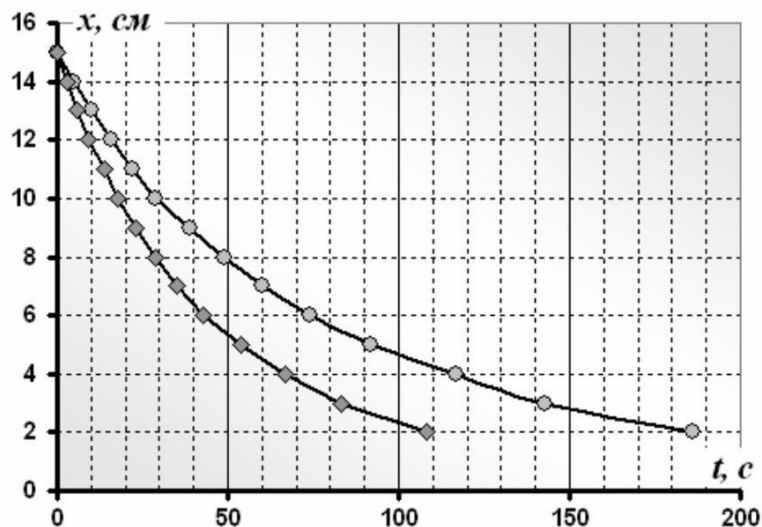
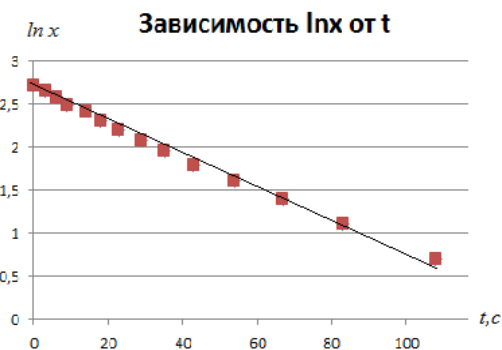
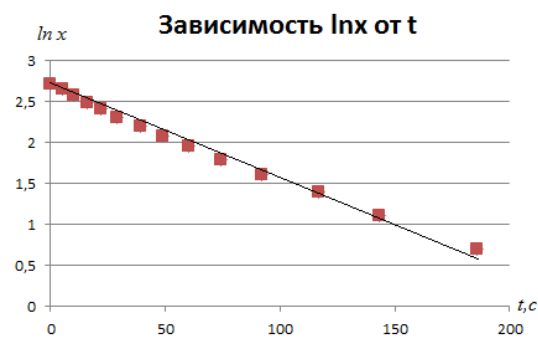


Рис. 2 Закон движения

олученные зависимости похожи на экспоненциальные. Для того чтобы проверить точнее, надо линеаризовать функцию движения тела.

2.2: Проведена линеаризация - 2 балла



Теоретически зависимости, приведенные на рис. 3 описываются функции

$$t = -\frac{1}{\gamma} (\ln(x) - \ln(x_0)) . \quad \text{2.3: 2 балла} \quad (8)$$

Обработка этих зависимостей по МНК (где  $t = a \ln(x) + b$ ) приводит к следующим значениям коэффициентов наклона для маятника с одной и двумя гайками, соответственно

Для пунктов 2.4-2.7

Результаты не отличаются от данных на 10% - 1 балл, на 20% - 0.5 балла, больше - 0.

$$a_1 = -(86,9 \pm 1,7)c \quad \boxed{2.4}$$

$$a_2 = -(50,0 \pm 0,9)c \quad \boxed{2.5}$$

Значение параметров  $\gamma$  в двух случаях равны:

$$\gamma_1 = (1,15 \pm 0,06) \cdot 10^{-2}c^{-1} \quad \boxed{2.6}$$

$$\gamma_2 = (2,0 \pm 0,04) \cdot 10^{-2}c^{-1} \quad \boxed{2.7}$$

Из выражения (4) следуют формулы для расчета коэффициента лобового сопротивления

$$\beta = \frac{mg}{\gamma L} = \alpha \frac{mg}{L}, \quad \Delta\beta = \beta \sqrt{\left(\frac{\Delta\alpha}{\alpha}\right)^2 + \left(\frac{\Delta m}{m}\right)^2 + \left(\frac{\Delta L}{L}\right)^2} \quad \boxed{2.8: 1 \text{ балл}} \quad (9)$$

Расчеты по ним приводят к следующим значениям искомого параметра:

- маятник с одной гайкой

$$\beta_1 = a_1 \frac{(m + m_0)g}{L} = 86,9 \frac{6,0 \cdot 10^{-3} \cdot 9,81}{3,35} \approx 1,53 \frac{г}{с}, \quad \Delta\beta_1 = 0,04 \frac{г}{с}; \quad \boxed{2.9: 2 \text{ балл}}$$

- маятник с двумя гайками

$$\beta_2 = a_2 \frac{(2m + m_0)g}{L} = 47,6 \frac{10,5 \cdot 10^{-3} \cdot 9,81}{3,35} \approx 1,53 \frac{г}{с}, \quad \Delta\beta_2 = 0,05 \frac{г}{с} \quad \boxed{2.10: 1 \text{ балл}}$$

Окончательный результат можно представить в виде

$$\beta = (1,53 \pm 0,04) \frac{г}{с}$$