

Полное название университета

.....
.....

Название кафедры

.....

Лабораторная работа 4.1
Пружинный маятник

Вариант 31
Номер установки 5

Выполнил: обучающийся
группы
Фамилия И.О. студента

Проверил:
(преподаватель или доцент)
кафедры
Фамилия И.О. преподавателя

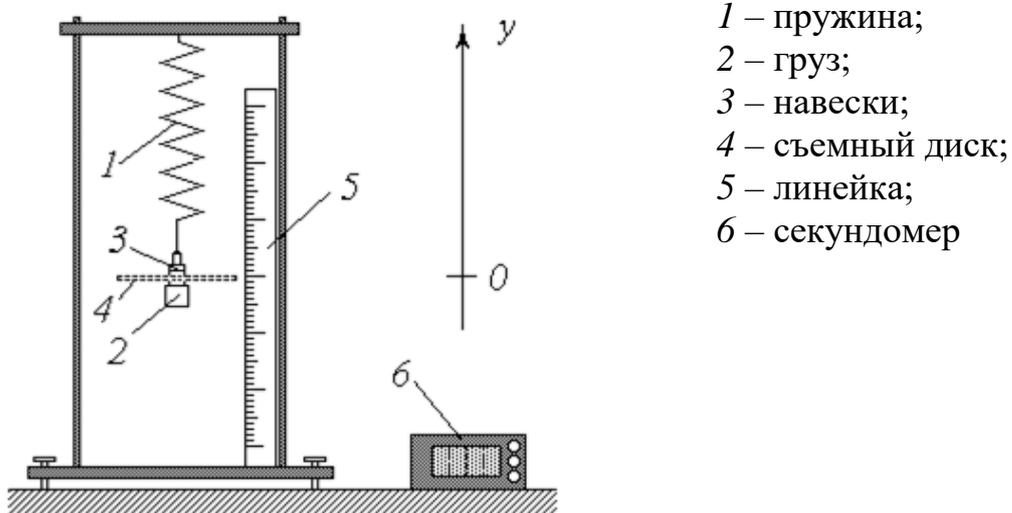
Лабораторная работа 1.3. Пружинный маятник

Цель работы

Целью работы является:

- 1) изучение свободных колебаний пружинного маятника;
- 2) экспериментальное определение коэффициента жесткости пружины и коэффициента сопротивления среды.

Схема экспериментальной установки



Исходные данные варианта

Вариант 31

Номер установки 5

Число колебаний в упражнении 1 $N = 8$

Число навесок на грузе общей массой m_1 в упражнении 2 $n_1 = 0$

Число навесок на грузе общей массой m_2 в упражнении 2 $n_2 = 3$

Число навесок на грузе общей массой m_3 в упражнении 2 $n_3 = 4$

Выполнение работы

Упражнение 1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ЖЕСТКОСТИ ПРУЖИНЫ

1. Запускаем лабораторную работу
2. Заносим значение массы груза m , выраженное в кг, во второй столбец табл. 1.

Таблица 1

Номер опыта	$m, \text{ кг}$	$t_i, \text{ с}$	$k_i, \text{ Н/м}$	$\Delta k_i = k_i - \bar{k}, \text{ Н/м}$	$(\Delta k_i)^2, \text{ (Н/м)}^2$
1	0.220	5.13	21.1	-0.20	0.040
2	0.260	5.51	21.6	0.30	0.090
3	0.300	5.95	21.4	0.10	0.010
4	0.340	6.36	21.2	-0.10	0.010
5	0.380	6.72	21.2	-0.10	0.010
			$\bar{k} = \frac{\sum_{i=1}^5 k_i}{5} = 21.3$		$\sum_{i=1}^5 (\Delta k_i)^2 = 0.160$

3. Выводим маятник из положения равновесия и отпустите. С помощью секундомера измеряем время N полных колебаний и занесите результат в третий столбец таблицы.

4. Изменяя массу груза с помощью навесок, выполняем пп. 2 и 3 еще четыре раза.

5. Считаем величину

$$C = (2\pi N)^2 = (2 \cdot 3.14 \cdot 8)^2 = 2524$$

6. Для каждого из пяти проведенных опытов вычисляем по формуле

$$k = C \cdot \frac{m}{t^2}$$

коэффициент жесткости пружины. Результаты заносим в четвертый столбец таблицы.

7. Находим среднее значение коэффициента жесткости \bar{k} и записываем его в таблицу.

8. Для каждого i -го опыта находим отклонение значения от среднего $\Delta k_i = k_i - \bar{k}$, а также квадрат отклонения $(\Delta k_i)^2$. Результаты расчетов занесите в два последних столбца таблицы 1.

9. Рассчитываем сумму квадратов отклонений и запишите ее в соответствующую ячейку таблицы.

$$\sum_{i=1}^5 (\Delta k_i)^2 = 0.160 \left(\frac{\text{Н}}{\text{м}} \right)^2$$

Вычисляем среднеквадратичную ошибку σ_k по формуле

$$\sigma_k = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^5 (\Delta k_i)^2}{5 \cdot (5-1)}} = \sqrt{\frac{0.160}{20}} = 0.0894 \frac{\text{Н}}{\text{М}},$$

10. Находим из таблицы значение коэффициента Стьюдента $t_{n,\alpha}$ для $n=5$ опытов и доверительной вероятности $\alpha=0.95$.

$$t_{n,\alpha} = 2.77$$

Рассчитываем тетрадь случайную погрешность измерения $\Delta_s k$

$$\Delta_s k = t_{n,\alpha} \cdot \sigma_k = 2.77 \cdot 0.0894 = 0.25 \frac{\text{Н}}{\text{М}}$$

11. Определяем абсолютные приборные ошибки прямых измерений массы δm и времени δt , а также относительные ошибки E_m и E_t :

$$\delta m = 0.5 \text{ г},$$

$$\delta t = 0.005 \text{ с},$$

$$E_m = \frac{\delta m}{m_{\min}} = \frac{0.0005}{0.220} = 0.0023, \quad E_t = \frac{\delta t}{t_{\min}} = \frac{0.005}{5.13} = 0.00097,$$

Где m_{\min} и t_{\min} – минимальные значения массы груза и времени колебаний из таблицы 1.

12. Находим абсолютную приборную погрешность косвенного измерения коэффициента жесткости δk . Для этого используем формулу

$$\delta k = \bar{k} \cdot \sqrt{E_m^2 + (2E_t)^2}$$

$$\delta k = 21.3 \cdot \sqrt{2.27^2 + (2 \cdot 0.00097)^2} = 0.061 \frac{\text{Н}}{\text{М}}$$

13. Оцениваем полную абсолютную Δk и относительную E_k погрешности по формулам:

$$\Delta k = \sqrt{(\Delta_s k)^2 + (\delta k)^2},$$

$$\Delta k = \sqrt{(0.25)^2 + (0.061)^2} = 0.28 \frac{\text{Н}}{\text{М}}$$

$$E_k = \frac{\Delta k}{\bar{k}} \cdot 100\%$$

$$E_k = \frac{0.28}{21.3} \cdot 100\% = 1.3\%$$

14. Сделав необходимые округления, записываем окончательный результат измерения коэффициента жесткости в виде

$$k = \bar{k} \pm \Delta k$$

$$k = 21.3 \pm 0.3 \frac{\text{Н}}{\text{М}}$$

Упражнение 2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА СОПРОТИВЛЕНИЯ СРЕДЫ

Число навесок на грузе общей массой m_1 равно $n_1 = 0$

Число навесок на грузе общей массой m_2 равно $n_2 = 3$

Число навесок на грузе общей массой m_3 равно $n_3 = 4$

1. Переключаем окно лабораторной работы на упражнение 2.

Таблица 2

$n_1 = 0, m_1 = 0.265$ кг				$n_2 = 3, m_2 = 0.385$ кг				$n_3 = 4, m_3 = 0.425$ кг			
N	t, c	$A, мм$	$b, кг$	N	t, c	$A, мм$	$b, кг/с$	N	t, c	$A, мм$	$b, кг/с$
0	0	74	-	0	0	80	-	0	0	77	-
10	6.93	50	0.0300	10	8.34	58	0.0297	10	8.98	55	0.0319
20	13.86	33	0.0309	20	16.69	42	0.0297	20	17.96	40	0.0310
30	20.78	22	0.0309	30	25.03	30	0.0302	30	26.94	29	0.0308
40	27.71	15	0.0305	40	33.38	22	0.0298	40	35.91	21	0.0308
50	34.64	10	0.0306	50	41.72	15	0.0309	50	44.89	15	0.0310

2. Нажимаем на кнопку «Сделать отметку». Данная отметка соответствует положению равновесия.

3. Смещаем груз по вертикали на расстояние равное или чуть меньше максимального и снова нажимаем на кнопку «Сделать отметку».

4. Отпускаем груз, одновременно включив секундомер на счет «три».

5. Отсчитав $N = 10$ полных колебаний маятника, отметьте чертой крайнее положение диска, для чего снова нажимаем на кнопку «Сделать отметку». Повторяем то же (т.е. делаем отметку) для $N = 20, 30, 40$ и 50 колебаний. После 50 колебаний выключаем секундомер. Записываем значение времени t_k в таблицу против $N = N_k = 50$.

6. По формуле

$$t = N \cdot \frac{t_k}{N_k}$$

рассчитываем время t для $N = 10, 20, 40$ и 50 колебаний. Результаты заносим во второй столбец таблицы.

7. Измеряем с помощью линейки расстояние от положения равновесия до соответствующих отметок на бумажной полоске. Эти расстояния и будут значениями амплитуды A колебаний груза для $N = 0, 10, 20, 30, 40$ и 50 . Занесите эти значения в таблицу 2.

8. Используя формулу

$$b = \frac{2m}{t} \cdot \ln\left(\frac{A_0}{A}\right)$$

вычисляем и заносим в таблицу значения коэффициента сопротивления воздуха b .

9. Повторяем вышеописанные измерения, проведенные в пунктах 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 и расчеты еще дважды, с другим числом навесок n_2 и n_3 , определяемых Вашим вариантом.

10. Рассчитываем среднее из 15 полученных значений коэффициента b .

$$\bar{b} = 0.306 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

11. Для масс m_1 , m_2 и m_3 вычисляем по формулам

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

и

$$\beta = \frac{b}{2m}$$

собственную частоты колебаний ω_0 и коэффициенты затухания β . При подстановке в формулы используем средние значения коэффициента жесткости пружины k (из Упражнения 1) и коэффициента сопротивления воздуха b .

Для $n_1 = 0$, $m_1 = 0.265 \text{ кг}$

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{\bar{k}}{m_1}} = \sqrt{\frac{21.3}{0.265}} = 8.97 \text{ с}^{-1}, \quad \beta = \frac{\bar{b}}{2m_1} = \frac{0.306}{2 \cdot 0.265} = 0.577 \text{ с}^{-1}$$

Для $n_2 = 3$, $m_2 = 0.385 \text{ кг}$

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{\bar{k}}{m_2}} = \sqrt{\frac{21.3}{0.385}} = 7.44 \text{ с}^{-1}, \quad \beta = \frac{\bar{b}}{2m_3} = \frac{0.306}{2 \cdot 0.385} = 0.397 \text{ с}^{-1}$$

Для $n_3 = 4$, $m_3 = 0.425 \text{ кг}$

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{\bar{k}}{m_3}} = \sqrt{\frac{21.3}{0.425}} = 7.08 \text{ с}^{-1}, \quad \beta = \frac{\bar{b}}{2m_3} = \frac{0.306}{2 \cdot 0.425} = 0.360 \text{ с}^{-1}$$

Убеждаемся в справедливости допущения $\beta \ll \omega_0$.