

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1.4

**Исследование механических колебаний**

Ознакомьтесь с конспектом лекций и учебником (Савельев, т.1, § 49, 50, 53, 58). Запустите программу. Выберите «Механика», «Механические колебания и волны» и «Свободные колебания» (сначала математический маятник, потом груз на пружине). Нажмите вверху внутреннего окна кнопку с изображением страницы. Прочитайте краткие теоретические сведения. Составьте конспект.

## Цель работы

- Выбор физических моделей для анализа движения тел.
- Исследование движения тела под действием квазиупругой силы.
- Экспериментальное определение зависимости частоты колебаний от параметров системы.

## Краткая теория

**Колебательное движение** – движение, при котором все механические характеристики тела периодически повторяются.

**Период  $T$**  - минимальное время, через которое положение тела полностью повторяется.

**Гармоническое колебательное движение** - движение, при котором координата тела меняется со временем по закону синуса или косинуса

$$A = A_0 \cos(\omega_0 t + \varphi_0).$$

**Основными** характеристиками гармонических колебаний являются:

**Амплитуда  $A_0$**  – максимальное значение параметра  $A$ .

**Угловая частота собственных колебаний  $\omega_0$**  - в  $2\pi$  раз большая циклической или линейной частоты  $\nu = 1/T$  ( $\nu$  - число полных колебаний за единицу времени).

**Фаза ( $\omega_0 t + \varphi_0$ )** – значение аргумента гармонической функции.

**Начальная фаза  $\varphi_0$**  – значение аргумента косинуса при  $t = 0$ .

**Дифференциальное уравнение свободных гармонических колебаний**

$$\frac{d^2 A}{dt^2} + \omega_0^2 A = 0,$$

свободных затухающих колебаний

$$\frac{d^2 A}{dt^2} + 2\beta \frac{dA}{dt} + \omega_0^2 A = 0,$$

где  $\beta$  - коэффициент затухания.

Математический маятник - это материальная точка, подвешенная на идеальной (невесомой и нерастяжимой) нити.

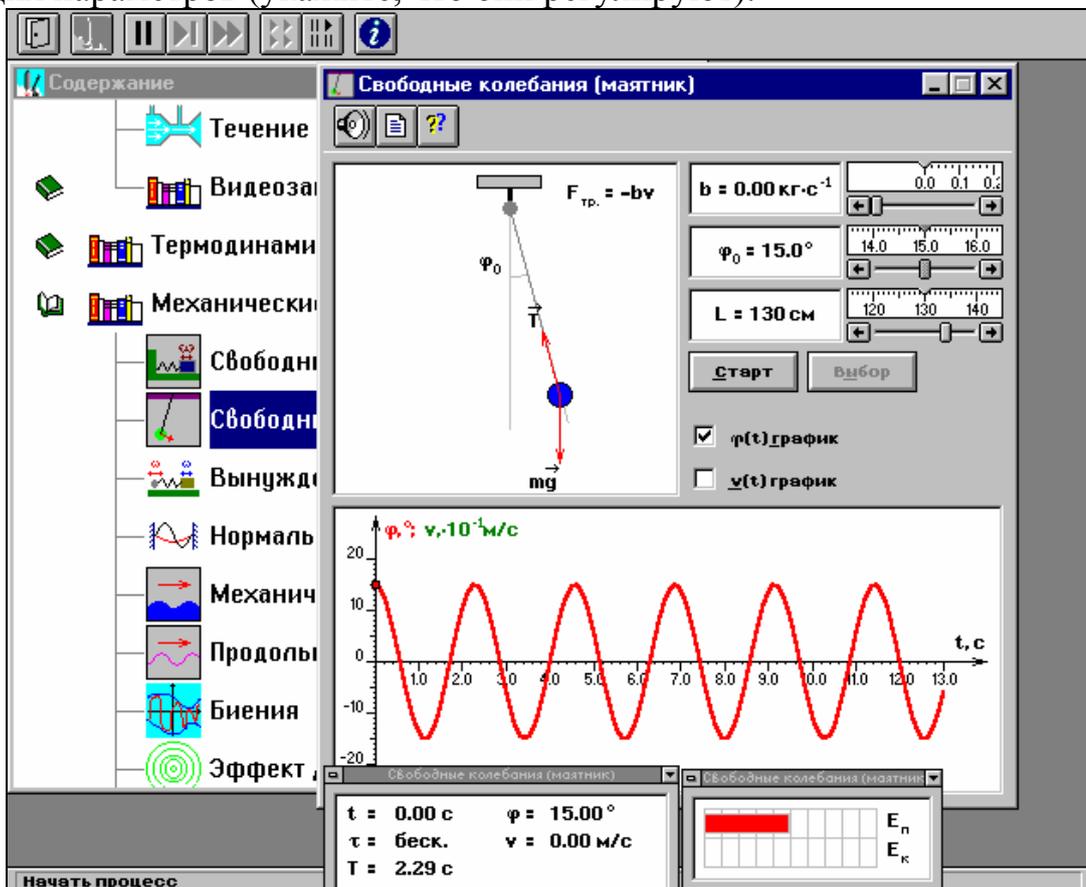
Пружинный маятник - это материальная точка, прикрепленная к идеальной (невесомой и подчиняющейся закону Гука) пружине. Формулы для  $\omega_0$  в этих системах выпишите из конспекта или учебника.

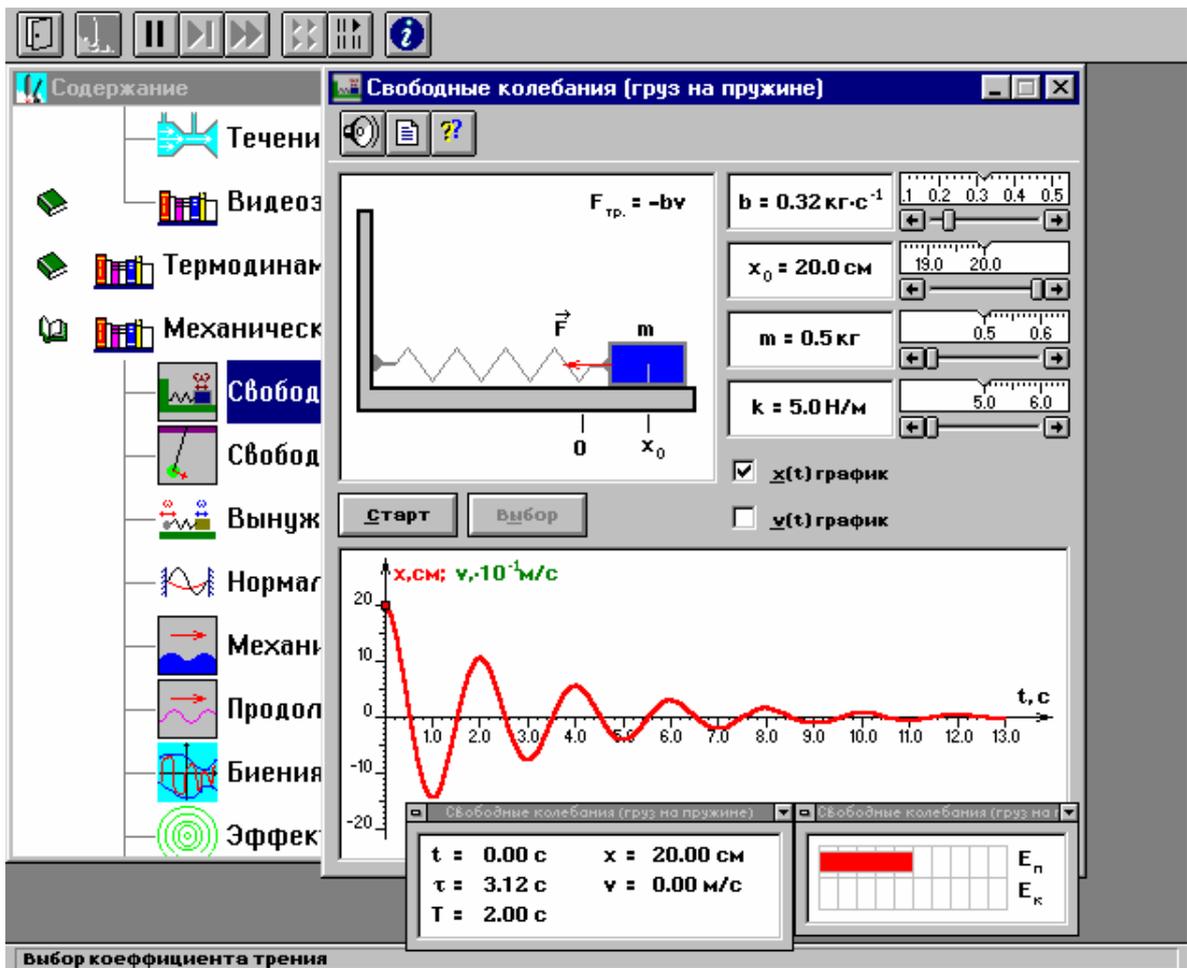
**Задание:** Выведите формулу для циклической частоты свободных колебаний кубика на пружине, лежащего на горизонтальной абсолютно гладкой поверхности.

**Указания :** Выпишите формулу для второго закона Ньютона. Подставьте в нее все реальные силы, действующие на кубик. Спроектируйте полученное векторное уравнение на вертикальную и горизонтальную оси. Проведя тождественные преобразования, получите уравнение, похожее на дифференциальное уравнение свободных колебаний. Константу, являющуюся множителем перед амплитудой  $A$ , приравняйте к квадрату циклической частоты, откуда получите  $\omega$ .

### Методика и порядок измерений

Внимательно рассмотрите рисунки, найдите все регуляторы и другие основные элементы. Зарисуйте поле движения тела с регуляторами соответствующих параметров (укажите, что они регулируют).





## Эксперимент 1

Выберите «Маятник». Установите с помощью движков регуляторов максимальную длину нити  $L$  и значения коэффициента затухания и начального угла, указанные в табл. 1 для вашей бригады.

Нажимая мышью на кнопку «СТАРТ», следите за движением точки на графиках угла и скорости и за поведением маятника. Потренируйтесь, останавливая движение кнопкой «СТОП» (например, в максимуме смещения), и запуская далее кнопкой «СТАРТ». Выберите число полных колебаний  $N = 3 - 5$ , и измерьте их продолжительность  $\Delta t$  (как разность  $t_2 - t_1$  из таблицы на экране).

**Получите у преподавателя допуск для выполнения измерений.**

Приступайте к измерениям длительности  $\Delta t$  для  $N$  (3-5) полных колебаний, начиная с максимальной длины (150 см) нити маятника и уменьшая ее каждый раз на 10 см (до минимальной длины 80 см). Длину нити  $L$  и результаты измерений длительности  $\Delta t$  записывайте в таблицу 2, образец которой приведен ниже.

## Эксперимент 2

Выберите «Груз на пружине». Установите массу груза, значение коэффициента затухания и начальное смещение, указанные в таблице. 1 для вашей бригады. Проведите измерения, аналогичные эксперименту 1, уменьшая коэффициент жесткости  $k$  каждый раз на 1 Н/м.

Таблица 1. Значения коэффициента затухания (вязкого трения), начального угла отклонения (для первого эксперимента) и начального отклонения (для второго).

Номер бригады	$b$ (кг/с)	$\varphi_0$ ( $^\circ$ )	$X_0$ (см)	$m$ (кг)	Номер бригады	$b$ (кг/с)	$\varphi_0$ ( $^\circ$ )	$X_0$ (см)	$m$ (кг)
1	0.8	20	10	0.5	5	0.08	14	7	0.7
2	0.6	18	9	0.6	6	0.07	16	8	0.8
3	0.4	16	8	0.7	7	0.06	18	9	0.9
4	0.2	14	7	0.8	8	0.05	20	10	1.0

Форма 1. Результаты измерений (количество измерений и строк = 8)

Номер измерения	$N=$			
	$L$ (м)	$\Delta t$ (с)	$T$ (с)	$T^2$ (с $^2$ )
1	1.5			
2	1.4			
...				
$g$ (м/с $^2$ )				

Форма 2. Результаты измерений (количество измерений и строк = 6)

Номер измерения	$N=$				
	$k$ (Н/м)	$\Delta t$ (с)	$T$ (с)	$\omega$ (1/с)	$\omega^2$ (1/с $^2$ )
1	5				
2	6				
...					

### ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ И ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА

1. Вычислите требуемые величины и заполните таблицы 2 и 3.

2. Постройте графики зависимости

- квадрата периода колебаний от длины нити математического маятника;
- квадрата циклической частоты колебаний от жесткости пружины пружинного маятника.

3. По наклону графика  $T^2 = f(L)$  определите значение  $g$ , используя формулу  $g = 4\pi^2 \frac{\Delta L}{\Delta(T^2)}$ . Оцените абсолютную ошибку определения  $g$ .
4. По наклону графика  $\omega^2 = f(k)$  определите значение  $m$  используя формулу  $m = \frac{\Delta(k)}{\Delta(\omega^2)}$ . Оцените абсолютную ошибку определения  $m$ .
5. Проанализируйте ответ и графики.

### Вопросы и задания для самоконтроля

1. Что такое колебательное движение?
2. Дайте определение периода колебаний.
3. Дайте определение частоты колебаний.
4. Дайте определение гармонических колебаний.
5. Запишите закон зависимости от времени характеристики  $A$ , совершающей гармоническое колебательное изменение.
6. Запишите закон движения материальной точки, совершающей гармонические колебания.
7. Дайте определение амплитуды гармонических колебаний.
8. Дайте определение фазы гармонических колебаний.
9. Дайте определение начальной фазы гармонических колебаний.
10. Напишите уравнение связи частоты и периода гармонических колебаний.
11. Напишите уравнение связи частоты и циклической частоты гармонических колебаний.
12. Напишите формулу зависимости скорости материальной точки от времени при гармонических колебаниях.
13. Напишите уравнения связи амплитуды скорости и амплитуды смещения при гармонических колебаниях материальной точки.
14. Напишите формулу зависимости ускорения материальной точки от времени при гармонических колебаниях.
15. Напишите уравнения связи амплитуды скорости и амплитуды ускорения при гармонических колебаниях материальной точки.
16. Напишите уравнения связи амплитуды смещения и амплитуды ускорения при гармонических колебаниях материальной точки.
17. Напишите дифференциальное уравнение свободных гармонических колебаний материальной точки.
18. Напишите дифференциальное уравнение свободных затухающих колебаний материальной точки.
19. Что определяет коэффициент затухания?
20. Дайте определение математического маятника.
21. Запишите формулу циклической частоты свободных колебаний математического маятника.

22. Дайте определение пружинного маятника.
23. Запишите формулу циклической частоты свободных колебаний пружинного маятника.
24. Какие процессы происходят при вынужденных колебаниях?
25. Что такое резонанс?
26. При каком затухании резонанс будет более острым?