

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1_4 МЕХАНИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ

Ю.В.Тихомиров

Ознакомьтесь с теорией в конспекте и учебнике (Савельев, т.1, § 49, 50, 53, 58). Запустите программу PHYSICS\BOOKS.exe. Щелкайте мышью на кнопке «↓» справа внизу, пока не появится кнопка «Свободные и вынужденные колебания». Нажмите ее и кнопку «Физика». Прочитайте теорию на экране.

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:

КОЛЕБАНИЕ - периодически повторяющееся движения тела. ПЕРИОД T - минимальное время, через которое движение полностью повторяется.

ГАРМОНИЧЕСКОЕ КОЛЕБАНИЕ - 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 .

ЦИКЛИЧЕСКАЯ ЧАСТОТА собственных колебаний ω_0 - в 2π раз большая обычной или линейной частоты $\nu = 1/T$ (ν - число полных колебаний за единицу времени).

ФАЗА ($\omega_0 t + \varphi_0$) – значение аргумента косинуса.

НАЧАЛЬНАЯ ФАЗА φ_0 – значение аргумента косинуса при $t = 0$.

ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЕ УРАВНЕНИЕ свободных гармонических колебаний параметра A : $\frac{d^2 A}{dt^2} + \omega_0^2 A = 0$, свободных затухающих колебаний:

$$\frac{d^2 A}{dt^2} + 2\beta \frac{dA}{dt} + \omega_0^2 A = 0, \text{ где } \beta - \text{коэффициент затухания}.$$

МАТЕМАТИЧЕСКИЙ МАЯТНИК (ММ) и ПРУЖИННЫЙ МАЯТНИК (ПМ) это МОДЕЛИ объектов, в которых могут происходить гармонические колебания.

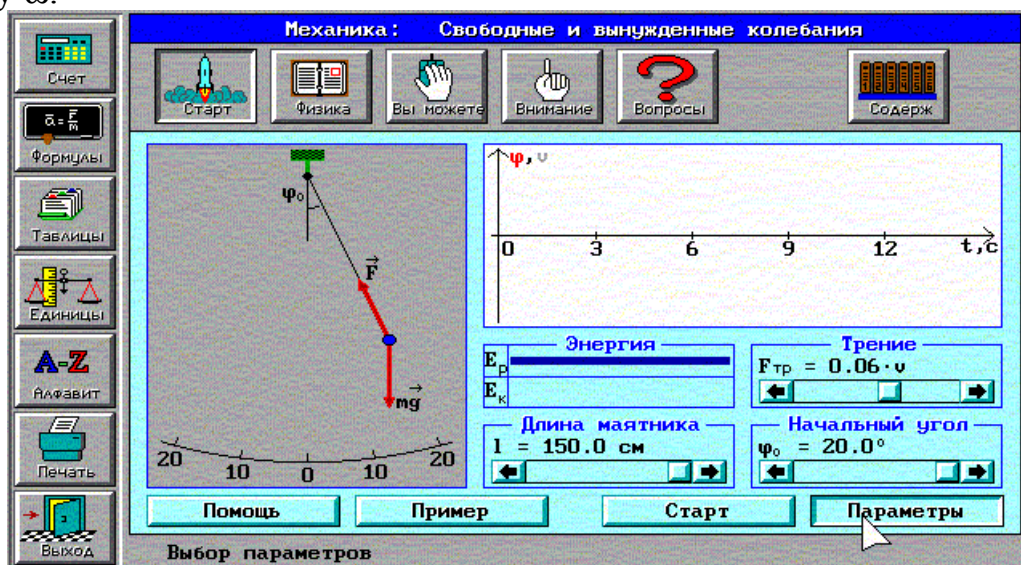
ММ это материальная точка, подвешенная на идеальной (невесомой и нерастяжимой) нити.

ПМ это материальная точка, прикрепленная к идеальной (невесомой и подчиняющейся закону Гука) пружине. Формулы для ω_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 A , приравняйте к квадрату циклической частоты, откуда получите саму ω .



МЕТОДИКА и ПОРЯДОК ИЗМЕРЕНИЙ

Нажмите мышью кнопку «Старт» в верхней части экрана монитора.

Нажав мышью, выберите эксперимент с математическим (гармоническим) маятником. Зарисуйте с экрана монитора поле движения тела с регуляторами соответствующих параметров (укажите, что они регулируют). Затем, нажимая последовательно кнопки «Содержание», «Свободные и вынужденные колебания», «Пружинный маятник» выберите эксперимент с пружинным маятником и сделайте то же самое.

ЭКСПЕРИМЕНТ 1.

Нажимайте последовательно кнопки «Содержание», «Свободные и вынужденные колебания», «Гармонический 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» внизу на экране монитора, следите за построением графиков угла и скорости (справа сверху) и за поведением маятника. Потренируйтесь, останавливая движение кнопкой «Pause» на клавиатуре (верхний ряд, справа), и запуская далее клавишей пробел (самая длинная внизу клавиатуры). Измеряйте время (отрезок линейкой по оси Ox с учетом масштаба) и подсчитывайте число полных колебаний.

Получите у преподавателя допуск для выполнения измерений.

Приступайте к измерениям длительности 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 из-

мерений длительности t записывайте в таблицу 2, образец которой приведен ниже.

ЭКСПЕРИМЕНТ 2

Нажмите кнопки «Содержание», «Свободные и вынужденные колебания» и «Груз на пружине». Установите максимальную массу груза, а также значение коэффициента затухания и начальное смещение, указанные в табл. 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	β	α_0	X_0 (см)	Номер бригады	β	α_0	X_0 (см)
1	0.08	20	10	5	0.08	14	7
2	0.07	18	9	6	0.07	16	8
3	0.06	16	8	7	0.06	18	9
4	0.05	14	7	8	0.05	20	10

Таблица 2. Результаты измерений (количество измерений и строк = 8)

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

Таблица 3. Результаты измерений (количество измерений и строк = 6)

Номер измерения	N=				
	k(Н/м)	t(с)	T(с)	ω (1/с)	ω^2 (1/с ²)
1	5				
2	6				
...					

ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ И ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА:

1. Вычислите требуемые величины и заполнить таблицы 2 и 3.
2. Постройте графики зависимости
 - квадрата периода колебаний от длины нити ММ,
 - квадрата циклической частоты колебаний от жесткости пружины ПМ.
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. Проанализируйте ответ и графики.

Вопросы и задания для самоконтроля по работе 1_4

1. Что такое колебание?
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 МТ, 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 МТ от времени при гармонических колебаниях.
13. Напишите уравнения связи амплитуды скорости и амплитуды смещения при гармонических колебаниях МТ.
14. Напишите формулу зависимости ускорения МТ от времени при гармонических колебаниях.
15. Напишите уравнения связи амплитуды скорости и амплитуды ускорения при гармонических колебаниях МТ.
16. Напишите уравнения связи амплитуды смещения и амплитуды ускорения при гармонических колебаниях МТ.
17. Напишите дифференциальное уравнение свободных гармонических колебаний МТ.
18. Напишите дифференциальное уравнение свободных затухающих колебаний МТ.
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 резким?