Федеральное государственное автономное образовательное учреждение

высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет «ЛЭТИ»

им. В.И. Ульянова (Ленина)»

**Отчет**

**По индивидуальному домашнему заданию №3**

**«Исследование движения тел в диссипативной среде»**

Выполнил: Долгих Кирилл Андреевич

Группа № 3181

Преподаватель: Кузьмина Наталия Николаевна

**Цель работы**: исследование динамики затухающего колебательного движения на примере крутильного маятника, определение основных характеристик диссипативной системы.

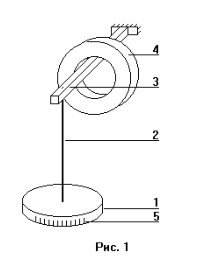
**Приборы и принадлежности**: крутильный маятник, секундомер. Применяемый в работе крутильный маятник (рис. 1) представляет собой диск 1, закрепленный на упругой стальной проволоке 2, свободный конец которой зажат в неподвижном кронштейне 3. На кронштейне расположено кольцо 4, масса которого известна. Кольцо 4 можно положить сверху на диск 1, изменив тем самым момент инерции маятника. На диске 1 установлен флажок, располагающийся под подставкой макета в ванночке с жидкостью. Поворачивая флажок, можно изменять момент сил сопротивления, действующих на маятник. Для отсчета значений угла поворота маятника служит градуированная шкала 5, помещенная на ободе диска 1.

**Исследуемые закономерности**

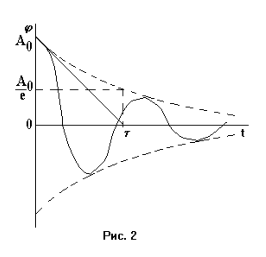
Момент инерции (аналог инертной массы тела при его поступательном движении) – физическая величина, характеризующая инертные свойства твердого тела при его вращении. В соответствии с одной из формулировок основного уравнения динамики вращательного движения M = I ε , где момент инерции I связывает угловое ускорение тела ε и момент сил M, действующих на него.

Крутильный маятник. При повороте тела, закрепленного на упругом подвесе, в результате деформации сдвига при закручивании подвеса возникает возвращающий момент упругих сил M = −k, где k – коэффициент кручения, зависящий от упругих свойств материала подвеса, его размеров и формы, - угол поворота. При малых углах поворота, без учета сил трения в подвесе, крутильные колебания маятника являются гармоническими, а уравнение движения тела имеет вид **,** где частота собственных

колебаний гармонического осциллятора I – момент инерции диска крутильного маятника.

Сопротивление движению маятника (трение) создает тормозящий момент, пропорциональный скорости движения маятника,

где R - коэффициент сопротивления. С учетом сил сопротивления уравнение движения маятника принимает вид

и является уравнением движения осциллятора с затуханием. Колебания такого осциллятора уже не будут гармоническими. Коэффициент = R/2I называют коэффициентом затухания. Если , движение крутильного маятника описывается уравнением затухающих колебаний где A0- начальная амплитуда колебаний маятника, = 1/ - время затухания, определяющее скорость убывания амплитуды A(t) маятника, численно равное времени, за которое амплитуда убывает в e раз (рис. 2), т.е.

𝟂 - частота колебаний осциллятора с затуханием, связанная с собственной частотой соотношением

Время затухания τ также выражается через момент инерции I и коэффициент сопротивления R выражением

**Крутильный маятник как диссипативная система**

Полная энергия колебаний маятника убывает со временем по закону , где - начальная энергия колебаний

Убывание энергии происходит за счет совершения работы против сил трения. Энергия при этом превращается в тепло, идет процесс диссипации энергии. Скорость диссипации энергии (мощность потерь)

Помимо коэффициента затухания β (или времени затухания τ) и мощности потерь Pd колебательная диссипативная система характеризуется также добротностью Q, позволяющей судить о способности системы сохранять энергию. Добротность определяется отношением запасенной системой энергии к потерям энергии за время T/2π = 1/ π. Легко видеть, что добротность т. е. численно равна числу колебаний за время t = 𝞹τ. За это время амплитуда колебаний уменьшается в e𝞹 ≈ 23 раза, а энергия колебаний в e𝞹2≈ 535 раз, иными словами, за это время колебания практически затухают.

В технике для характеристики колебательных систем с затуханием вводят декремент затухания (∆), или его логарифм – логарифмический декремент затухания (δ = ln∆), определяя эти параметры через отношение амплитуд колебаний, соответствующих соседним периодам

**Протокол наблюдений к лабораторной работе №3**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| I | d | Dex | Din | D0 | h0 | m | ρ |
|  |  |  |  |  |  |  |  |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| № | tд ,c | t0д ,c | tк ,c | t0к ,c |
| 1 |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  |
| 4 |  |  |  |  |
| 5 |  |  |  |  |