**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**

**Санкт-Петербургский государственный**

**электротехнический университет**

**«ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)**

**Кафедра Физики**

отчет

**по лабораторной работе №3**

**по дисциплине «Общая физика»**

**Тема: ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ КОЛЕБАТЕЛЬНОГО И ВРАЩАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Студент группы 4353 | \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ | Букреев Д.Э. |
| Преподаватель | \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ | Сизова Е.А. |

Санкт-Петербург

2024

Лабораторная работа №3

«Исследование динамики колебательного и вращательного движения»

**Цель работы:** исследование динамики колебательного движения на примере крутильного маятника, определение момента инерции маятника, модуля сдвига материала его подвеса и характеристик колебательной системы с затуханием (логарифмического декремента затухания и добротности колебательной системы).

**Приборы и принадлежности:** крутильный маятник, секундомер, масштабная линейка, микрометр. Применяемый в работе крутильный маятник (рис. 3.1) 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. Для отсчета значений угла поворота маятника служит градуированная шкала 5, помещенная на панели прибора снизу от диска 1.

***Исследуемые закономерности***

Момент инерции – физическая величина, характеризующая инертные свойства твердого тела при его вращении.

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*ϕ, где *k* - коэффициент кручения, зависящий от упругих свойств материала подвеса, его размеров и формы, ϕ - 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 β = *R*/2*I* называют коэффициентом затухания. Если , движение крутильного маятника описывается уравнением затухающих колебаний

 ,

где - начальная амплитуда колебаний маятника, τ = 1/β - время затухания, определяющее скорость убывания амплитуды *A*(*t*) маятника, численно равное времени, за которое амплитуда убывает в *e* раз (рис. 2), т.е.

|  |  |
| --- | --- |
|  | при *t* = τ ,  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*/2 = 1/. Легко видеть, что добротность

 ,

т.е. численно равна числу колебаний за время *t =* πτ. За это время амплитуда колебаний уменьшается в *e*π ≅ 23 раза, а энергия колебаний в *e*2π ≅ 535 раз, иными словами, за это время колебания практически затухают.

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

 или δ = β*T*.

Протокол наблюдений к лабораторной работе №3

«Исследование динамики колебательного и вращательного движения»

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| , м | d, м | Dex, м | Din, м | D0, м | h0, м | M, кг | ρ, кг/м3 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |

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

Контрольные вопросы

11. декремент затухания - это безразмерная величина, характеризующая скорость затухания колебаний в механической, электрической, молекулярной и других колебательных системах.

Логарифмический декремент затухания — это величина, обратная числу колебаний, по истечении которых амплитуда уменьшается в e раз (e — основание натуральных логарифмов).

Промежуток времени, необходимый для этого, называется временем релаксации.

22. Докажите, что решение уравнения  является функция. ,