

-1 Двойной маятник. Приборы и оборудование

Условие

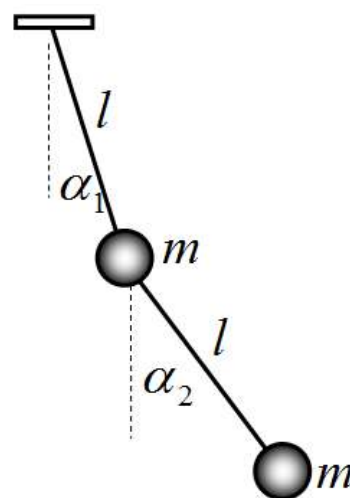
Задача 11-1 Двойной маятник.

Приборы и оборудование: двойной маятник, маятник с тяжелым грузом, система подвеса маятников, линейки измерительные.

В курсе физики вы изучали различные колебательные системы, все они имели только одну степень свободы. Достаточно часто встречаются колебательные системы имеющие несколько степеней свободы. Важным примером таких систем являются молекулы, спектральное изучение частот и амплитуд их собственных колебаний дает важную информацию об их строении.

В данном задании вам предстоит исследовать простейшую колебательную систему, имеющую две степени свободы – двойной маятник. Двойной маятник представляет собой два одинаковых пластилиновых шарика, подвешенных на нитях одинаковой длины. Шары должны колебаться в одной вертикальной плоскости. Координатами, описывающими движения маятника, являются углы отклонения нитей от вертикали α_1, α_2 .

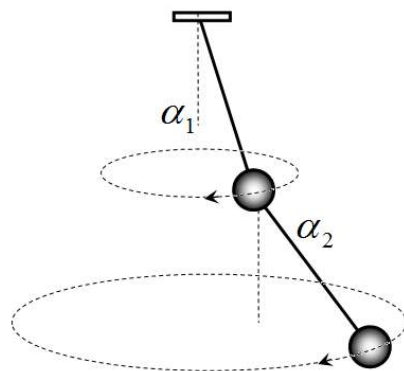
Если отклонить маятники нити маятников на произвольные углы, то шарики начнут совершать достаточно сложные колебания. Однако при определенных соотношениях между углами отклонения колебания маятников являются устойчивыми и сохраняющими свою форму. Такие колебания называются нормальными (их еще называют модами колебаний). Нахождение типов собственных колебаний и их частот является достаточно сложной математической задачей.



Часть 1. Теоретическая.

1.1 Рассчитайте частоты собственных колебаний и соответствующие отношения амплитуд отклонений маятников для рассматриваемой системы.

Подсказка. Воспользуйтесь аналогией между движением обычного математического маятника в одной плоскости и его круговым движением, при котором угол отклонения нити остается неизменным. При малых углах отклонения периоды таких движений совпадают! Аналогично плоское движение двойного маятника имеет те же частоты и то же отношение амплитуд, что и их вращательное движение.



Часть 2. Экспериментальная.

Для экспериментального нахождения мод колебаний удобно использовать явление резонанса. Для исследования резонанса необходимо уметь создавать периодическое возмущение с изменяемой частотой. Для реализации этой идеи используется обычный математический маятник с массивным грузом. Оба маятника подвешиваются на одну горизонтальную нить. Раскачивающийся массивный маятник (длину которого можно изменять) заставляет колебаться горизонтальную нить, к которой подвешены оба маятника. Колебания этой нити создают вынуждающую силу для легкого двойного маятника. Можно считать, что колебания этого легкого маятника практически не влияют на колебания массивного маятника.

2.1 Экспериментально исследуйте зависимость амплитуд вынужденных колебаний двух грузов A_1, A_2 двойного маятника от длины массивного маятника L .

2.2 Постройте графики полученных зависимостей.

Рекомендуемый шаг изменения длины маятника* $\Delta L = 5$ см. При необходимости, изменение длины массивного маятника можно уменьшить до 1 см (0,5 см). Начало измерений производить при длине $\ell_0 = 70$ см. $L = 70$ см. Высота отклонения массивного груза не должна превышать 1 с и оставаться примерно постоянной.*

2.2 Используя полученные зависимости, определите частоты нормальных колебаний ω_1, ω_2 двойного маятника и отношение амплитуд отклонений шариков при этих колебаниях.

2.3 Изобразите схематически, как движется двойной маятник при нормальных колебаниях.

2.4 Сравните результаты теоретических расчетов и результатов измерений. Укажите возможные причины их расхождений.