

**ЦЕЛЬ ОПЫТА**

Подтверждение закона площадей для движения под действием центральной силы (второго закона Кеплера).

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ

В качестве примера движения под действием центральной силы эллиптическое движение грузика маятника регистрируется методом отслеживания движения с помощью порошка. Движение грузика оставляет след в виде отметок интервалов времени, и по расстоянию между ними можно непосредственно измерить скорость грузика маятника. Более того, можно показать путем простого графического анализа, что площадь, ометаемая радиус-вектором маятника за каждый интервал времени, постоянна и, таким образом, не зависит от длины радиус-вектора.

ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ОПЫТА

- Запись эллиптических колебаний маятника методом отслеживания движения с помощью порошка.
- Сравнение скоростей грузика маятника на минимальном и максимальном расстояниях от его положения покоя.
- Измерение площадей, ометаемых радиус-вектором маятника за каждый интервал времени на минимальном и максимальном расстояниях от его положения покоя.

НЕОБХОДИМОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Кол-во	Наименование	№ по каталогу
1	Набор оборудования для отслеживания движения с помощью порошка	U8400870
1	Маятник с электродом плоттера	U8405640
2	Основание стойки, треножник, размер 150 мм	U13270
2	Стойки из нержавеющей стали длиной 1000 мм	U15004
1	Стойка из нержавеющей стали длиной 750 мм	U15003
3	Универсальные зажимы	U13255

1

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ

При движении планет вокруг Солнца угловой момент остается постоянным, потому что сила, действующая на планету, всегда направлена к центру. Из этого непосредственно следует, что орбита планеты должна лежать в определенной фиксированной плоскости. Отсюда также можно вывести второй закон Кеплера, или закон площадей, который гласит, что луч света от Солнца до планеты ометает равные площади за равные интервалы времени.

На справедливость закона площадей не оказывает влияния конкретный вид зависимости центральной силы от расстояния до центра силы. Эта зависимость лишь определяет форму орбиты вокруг центра силы. Таким образом, закон площадей также справедлив для эллиптических колебаний маятника вокруг положения покоя, при условии что угол отклонения от вертикали не слишком велик. Движение грузика маятника почти в точности ограничено горизонтальной плоскостью (см. рис. 1), и в любой точке на его траектории, определяемой радиус-вектором r , имеется горизонтальная ограничивающая сила F , направленная к положению покоя, которая определяется выражением:

$$(1) \quad F = -\frac{m \cdot g}{d} \cdot r$$

g : ускорение свободного падения,

d : длина маятника,

m : масса грузика маятника.

На угловой момент, который определяется выражением

$$(2) \quad L = m \cdot r(t) \times \frac{\Delta r(t)}{\Delta t}$$

сила F не оказывает влияния. Поэтому площадь ΔA , ометаемая радиус-вектором $r(t)$ за каждый интервал времени Δt , также остается постоянной:

$$(3) \quad \Delta A = \frac{1}{2} \cdot |r(t) \times \Delta r(t)| = \frac{1}{2} \cdot r(t) \cdot \Delta r(t) \cdot \sin \alpha$$

(см. рис. 2).

В этом опыте движение грузика маятника регистрируется методом отслеживания движения с помощью порошка. Этот метод заключается в том, что регистрирующий электрод, прикрепленный к грузику маятника, может свободно двигаться над изолированной пластиной для регистрации движения, которая покрыта мелким порошком серы. Переменное напряжение с частотой напряжения сети подается между электродом и регистрационной пластиной, так что порошок серы то притягивается, то отталкивается, в соответствии с изменяющейся полярностью напряжения. Таким образом, на пластине остается след в виде отметок интервалов времени, и по расстоянию между ними можно непосредственно определить скорость грузика маятника.

ОЦЕНОЧНЫЙ РАСЧЕТ

Сначала построим графическое представление движения и определим центр записанной траектории и точки на орбите, которые соответствуют максимальному и минимальному расстояниям от центра.

В каждой из этих точек на орбите можно определить площадь, ометаемую радиус-вектором за 10 периодов переменного напряжения. Для простоты площади при расчетах принимаются приблизительно равными площадям треугольников.

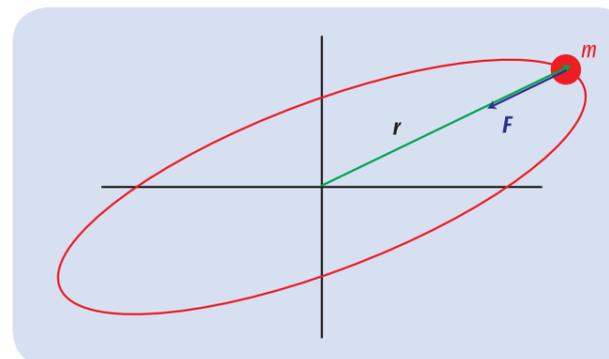


Рис. 1: Эллиптическое колебание грузика маятника, вид сверху

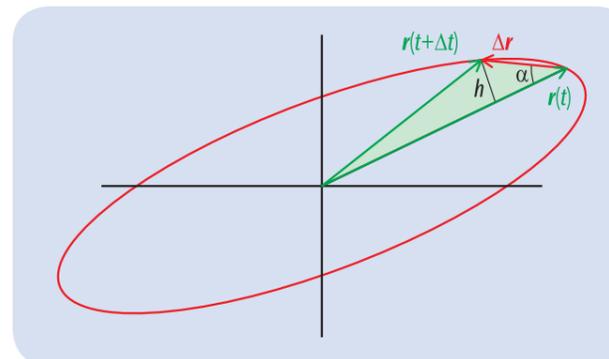


Рис. 2: Площадь, ометаемая радиус-вектором грузика маятника за интервал времени Δt

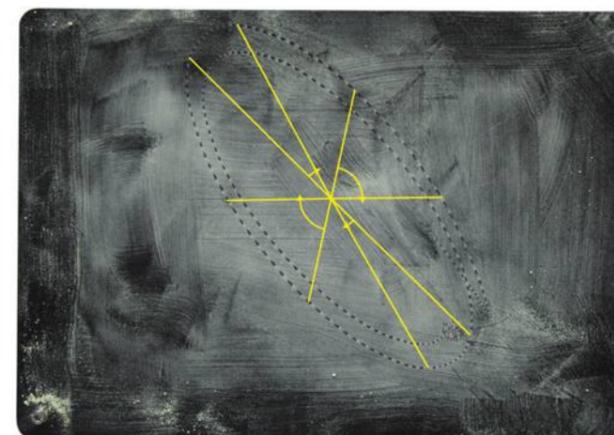


Рис. 3: Пример экспериментально полученных данных с расчетом