

**Захват частицы центральным полем сил. Практическая работа по физике
в 10-11 классах
Алексеева А.В.**

математика, информатика, физика

11 класс, ЧОУ Православная классическая гимназия имени свщмч.

Константина Богородского, г. Ногинск Московской области

*Научный руководитель: Туманова И.П., учитель математики, ЧОУ
Православная классическая гимназия, г. Ногинск Московской области*

Введение

Компьютерное моделирование стало составной частью учебной школьной дисциплины «Информатика и ИКТ», что открывает широкие возможности для изучения явлений физики, химии, биологии, которые трудно экспериментально воспроизводимы в условиях общеобразовательной школы [1]. В этом случае математическая модель физического явления является путем к пониманию различных вариантов физического взаимодействия объектов в реальном мире.

Тема «Движение частицы в центральном поле сил» изучается в курсе «Физика» на различных ступенях современного образования. Получение визуального представления о характере движения частицы в центральном поле сил способствует более глубокому пониманию законов движения планет, опыта Резерфорда по рассеянию альфа-частиц ядрами атомов золота и ряда других явлений физики. В этом состоит актуальность и практическая ценность создания визуального компонента в изучении этой темы.

Цель настоящего исследования – создать вычислительную среду для изучения моделирования захвата частицы полем.

Задачами исследования являются:

- Разработать макрос для моделирования движения частицы в центральном поле сил (расчет траектории движения) в MS Excel;

- Предложить методику выполнения практической работы по воспроизведению захвата частицы центральным полем сил (компьютерный эксперимент).

Гипотеза исследования. Постановка физического эксперимента при изучении движения частицы в центральном поле сил трудоемкая и дорогостоящая задача. Анализ учебной литературы показывает, что поставленная цель может быть достигнута путем компьютерного эксперимента.

Объектом исследования является движение частицы в центральном поле сил.

Предметом исследования является моделирование траектории движения частицы в центральном поле сил в вычислительной среде MS Excel.

Основная часть

Изложению рассматриваемой темы посвящено много учебной литературы [2,3]. Центральное поле сил создается силами, зависящими только от расстояния до центра сил. В зависимости от начального положения частицы возможны следующие варианты ее движения [4] (Рис. 1), т.е. захват частицы силовым полем возможен в случаях движения а) и в).

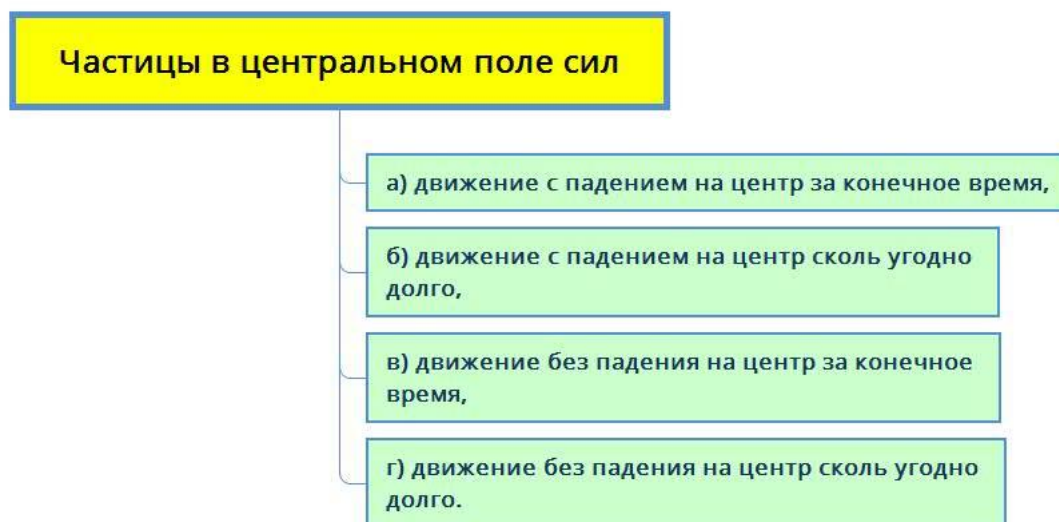


Рисунок 1. Движение частицы в центральном поле сил.

Согласно закону сохранения момента импульса траектория движения частицы в центральном поле сил будет плоской, т.е. определяться координатами $(x; y)$.

Тогда уравнения траектории движения частицы по законам кинематики и по второму закону Ньютона в декартовой системе координат с центром в силовом центре можно вычислить по следующему алгоритму.

Пусть частица массой m находится на расстоянии r от центра масс M и имеет начальную скорость v , тогда уравнения движения частицы имеют вид:

$$F = GmM / r^2, \quad \vec{F} = F \left(-\frac{x}{r} \vec{i} - \frac{y}{r} \vec{j} \right) = m\vec{a},$$

$$F_x = -F \cos \alpha = -F \cdot x / r, \quad F_y = -F \sin \alpha = -F \cdot y / r,$$

$$a_x^{t+1} = F_x^t / m, \quad v_x^{t+1} = v_x^t + a_x^{t+1} \Delta \tau, \quad x^{t+1} = x^t + v_x^{t+1} \Delta \tau,$$

$$a_y^{t+1} = F_y^t / m, \quad v_y^{t+1} = v_y^t + a_y^{t+1} \Delta \tau, \quad y^{t+1} = y^t + v_y^{t+1} \Delta \tau.$$

F – сила, действующая на частицу, a – ускорение частицы, t – время. Текст макроса приведен Рис. 2.

Sub trarktoria()

' начальные данные

m = 0.001 ' масса в кг

dt = 0.0005 ' шаг по времени

x = -30 ' начальная координата по оси x

y = 0 ' начальная координата по оси y

vx = 0 ' начальная скорость

vy = 8

r1 = 30 ' начальный вектор перемещения

' построение траектории

For i = 1 To 25000

t = i * dt

' координаты

r = Sqr(x * x + y * y)

ca = x / r

sa = y / r

' сила гравитации

$$F = -2000 * m / r / r$$

' Другой потенциал

$$F = 5 * (100000 / r / r / r / r - 1000 / r / r)$$

' ускорение

$$a_x = F * c_a$$

$$a_y = F * c_a$$

' скорость

$$v_x = v_x + a_x * dt$$

$$v_y = v_y + a_y * dt$$

' перемещение

$$x = x + v_x * dt$$

$$y = y + v_y * dt$$

' таблица для построения графика

If i Mod 50 = 0 Then

Cells(i / 50, 1) = t

Cells(i / 50, 2) = x

Cells(i / 50, 3) = y

End If

Next i

End Sub

Рис. 2. Текст макроса «Траектория».

Порядок выполнения работы

1. Изучите математическую модель явления движения точки в центрально симметричном поле сил и алгоритм, позволяющий рассчитать движение точки в поле центральной силы [4].
2. Рассчитайте траекторию движения частицы в MS Excel. Для этого запустите макрос «Траектория».

3. Постройте график траектории движение частицы (Рис. 3).
4. Повторите моделирование при других начальных координатах и скоростях планеты.
5. Сформулируйте выводы и объясните полученные результаты.

Результаты и обсуждение

Предлагаемая практическая работа требует минимальных навыков написания макросов и построение графиков в MS Excel. С другой стороны, в рамках настоящей работы можно моделировать движение частиц с использованием других потенциалов центральных сил.

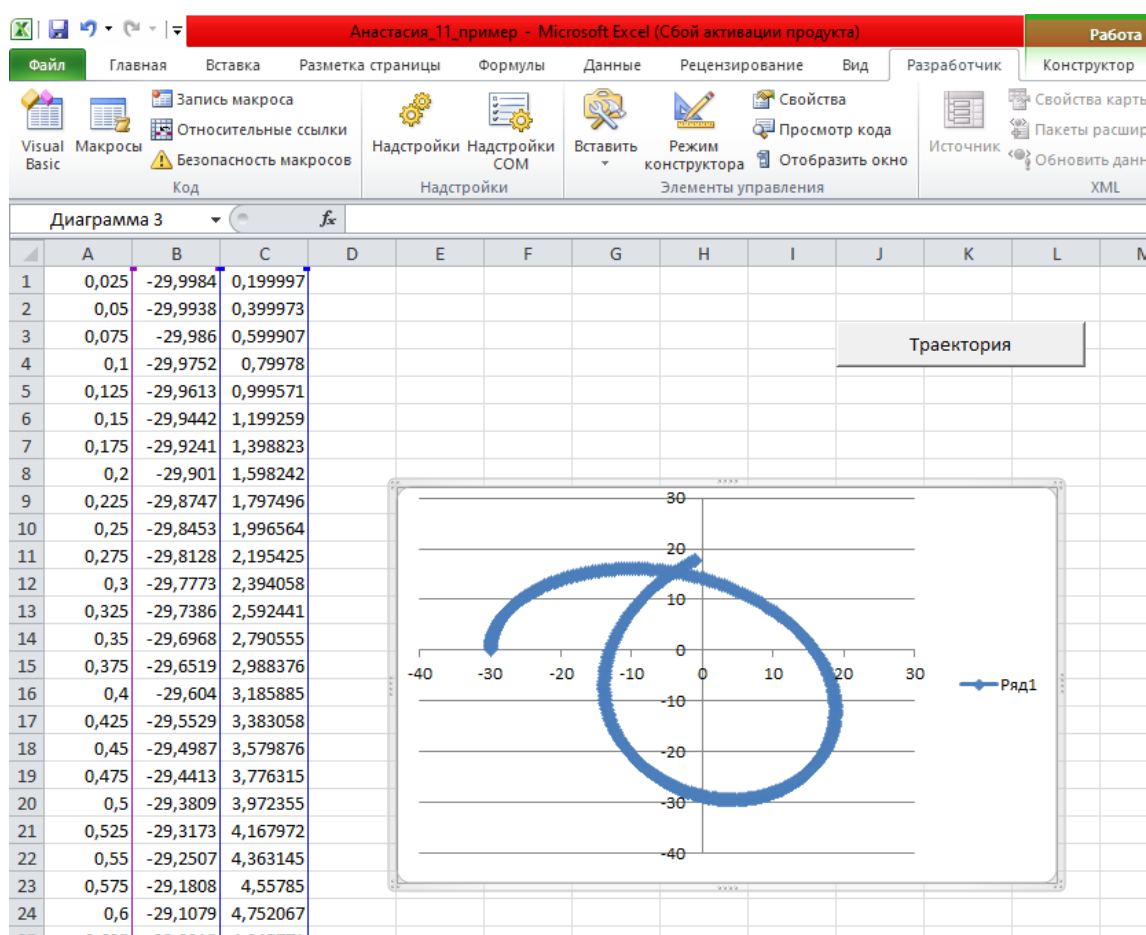


Рис. 3. Рассчитанная траектория движения частицы в центральном поле сил.

Выводы

В статье представлена практическая работа по моделированию движения частицы в центральном поле сил с использованием электронных таблиц MS Excel. Приведен текст макроса для решения поставленной задачи.

При выполнении лабораторной работы обучающиеся могут рассчитать траекторию движения частицы в центральном поле сил при различных начальных условиях.

Эта работа способствует междисциплинарным связям предметов, изучаемых в старших классах средней школы.

Литература

1. Сауров Ю. А. Модели и моделирование в методике обучения физике: логико-методологические поиски: монография. Киров: Радуга-ПРЕСС, 2016. 216 с.
2. Майер Р. В. Компьютерное моделирование физических явлений / Р. В. Майер. – Глазов: ГГПИ, 2009. – 112 с.
3. Кунин С. Вычислительная физика / С. Кунин. - М.: Мир, 1992. - 418 с.
4. Мотова М. И., Петров В. В. Движение частиц в полях. Учебно-методическое пособие. – Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2012. – 24с.