

1. Жаворонкова, М.Л. Пути использования отходов обувного производства / М.Л. Жаворонкова, К.Ю. Журавлева, Т.В. Бувеч (науч. рук.) // Молодость. Интеллект. Инициатива: матер. XII Междунар. науч.-практ. конф. студентов и магистрантов, Витебск, 26 апреля 2024 года: в 2 т. – Витебск: ВГУ имени П.М. Машерова, 2024. – Т. 1. – С. 28–30. URL: <https://rep.vsu.by/handle/123456789/43186> (дата обращения: 05.09.2024)

2. Карелина, В.М. Исследование физических свойств этиленвинилацетата / В.М. Карелина, Т.В. Бувеч, А.Э. Бувеч (науч. рук.) // Молодость. Интеллект. Инициатива: матер. XII Междунар. науч.-практ. конф. студентов и магистрантов, Витебск, 26 апреля 2024 года: в 2 т. – Витебск: ВГУ имени П.М. Машерова, 2024. – Т. 1. – С. 32–33. URL: <https://rep.vsu.by/handle/123456789/43188> (дата обращения: 05.09.2024)

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРАЕКТОРИИ ДВИЖЕНИЯ ЗАРЯЖЕННОЙ ЧАСТИЦЫ В МАГНИТНОМ ПОЛЕ

Жлоба М.Е.,

*студентка 4 курса ПГУ имени Евфросинии Полоцкой, г. Новополоцк, Республика Беларусь
Научный руководитель – Сковородко М.А., ст. преподаватель*

Ключевые слова. Моделирование, магнитное поле, заряженная частица, траектория движения, электромагнетизм.

Keywords. Modeling, magnetic field, charged particle, trajectory, electromagnetism.

Моделирование движения заряженной частицы в однородном магнитном поле имеет важное значение для понимания процессов в ускорителях частиц, плазменных устройствах и космических явлениях. Компьютерные модели позволяют исследовать траектории частиц в различных условиях, что способствует развитию прикладных технологий и научных исследований в области электромагнетизма.

Целью данной работы является представление траектории движения заряженной частицы в однородном магнитном поле с использованием методов компьютерного моделирования. Основной задачей является разработка модели, которая позволяет визуализировать траекторию частицы и изучить её движение в различных ситуациях.

Материал и методы. Методологическую базу данной статьи составляет литература научно-исследовательских трудов. В статье используется метод компьютерного эксперимента, с помощью которого рассматривается динамика движения заряженной частицы в магнитном поле.

Результаты и их обсуждение. Силу, с которой магнитное поле действует на заряженную частицу, движущуюся в этом поле, называют силой Лоренца.

Модуль силы Лоренца определяется как отношение силы Ампера, действующей на участок проводника, находящийся в магнитном поле, к числу заряженных частиц N , упорядоченно движущихся в этом участке проводника:

$$F_L = \frac{F_A}{N}.$$

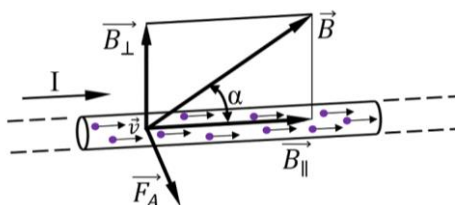


Рисунок 1 – Действие силы Лоренца на проводник с током

Если модуль заряда одной частицы q , а модуль суммарного заряда всех частиц Nq , то согласно определению силы тока:

$$I = \frac{Nq}{\Delta t},$$

где Δt – промежуток времени, за который заряженная частица проходит участок проводника длиной Δl .

Тогда

$$F_L = \frac{BI\Delta l \sin \alpha}{N} = \frac{BNq\Delta l \sin \alpha}{\Delta t N} = \frac{Bq\Delta l \sin \alpha}{\Delta t}.$$

Так как модуль средней скорости упорядоченного движения заряженной частицы в электрическом поле внутри проводника:

$$v = \frac{\Delta l}{\Delta t},$$

то формулу для определения модуля силы Лоренца можно записать в виде:

$$F_L = qvB \sin \alpha,$$

где α – угол между направлениями индукции магнитного поля $\vec{B}$ и скорости $\vec{v}$ упорядоченного движения заряженной частицы [1].

Вид траектории заряженной частицы в магнитном поле зависит от угла между скоростью влетающей в поле частицы и направлением линий магнитной индукции.

Рассмотрим три различных ситуации, созданные с помощью компьютерного моделирования в среде PyCharm на языке программирования Python.

Ситуация 1 представлена на рисунке 2а. Протон, двигаясь по силовой линии в электрическом поле ускоренно, приобретает скорость, с которой влетает в однородное магнитное поле так, что его вектор скорости направлен вдоль или противоположно направлению индукции магнитного поля. В этом случае угол между направлением вектора скорости и индукции магнитного поля равен либо 0° , либо 180° .

Таким образом, сила Лоренца, действующая на протон, равна нулю и частица будет продолжать двигаться равномерно прямолинейно:

$$F_L = Bqv \sin 0 = 0.$$

Ситуация 2 представлена на рисунке 2б. Протон влетает в однородное магнитное поле перпендикулярно линиям его индукции.

В этом случае на протон в магнитном поле действует сила Лоренца, направленная перпендикулярно вектору скорости. Протон начнет двигаться по окружности, так как магнитное поле однородно и вектор скорости частицы перпендикулярен линиям магнитной индукции, а сила Лоренца не может изменить модуль скорости заряженной частицы – она лишь меняет её направление.

Такое движение заряженной частицы в магнитном поле будет подчиняться второму закону Ньютона:

$$F_L = ma = m \frac{v^2}{R} = m \frac{2qU}{mR} = \frac{2qU}{R},$$

где:

- центростремительное ускорение: $a = \frac{v^2}{R} = \frac{2qU}{mR}$;
- скорость протона: $v^2 = \frac{2qU}{m} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2qU}{m}}$;
- закон сохранения энергии: $qU = \frac{mv^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv^2}{2}$;
- радиус траектории: $R = \frac{2q^2 U \sqrt{m}}{qB \sqrt{2qU}} = \frac{\sqrt{2qUm}}{qB} = \frac{1}{B} \sqrt{\frac{2Um}{q}}$;
- период обращения: $T = \frac{2\pi R}{v} = \frac{2\pi \sqrt{2qUm} \cdot \sqrt{m}}{qB \sqrt{2qU}} = \frac{2\pi m}{qB}$.

Ситуация 3 представлена на рисунке 2в. Частица влетает в магнитное поле под заданным углом к силовым линиям.

В данном случае раскладываем скорость на две составляющие: одна направлена перпендикулярно полю – $v_\perp$, другая вдоль линий магнитной индукции – $v_\parallel$ [2]. Следовательно, движение частицы является суммой двух движений: равномерного вдоль поля со скоростью $v_\parallel$ и вращения по окружности с угловой скоростью:

$$\omega = \frac{qB}{m}.$$

Таким образом, частица движется по спирали радиусом R и шагом h [3].

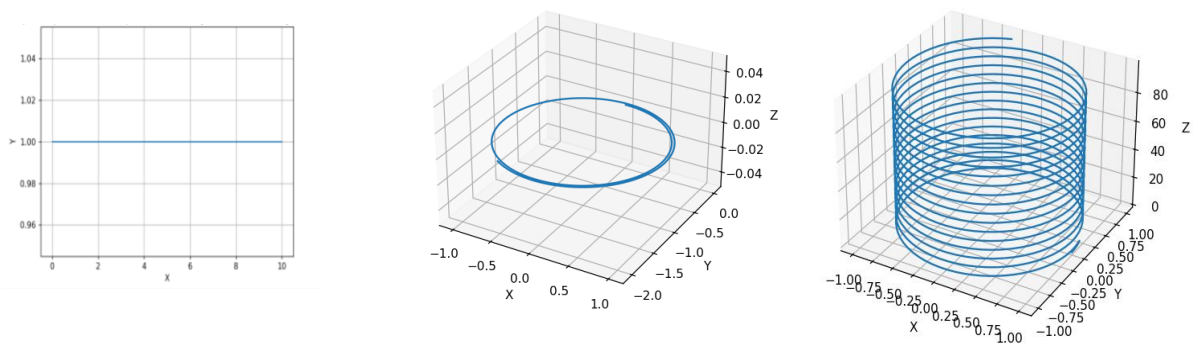


Рисунок 2

а) траектория движения частицы, влетающей параллельно линиям магнитной индукции

б) траектория движения частицы, влетающей перпендикулярно линиям магнитной индукции,

в) траектория движения частицы, влетающей под углом к линиям магнитной индукции.

$$\text{Период обращения: } T = \frac{2\pi m}{qB}.$$

$$\text{Скорость протона: } v = \sqrt{\frac{2qU}{m}}; v_{\parallel} = v \cos \alpha; v_{\perp} = v \sin \alpha.$$

$$\text{Радиус траектории: } R = \frac{mv \sin \alpha}{qB} = \frac{1}{B} \sqrt{\frac{2Um}{q}} \sin \alpha.$$

$$\text{Шаг винтовой линии: } h = v_{\parallel} T = \sqrt{\frac{2qU}{m}} \cos \alpha \cdot \frac{2\pi m}{qB} = \frac{2\pi}{B} \sqrt{\frac{2Um}{q}} \cos \alpha.$$

Заключение. В результате моделирования траектории движения заряженной частицы в однородном магнитном поле полученные траектории соответствуют приведенным физическим законам. Моделирование показало ожидаемые траектории движения, описанные с помощью формул, подтверждая правильность их использования в моделировании. Это свидетельствует об эффективности модели для визуализации и анализа движения частиц в магнитных полях.

Савельев, И.В. Курс общей физики. Т. II: Электричество и магнетизм. Волны. Оптика: учеб. пособие / И.В. Савельев. – 2-е изд., перераб. – М.: Наука, 1982. – С. 114-221.

Морозов, А.И. Геометрия магнитного поля: учеб. пособие / А.И. Морозов, Л.С. Соловьев, под ред. Леонтовича М.А. – М.: Наука, 1963. – 266 с.

Геворкян, Р.Г. Курс общей физики: учеб. пособие / Р.Г. Геворкян, В.В. Шепель – 3-е изд., перераб. – М.: Высшая школа, 1972. – 600 с.

РЕАЛИЗАЦИЯ ФИЛЬТРА РАЗМЫТИЯ БОКЕ

Зубко Д.А.,

обучающийся 3 курса Оршанского колледжа ВГУ имени П.М. Машерова,

г. Орша, Республика Беларусь

Научный руководитель – Романцов Д.Ю.

Ключевые слова. Боке, фильтр, размытие, выделение, GDI+.

Keywords. Boke, filter, blur, selection, GDI+.

Эффект боке (от японского "boke" – "размытость", "нечеткость") является одним из наиболее популярных визуальных эффектов в фотографии, который используется для создания выразительных снимков, фокусируя внимание зрителя на главных объектах, в то время как фон остается размытым. В контексте цифровой обработки изображений, реализация эффекта боке может быть достигнута при помощи различных алгоритмов