

Хмельник С.И.

Безопорное движение без нарушения физических законов

Аннотация

Рассматриваются умозрительные эксперименты с зарядами и токами, которые демонстрируют нарушение третьего закона Ньютона, т.е. возможность безопорного движения. Показывается, что эти эксперименты не нарушают закон сохранения импульса. Описывается конструкция, в которой электрические заряды приводятся во вращение. Показывается, что при этом конструкция совершает поступательное безопорное движение. Описываются математическая модель и результаты эксперимента с математической моделью конструкции. Даются некоторые рекомендации по реализации конструкции.

Оглавление

1. Вступление
 2. Взаимодействие движущихся электрических зарядов
 3. Первый эксперимент
 4. Второй эксперимент
 5. Параметры движения
 6. Сопротивление движению
- Литература

1. Вступление

Безопорное движение обычно считается невозможным в силу того, что оно нарушает третий закон Ньютона и следующий из него (в механике) закон сохранения импульса. Последний является более общим для физики законом. В электродинамике этот закон учитывает также импульс электромагнитной волны и поэтому

импульсы материальных тел, взаимодействующих с волной, в сумме оказываются не равными нулю [1].

В [2] рассматривается взаимодействие электрических зарядов, и доказывается, что при этом возможны случаи, когда нарушается закон сохранения импульса в механике. Ниже описываются основанные на этом эксперименты, которые демонстрируют безопорное движение.

2. Взаимодействие движущихся электрических зарядов

Рассмотрим два заряда q_1 и q_2 , движущиеся со скоростями v_1 и v_2 соответственно. Известно [2], что индукция поля, создаваемого зарядом q_1 в точке, где в данный момент находится заряд q_2 , равна (здесь и далее используется система СГС)

$$\overline{B}_1 = q_1 (\overline{v}_1 \times \overline{r}) / cr^3. \quad (1)$$

При этом вектор \overline{r} направлен из точки, где находится движущийся заряд q_1 . Сила Лоренца, действующая на заряд q_2 ,

$$\overline{F}_{12} = q_2 (\overline{v}_2 \times \overline{B}_1) / c. \quad (2)$$

или

$$\overline{F}_{12} = q_1 q_2 (\overline{v}_2 \times (\overline{v}_1 \times \overline{r})) / (c^2 r^3). \quad (3)$$

Аналогично,

$$\overline{B}_2 = -q_2 (\overline{v}_2 \times \overline{r}) / cr^3, \quad (4)$$

$$\overline{F}_{21} = q_1 (\overline{v}_1 \times \overline{B}_2) / c \quad (5)$$

или

$$\overline{F}_{21} = -q_1 q_2 (\overline{v}_1 \times (\overline{v}_2 \times \overline{r})) / (c^2 r^3). \quad (6)$$

Здесь знак минус появляется из-за того, что вектор остался прежним.

В общем случае $\overline{F}_{12} \neq \overline{F}_{21}$, т.е. не соблюдается третий закон Ньютона – возникают неуравновешенные силы, действующие на заряды q_1 и q_2 и искривляющие траектории движения этих зарядов.

Если заряды q_1 и q_2 в процессе движения не покидают некоторую общую конструкцию, то на нее действует сила

$$\overline{F} = \overline{F}_{12} + \overline{F}_{21} \quad (7)$$

или

$$\vec{F} = \frac{q_1 q_2}{c^2 r^3} ((\vec{v}_2 \times (\vec{v}_1 \times \vec{r})) - (\vec{v}_1 \times (\vec{v}_2 \times \vec{r}))). \quad (8)$$

Эта сила может перемещать конструкцию. Можно предположить, что такие силы обеспечивают полет шаровой молнии.

3. Первый эксперимент

Рассмотрим два заряда q_1 и q_2 , которые вращаются с постоянными скоростями $v_1 = v_2$ по взаимно-перпендикулярным круговым орбитам - см. рис. 1. Вращение начинается из положения, указанного на рис. 1, и обеспечивается механическими силами внутри данной конструкции.

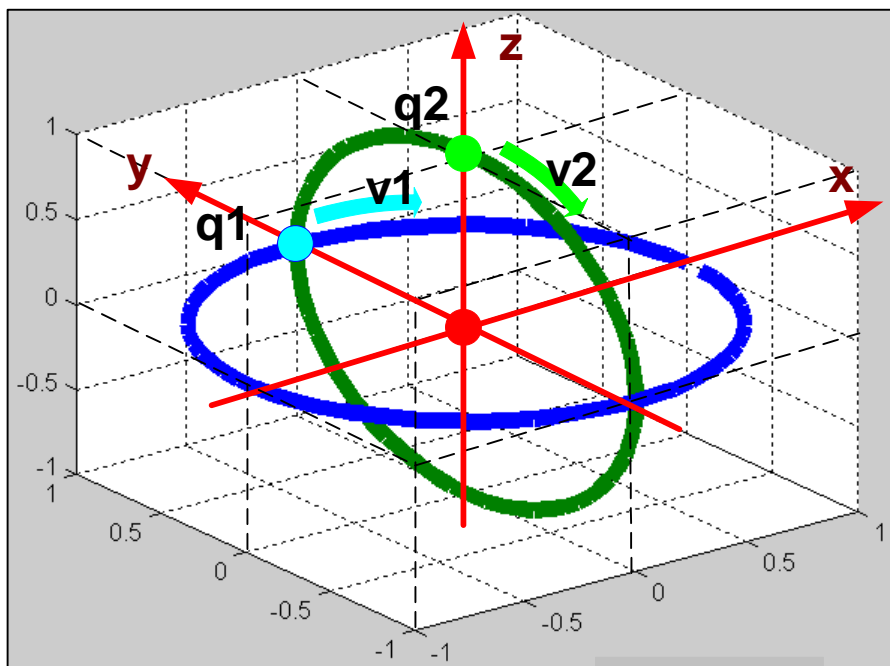


Рис. 1.

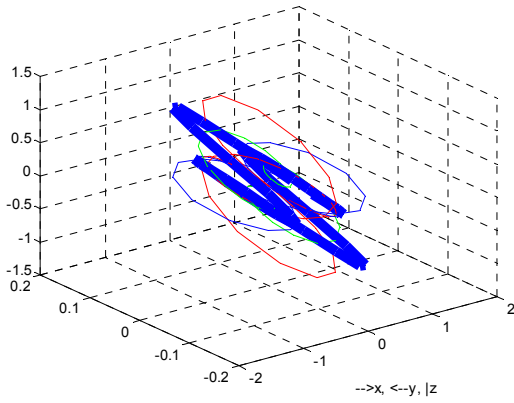


Рис. 2.

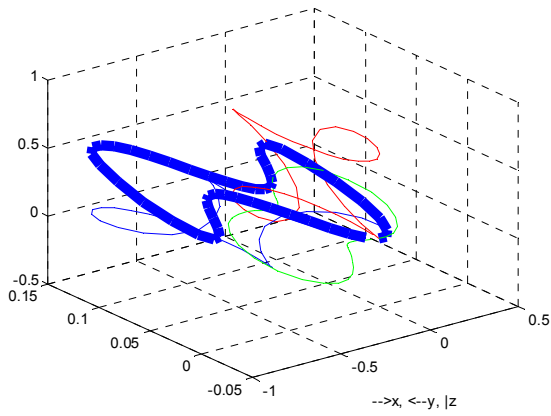


Рис. 3.

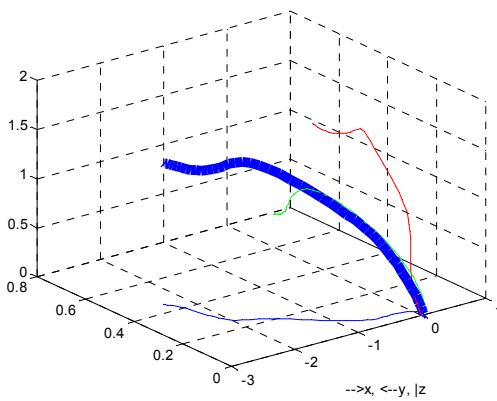


Рис. 4.

По формуле (8) может быть найдена сила, действующая на эту конструкцию в целом. На рис. 2 показан пространственный график изменения этой силы в течение времени одного оборота зарядов (толстая линия) и проекции этого графика на координатные плоскости (тонкие линии). Здесь и далее проекции обозначены линиями так: зеленая – xz , синяя – $xу$, красная – $уz$; под рисунком указаны направления осей.

При известной силе и при данных нулевых начальных значениях находятся скорость и траектория конструкции за тот же период – см. рис. 3 и рис. 4 соответственно. За этот период конструкция смещается на некоторое расстояние $R_{max}=2.8$. На рис. 5 показана траектория конструкции за два периода, когда она смещается на некоторое расстояние $R_{max}=5.6$.

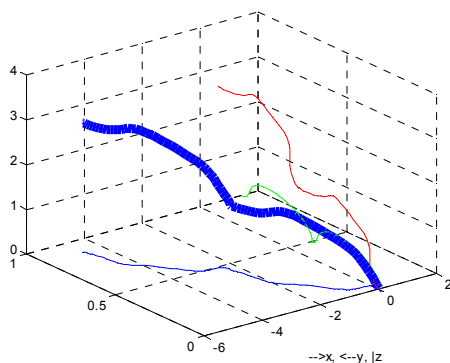


Рис. 5.

4. Второй эксперимент

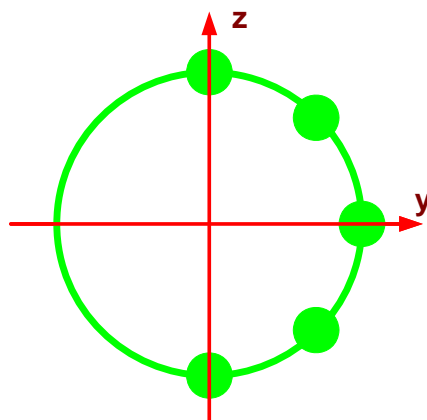


Рис. 5а.

В конструкции, изображенной на рис. 1, на каждой окружности располагался один заряд. Теперь рассмотрим конструкцию, в которой на каждой окружности располагается несколько зарядов, но все они сосредоточены в одной полуокружности и распределены равномерно по полуокружности – см. рис. 5а. Здесь также по формуле (8) может быть найдена сила, действующая на эту конструкцию в целом. При этом оказывается, что вектор этой силы лежит на плоскости xOz при любом количестве зарядов $a > 1$. Вектор скорости и траектория также лежат на плоскости xOz . На рис. 6 для примера показана траектория конструкции за один период для случая, когда конструкция содержит по 5 зарядов на каждой окружности.

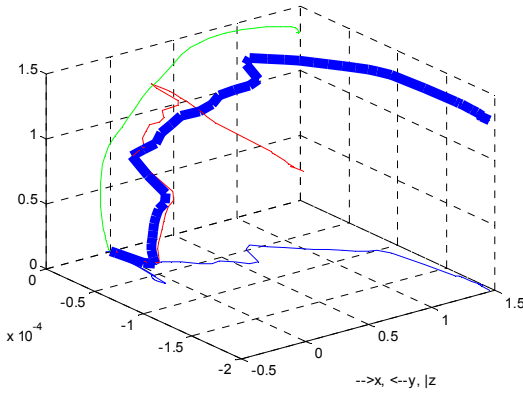


Рис. 6.

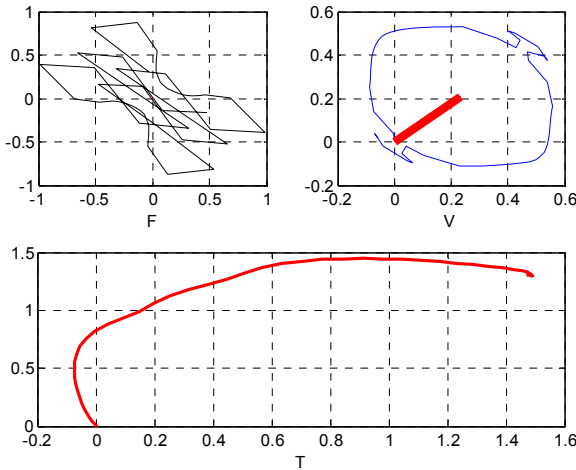


Рис. 7.

На рис. 7 показаны для того же случая графики изменения силы (окно F) и скорости (окно V) в течение времени одного оборота зарядов и траектория конструкции (окно T) в координатах XOZ . На этом и следующих рисунках предполагается, что ось OX направлена по горизонтали, а ось OZ – по вертикали.

На рис. 7 видно, что за один период конструкция смещается на некоторое расстояние $R_{max}=2$. На рис. 8 показаны те же графики для той же конструкции за два периода. Видно, что при этом конструкция смещается на расстояние $R_{max}=4$.

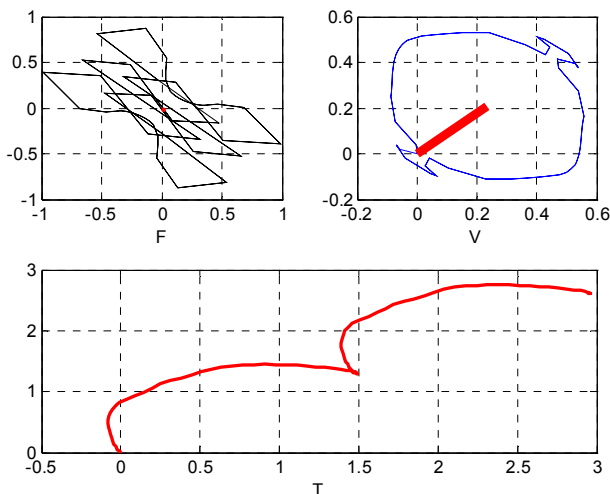


Рис. 8.

На рис. 9 и рис. 10 показаны те же графики за два периода для конструкций, содержащих 15 и 25 зарядов соответственно. Для всех конструкций величина одного заряда принимается равной $q = 1/a$. Видно, что при этом условии графики изменения силы и скорости не зависят от количества зарядов, а траектории практически не зависят от количества зарядов. Таким образом, такая конструкция при увеличении количества зарядов "стремится" к конструкции с бесконечным числом зарядов. В ней линейная плотность распределения зарядов по длине l заряженной полуокружности равна $\frac{dq}{dl} = \frac{1}{\pi R}$. Что касается реализации такой конструкции, то заряды в ней должны соприкасаться, но не сливаться в сплошную полосу, поскольку функция плотности распределения зарядов вдоль полосы неравномерна (заряды скапливаются по краям полосы).

Заряды в такой конструкции могут постоянно восставляться от источника постоянного напряжения через щеточные контакты.

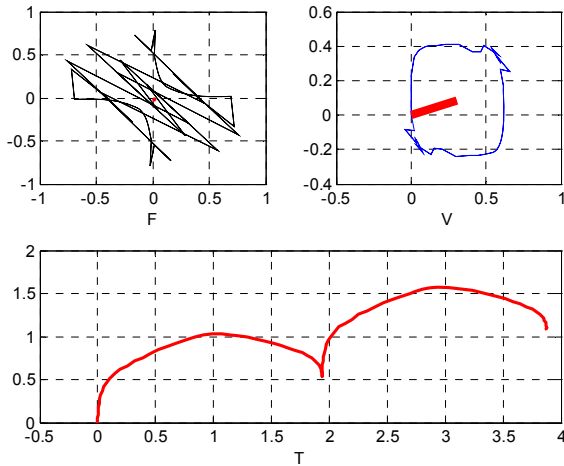


Рис. 9.

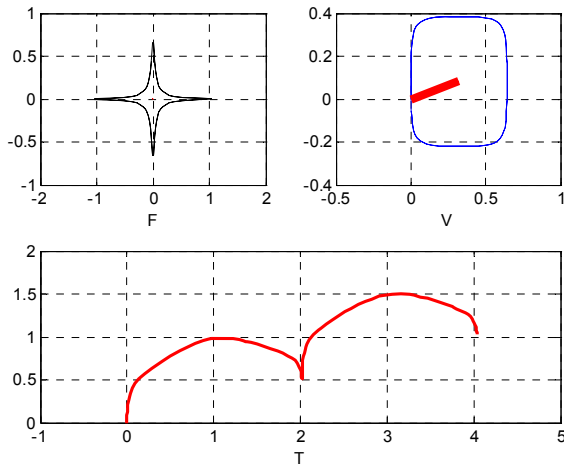


Рис. 10.

В заключение рассмотрим результаты расчета для тех же условий, которые использовались для расчета по рис. 9, но для 20 периодов – см. рис. 12. На этом рисунке красный вектор на годографе скорости изображает среднюю скорость $V_S \approx 0.32$ движения конструкции. За 20 периодов конструкция сместилась на расстояние $R \approx 40$.

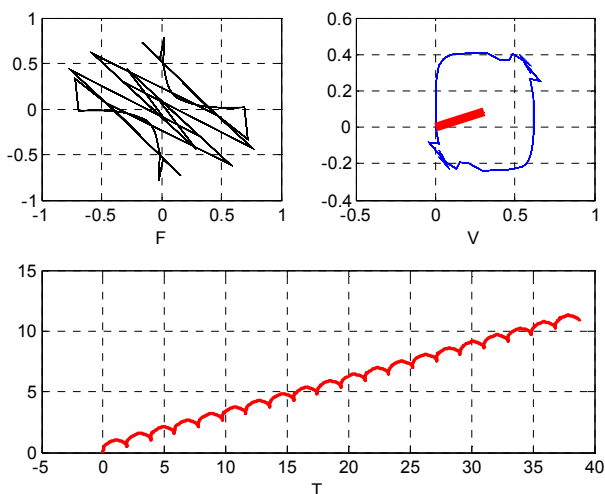


Рис. 12.

5. Параметры движения

Рассмотрим подробнее некоторые характеристики такого движения. При этом мы не будем учитывать энергию, необходимую для вращения конструкции с постоянной скоростью. На кинетическую мощность P , расходуемую конструкцией для движения конструкции в целом, среднюю скорость движения V_S и смещение R конструкции влияют

- скорость конструкции в целом $v = (v_1, v_2, v_3)$,
- движущая сила $F = (f_1, f_2, f_3)$, развиваемая конструкцией,
- количество оборотов N ,
- частота вращения f или круговая частота вращения $\omega = 2\pi f$,
- радиус конструкции R_k ,
- линейная скорость зарядов $v_o = R_k \omega$,
- суммарный заряд q_o ,
- количество a зарядов, каждый из которых имеет величину q_o/a ,
- масса конструкции m .

Можно показать, что при $a > 4$ количество a зарядов не влияет на параметры движения и

$$P = (v, F), \quad (1)$$

$$V_S = (v_o, m, q, \omega), \quad (2)$$

$$R = (N, v_o, m, q, \omega). \quad (3)$$

На рис. 13 показаны графики изменения мгновенных значений параметров движения при $a = 5, N = 5, \omega = 1, v_o = 1, q_o = 1$. Здесь

T - траектория движения,

$x1, x3$ - координаты x, z в зависимости от времени,

V - годограф общей скорости и вектор средней скорости

F - годограф силы

$f1, f3$ - проекции силы f_x, f_z в зависимости от времени,

P - мгновенная мощность в зависимости от времени,

P_S - средняя мощность,

$v1, v3$ - проекции скорости v_x, v_z в зависимости от времени,

vm - амплитуда скорости

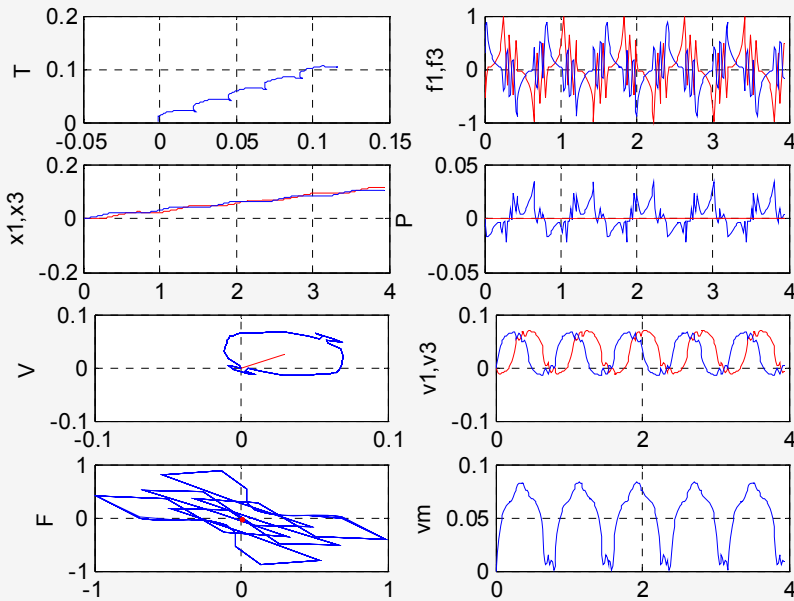


Рис. 13.

6. Сопротивление движению

На конструкцию всегда действует сила F_T сопротивления движению – трение или полезная нагрузка. Обычно такая сила пропорциональна мгновенной скорости V , т.е.

$$F_T \approx F_t \cdot V, \tag{4}$$

где F_t – известный коэффициент. При этом мгновенная мощность сопротивления движению

$$P_T = (F_T \cdot V) = F_t \cdot V^2, \tag{5}$$

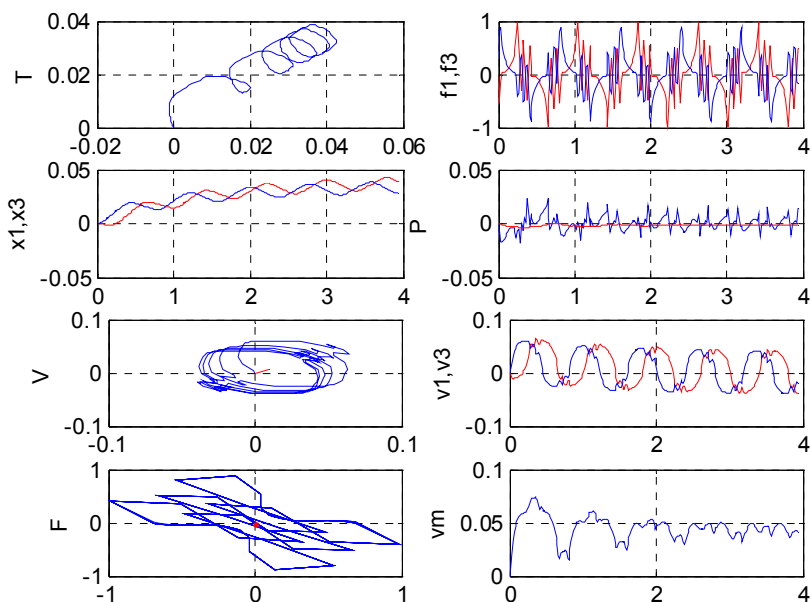


Рис. 14.

На рис. 14 показаны графики изменения мгновенных значений параметров движения при $F_t = -0.75$ и $a = 5, N = 5, \omega = 1, v_o = 1, q_o = 1$. В окне "P" горизонтальная линия является графиком мощности (5). При этом, как можно заметить, что

- траектория постепенно превращается в круговые движения всей конструкции "на месте",

- мгновенная амплитуда скорости стремится к некоторому постоянному значению (поскольку движение превращается во вращение "на месте"),

Таким образом, рассматриваемая конструкция совершает безопорное движение и при наличии сопротивления. Мощность двигателя конструкции расходуется на вращение зарядов и преодоление сопротивления.

Литература

1. Р. Фейнман, Р. Лейтон, М. Сэндс. Фейнмановские лекции по физике. Т. 6. Электродинамика. Москва, изд. "Мир", 1966.
2. Зильберман Г.Е. Электричество и магнетизм, Москва, изд. "Наука", 1970.