

Торшин В. В.

ТРАЕКТОРИИ И ФОРМЫ ДВИЖЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЗАРЯДОВ ПРИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ РАЗРЯДЕ В ВОЗДУХЕ

Адрес статьи: www.gramota.net/materials/1/2009/6/59.html

Статья опубликована в авторской редакции и отражает точку зрения автора(ов) по рассматриваемому вопросу.

Источник

Альманах современной науки и образования

Тамбов: Грамота, 2009. № 6 (25). С. 190-195. ISSN 1993-5552.

Адрес журнала: www.gramota.net/editions/1.html

Содержание данного номера журнала: www.gramota.net/materials/1/2009/6/

© Издательство "Грамота"

Информация о возможности публикации статей в журнале размещена на Интернет сайте издательства: www.gramota.net

Вопросы, связанные с публикациями научных материалов, редакция просит направлять на адрес: almanac@gramota.net

Но в первую очередь условием возникновения **торнадо** всегда будут напряженность магнитного поля в данном районе Земли и электрической напряженности в грозовой ячейке.

На фотографии (Рис. 7) показано одновременное действие молнии и торнадо (источник <http://www.trinixy.ru/2007/03/29>).

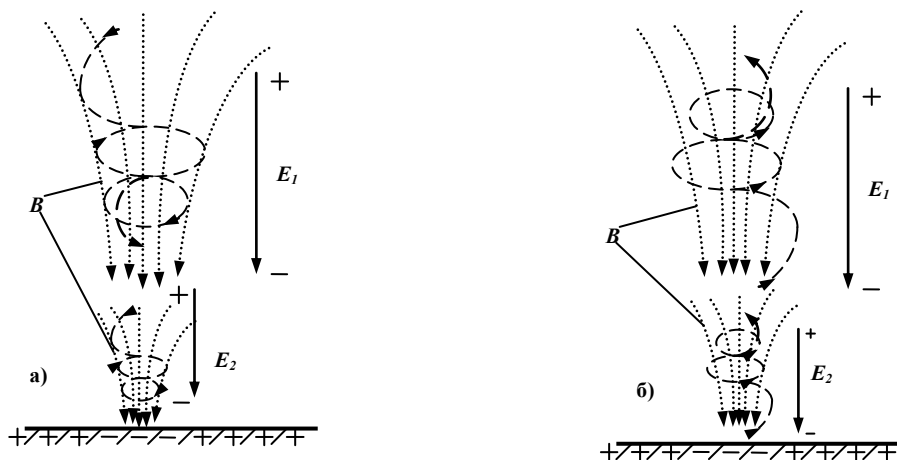


Рис. 6. Образование спиралеобразных траекторий движения заряженных частиц



Рис. 7. Одновременное действие молнии и торнадо

Вот в кратком изложении наше понимание механизма возникновения торнадо. Более подробно о механизме возникновения явления торнадо и мерами борьбы с ними можно ознакомиться в литературе [4].

Список использованной литературы

1. Фейнман Р., Лейтон Р., Сендс М. Фейнмановские лекции по физике. М.: Мир, 1977. Ч. 5. Электричество и магнетизм. 300 с.
2. Грабовский Р. И. Курс физики. М.: Высшая школа, 1970. С. 615.
3. Яворский Б. М., Детлаф А. А. Справочник по физике. М.: Наука, 1968. С. 939.
4. Торшин В. В. Спиральные образования в природе и электродинамике. М.: Издательство ЦП ВАСИЗДАСТ, 2008. С. 251.

ТРАЕКТОРИИ И ФОРМЫ ДВИЖЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЗАРЯДОВ ПРИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ РАЗРЯДЕ В ВОЗДУХЕ

Торшин В. В.

Институт проблем управления РАН им. В. А. Трапезникова

Интересно, как происходит распределение электрических зарядов в пространстве. В случае возникновения в некоторой области пространства в обычном состоянии нейтральной, электрического заряда (положительной или отрицательной полярности), вблизи этой области одновременно образуется другая область пространства, в которой создается электрический заряд противоположной полярности. В результате такого процесса между зарядами появляется электрическое поле, стремящееся привести обе области пространства в исходное состояние (нейтральное состояние). До тех пор пока это событие не произойдет, между двумя об-

ластями пространства всегда будет существовать силы, стремящиеся привести в равновесное состояние обе области пространства. Как известно носителем отрицательного заряда является *электрон*. Как только электрон покинет область своего обычного (нейтрального) существования, эта область пространства мгновенно становится положительно заряженной областью. С другой стороны, как только электрон попадает в область с нейтральным состоянием, то она тут же становится отрицательно заряженной областью.

Сила, с которой будут взаимодействовать заряды, определяется известной *экспериментальной* формулой Кулона и зависит от свойств той среды, в которой происходит это взаимодействие. Численно сила взаимодействия между зарядами равна [1]

$$F = q_1 \cdot q_2 / 4\pi\epsilon_0\epsilon r^2, \quad (1)$$

где F - сила взаимодействия точечных зарядов q_1 и q_2 ; r - расстояние между зарядами; ϵ - диэлектрическая проницаемость среды; ϵ_0 - диэлектрическая постоянная; $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м.

В случае образования группы зарядов разной полярности, напряженность и потенциал поля, создаваемого такой системой точечных зарядов (согласно *принципу суперпозиции* электрических полей), может быть определена как [1]:

$$\vec{E} = \sum_{i=1}^N \vec{E}_i, \quad \phi = \sum_{i=1}^N \phi_i, \quad (2)$$

где E_i , ϕ_i - напряженность и потенциал в данной точке поля, создаваемого i -м зарядом.

Как только создается *электрический заряд*, в то же самое время образуется и *магнитное поле* вокруг положительного и отрицательного заряда. Если образуется группа зарядов, то образуется и магнитное поле отдельных групп зарядов. Поскольку заряды из отрицательно заряженной группы зарядов будут стремиться переместиться к положительно заряженной группе, формируется поток отрицательных зарядов или, проще говоря, *электрический ток*. Казалось бы, что согласно *принципу наименьшего расстояния* между двумя точками пространства, или кратчайшего пути, коим является *прямая линия*, заряды должны двигаться навстречу друг другу *по прямой линии* в соответствии с *направлением линий напряженности электрического поля* между зарядами (скоплениями зарядов). Однако в действительности этого не происходит. Попробуем разобраться, почему этого не происходит.

Траектория движения зарядов была бы *прямой линией*, если бы одновременно с образованием зарядов вокруг зарядов не возникало магнитное поле. Магнитное поле как раз и является той основной причиной, которая заставляет отклоняться движущиеся заряды от прямой линии, делая это движение *криволинейным*, близкое к *спиралеобразной траектории*. Посмотрим, как образуется это движение. Для этого вначале рассмотрим движение двух зарядов противоположного знака навстречу друг другу. На Рис. 1 схематично изображены два разноименных заряда,двигающихся под действием электрического поля \vec{E} навстречу друг другу со скоростью v . Вокруг каждого из зарядов образуется магнитное поле, которое условно показано силовыми магнитными линиями \vec{B}_+ и \vec{B}_- . Действие магнитного поля каждого из зарядов распространяется и на заряд противоположного знака [2].

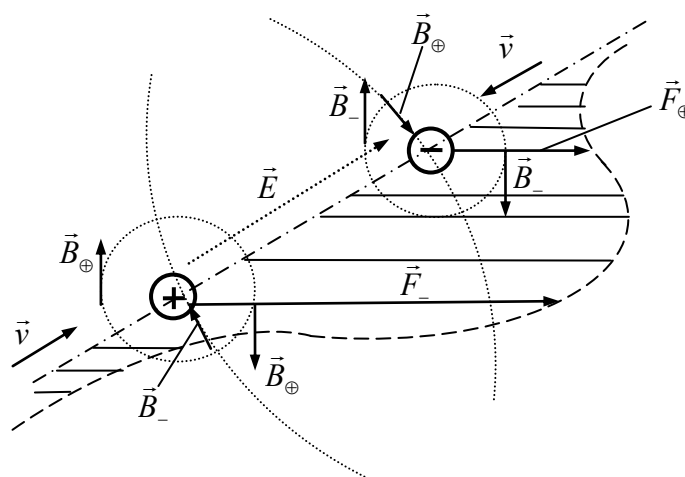


Рис. 1. Эпюра распределения сил взаимодействия двух разноименных зарядов,двигающихся навстречу друг другу

Чем меньше расстояние между зарядами, тем сильнее механические силы взаимодействия, чем дальше заряды друг от друга, тем действие магнитного поля на противоположенный заряд меньше. Максимального отклонения от прямой линии заряды достигают при встрече друг с другом. На Рис. 1 штриховой линией условно показана эпюра распределения сил, образованных взаимодействиями зарядов с магнитным полем зарядов противоположного знака. В соответствие с этой эпюрой будут отклоняться от первоначального направления движения и сами заряды.

Вопрос о характере движения электрических зарядов в области электрического разряда, т.е. в самом канале разряда, является **весьма важным** для понимания механизма образования, например, явления «торнадо», роста деревьев и растений и даже генов человека и поэтому представляет крайне интересную область для научных исследований. Движение зарядов, как правило, рассматривается или в электрическом поле под действием сил притяжения (закон Кулона) или в магнитном поле (под действием силы Лоренца). Траектория движения самих зарядов по пути следования от положительного заряда к отрицательному заряду, как правило, не рассматривается. В действительности же, форма движения электрических зарядов под воздействием электрического поля также носит спиралеобразный характер даже в отсутствии внешнего магнитного поля (вернее, когда влиянием внешнего магнитного поля практически можно пренебречь, в виду малых значений напряженности магнитного поля).

Для доказательства формы движения электрических зарядов подробно рассмотрим траектории движения зарядов при электрическом разряде между двумя электродами под воздействием только электрического поля. Подчеркнем что, в действительности это конечно не совсем так, поскольку существует магнитное поле Земли, другие магнитные поля (от различного вида приборов и технологического оборудования), однако в виду малых значений напряженности магнитного поля, таким влиянием можно пренебречь. Приведем только некоторые из большого числа данные экспериментальных исследований.

Чтобы убедиться в спиралеобразном характере движения электрических зарядов по пути следования, приведем ряд экспериментальных фотографий, полученных при видеосъемке электрических разрядов. Но для этого необходимо одно условие, а, именно, чтобы видеосъемка проводилась в трех осях координат X , Y , Z : при горизонтальном, вертикальном и осевом расположении видеокамеры. Обычно фотографируя электрические разряды, например, молнию, мы можем наблюдать только плоскую картину явления. Видеосъемка же с трех ракурсов позволяет показать траекторию движения зарядов сразу в трех плоскостях. В этом случае, если заряды двигаются по прямой, или кривой линии в какой-то одной из плоскостей, на фотографиях в зоне электрических разрядов можно было бы наблюдать только прямые или кривые линии, но только в одной определенной плоскости.

В противном случае, вдоль всего направления перемещения зарядов можно ожидать кривую линию, причем, как в горизонтальной плоскости, так и в вертикальной плоскости. А из этого следует, что заряды перемещаются по спиральным траекториям, поскольку невозможно представить, чтобы форма движения зарядов вдоль пути следования были бы прямолинейной, если она криволинейна одновременно в разных (перпендикулярных) плоскостях. На Рис. 2 приведены траектории движения электрических зарядов при горизонтальном положении видеокамеры

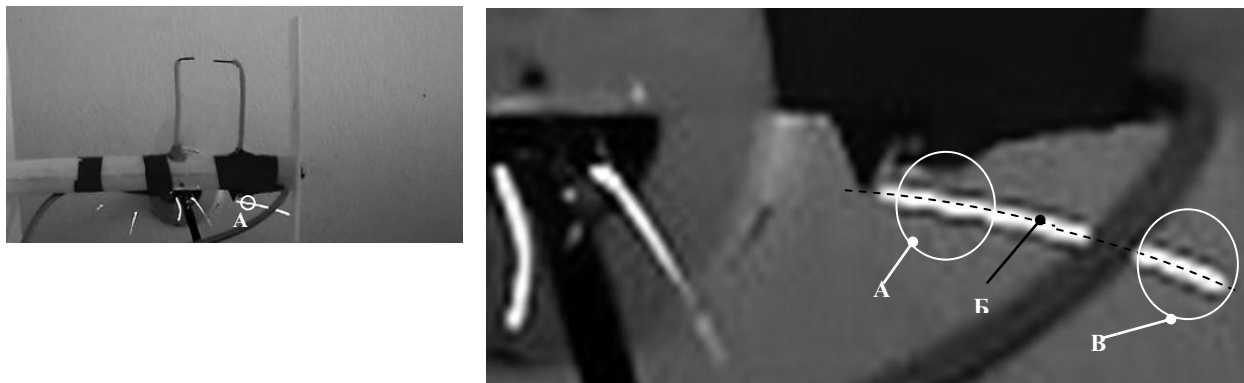


Рис. 2. Траектории и формы движения электрических зарядов при горизонтальном расположении видеокамеры

На фотографии (Рис. 2) хорошо видно что, сами направления движения (Б) зарядов также искривлены. Следует обратить внимание еще на тот факт, что с увеличением кривизны траектории, шаг спирали уменьшается (зона «В», Рис. 2 слева), а частота вращения частиц увеличивается, т.е. количество впадин и вершин становится больше. Чтобы убедиться в том, что форма движения зарядов вдоль траектории перемещения имеет спиралеобразную форму, рассмотрим ряд фотографий электрического разряда при вертикальном расположении видеокамеры. Для этого обратимся к Рисунку 3.

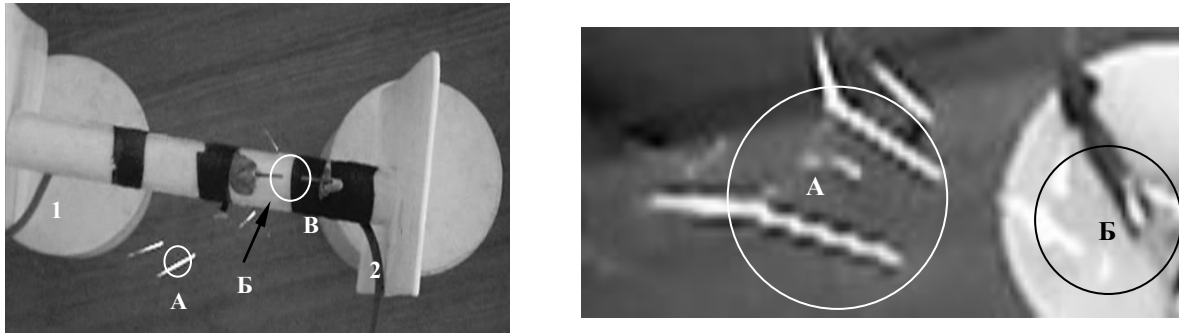


Рис. 3. Траектории и формы движения электрических зарядов при вертикальном расположении видеокамеры

Как можно заметить на Рисунке 3, форма перемещения зарядов вдоль траектории движения зарядов (в зоне А), представляет собой *шнековую (спиралеобразную) ориентацию*. Кроме того, на фотографии справа можно наблюдать различие *шага спирали* между отдельными траекториями движения зарядов. Чем меньше масса заряда, тем шаг спирали меньше, а угловая скорость перемещения выше. На фотографии можно наблюдать, как поток электрических зарядов встречает на своем пути препятствие, и отклоняются от первоначального направления на определенный угол.

Несмотря на определенные трудности, связанные с условиями видеосъемки удалось получить фотографии траектории перемещения зарядов непосредственно в зоне разряда. Вначале рассмотрим форму движения зарядов *при горизонтальном расположении* видеокамеры. На Рисунке 4 представлены фотографии, сделанные из видеозаписи и фиксирующие момент электрического разряда между двумя электродами в воздухе. Electrodes располагаются так, как это было показано на Рис. 2. Расстояние между электродами составляло от 4 до 12 мм, что соответствовало напряжению высоковольтного источника питания от 15 до 25 кВ. Чтобы исключить засветку видеокамеры, при видеосъемке использовался темный нейтральный фильтр.

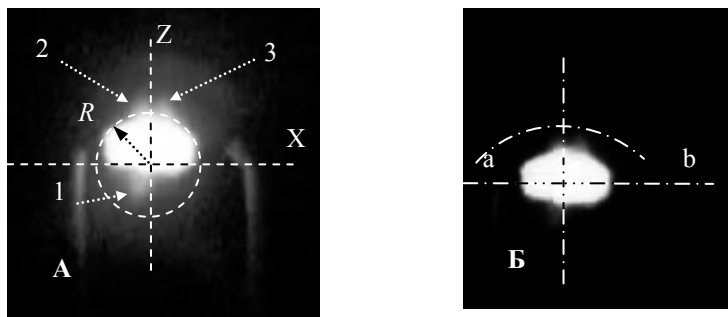


Рис. 4. Электрический разряд с верхней огибающей выпуклой кривой (горизонтальное расположение видеокамеры)

На Рисунке 4 представлены фотографии электрического разряда между двумя электродами *при горизонтальном* положении видеокамеры. На фотографии «А» (Рис. 4) показана область разряда, описанная условной окружностью радиусом R . Как можно видеть, область разряда заполняет *не всю площадь* круга, а только некоторую ее часть. Причем, если верхняя огибающая представляется *выпуклой кривой выгнутой по оси Z вверх*, то нижняя часть обрезана по оси X . На фотографии «Б» (Рис. 4) показано более четкое изображение области разряда благодаря тому, что яркость зоны разряда уменьшена, а контрастность снимка наоборот увеличена. Линия «а-в» находится на горизонтальной линии расположения электродов.

На Рисунке 5 показаны фотографии электрического разряда, когда огибающая линия образующегося пятна разряда представляет собой тоже *выпуклую кривую*. Отличие состоит в знаке кривой, т.е. в данном случае по оси Z кривая *выгнута вниз*.

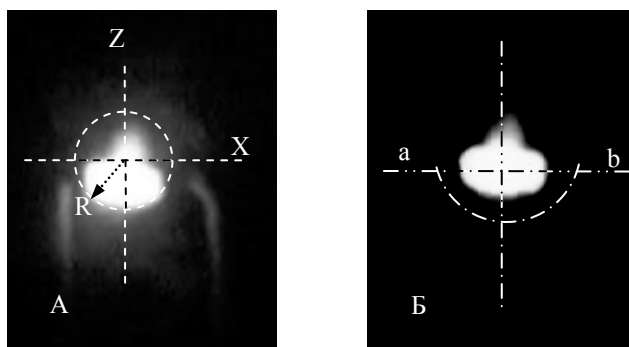


Рис. 5. Электрический разряд с нижней огибающей выпуклой кривой (горизонтальное расположение видеокамеры)

Также как и на фотографии «А» (Рис. 4), область разряда описывается окружностью с радиусом R . Как видно из фотографии и в этом случае площадь круга в зоне разряда аналогично *не полностью* заполнена заряженными частицами и обрезана по оси X . На фотографии «Б» (Рис. 5) изображение выглядит более четким за счет уменьшения яркости и увеличения контрастности изображения. Линия «а-б» (фото «Б» Рис. 5) также соответствует горизонтальной линии расположения электродов. Практически на всех фотографиях (Рис. 4-5) в центральной зоне по оси Z можно наблюдать участок, где происходит частичный выброс ионизированных зарядов из зоны разряда вертикально вверх по оси Z . Это явление можно объяснить магнитным взаимодействием двигающихся зарядов навстречу друг другу, механизм которого мы рассмотрели выше и который поясняет Рис. 1. Итак, рассмотренные примеры форм движения заряженных частиц позволяет сделать предварительный вывод о том, что в вертикальной плоскости (при горизонтальном расположении видеокамеры) заряды двигаются *не по прямой линии*, а по *криволинейной траектории*.

Рассмотрим теперь, какой вид имеет траектория движения зарядов при перемещении *в горизонтальной плоскости*, если видеокамера расположена *вертикально*. Для этого вновь обратимся к фотографиям, полученным из видеозаписи процесса электрического разряда в воздухе.

На Рисунках 6-7 представлены фотографии зоны электрического разряда в воздухе между двумя электродами при электрическом разряде в воздухе. Расстояние между электродами изменялось в диапазоне 10-20 мм. Напряжение высоковольтного источника варьировалось в пределах от 15 до 25 кВ. Конструкция электродов показана на Рисунке 2.

На фотографии «А» (Рис. 6) можно наблюдать *криволинейную* траекторию движения зарядов, форма которой изменяется по оси Y и *направлена своей выпуклой частью вверх*. Для более четкого просмотра траектории движения зарядов на фотографии «Б» яркость изображения фотографии «А» уменьшена, а контрастность наоборот увеличена. С этой же целью на фотографии «В» в системе передачи цвета красная составляющая практически снижена до нуля. Оба приема позволяют более детально рассмотреть конфигурацию зоны электрического разряда.

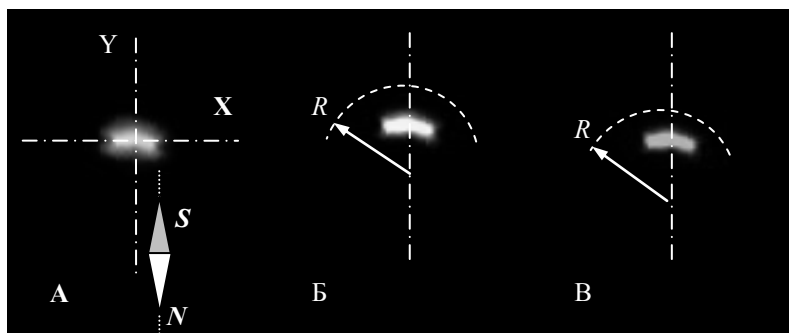


Рис. 6. Зона электрического разряда с выпуклой кривой линией (вертикальное расположение видеокамеры)

Как видно из Рисунка 6 форма огибающей зоны разряда подобна форме огибающей, показанной на Рисунке 4 и представляет собой кривую линию с вершиной, ориентированной вдоль оси Y в положительном направлении (если принять верхнюю часть рисунка за положительное направление). На фотографии «А» (Рис. 6) показано направление силовых магнитных линий Земли с помощью магнитной стрелки. На фотографии «А» (Рис. 7) также можно наблюдать *криволинейную* траекторию движения зарядов, но когда форма, изменяясь по оси Y , *направлена своей выпуклой частью вниз* рисунка или в сторону южного магнитного поля Земли.

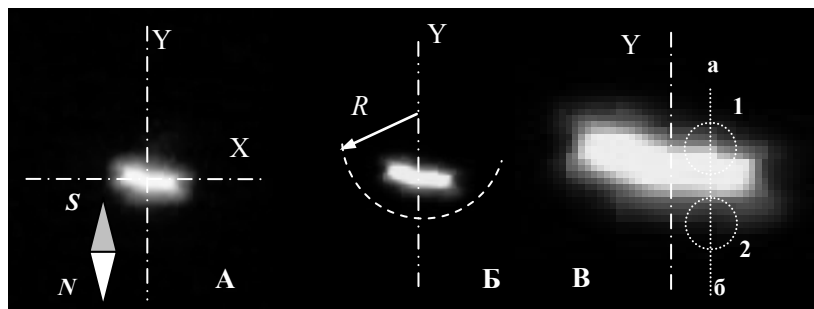


Рис. 7. Зона электрического разряда с вогнутой кривой линией (вертикальное расположение видеокамеры)

Как видно на Рисунке 7 форма огибающей зоны разряда подобна форме огибающей, показанной на Рисунке 6 и представляет собой *вогнутую* кривую линию с вершиной, ориентированной вдоль оси Y в отрицательном направлении (если принять верхнюю часть рисунка за положительное направление). На фотогра-

фии «А» (Рис. 7) также показана магнитная стрелка, указывающая направление силовых магнитных линий Земли. На Рисунке 7 показана область разряда, которая увеличена в несколько раз (фотография «В»). Как можно видеть в зоне разряда имеются отдельные участки, где заряженные частицы распределяются таким образом, что в одних местах образуются пики или скопления частиц (область 1), а в других проемы или недостаток частиц (область 2). Если внимательно рассматривать фотографию «В», то можно заметить, что таких участков несколько.

Для большей убедительности *криволинейного* характера движения электрических зарядов вдоль оси разряда приведем еще ряд фотографий, которые сняты с осевого ракурса, т.е. вдоль оси разряда (Рис. 8). Как можно видеть, форма каналов всегда различны, но близки к форме круга. Как известно, спираль в сечении всегда имеет форму окружности. На Рис. 8 хорошо видны зоны выброса частиц из канала при взаимодействии зарядов. Причем, зоны выброса имеют разный угол, а это обстоятельство указывает на *спиральный характер* взаимодействия между зарядами.



Рис. 8. Формы электрического разряда при осевом расположении видеокамеры (вдоль оси разряда)

Подведем итоги. Во-первых, траектория движения заряженных частиц при видеосъемке в двух плоскостях горизонтальной плоскости (Рис. 2) и вертикальной (Рис. 3) представляет собой *кривые спиралеобразные линии*, расположенные в пространстве, а не в плоскости. Во-вторых, в самом канале разряда как в горизонтальной (Рис. 4), так и в вертикальной плоскости (Рис. 5), движение зарядов не прямолинейное, а криволинейное, с явным изгибом, как с выпуклой частью, так и вогнутой кривой, что свидетельствует о том, что канал разряда, представляет собой кривую линию (Рис. 6, 7), расположенную в пространстве. В-третьих, при видеосъемке канала разряда *вдоль его оси* (Рис. 8) можно видеть, что поперечное сечение канала представляет собой почти правильную окружность или эллипс, независимо от направления съемки: горизонтальное или вертикальное, что еще раз косвенно подтверждает предварительный вывод о *спиралеобразном* характере движения зарядов внутри и вне канала разряда.

Список использованной литературы

1. Калашников С. Г. Электричество. М.: Наука, 1977. С. 591.
2. Торшин В. В. Спиральные образования в природе и электродинамике. М.: Издательство ЦП ВАСИЗДАСТ, 2008. С. 251.

СПИРАЛЬНЫЕ СТРУКТУРЫ В ОКРУЖАЮЩЕМ МИРЕ

Торшин В. В.

Институт проблем управления РАН им. В. А. Трапезникова

Спиральных структур в природе, мы можем наблюдать достаточное множество. Внимательно глядя в окружающий мир, нельзя не заметить какое громадное число всевозможных объектов принимают *винтовую* или *спиралеобразную* форму. Первое, что приходит в голову это вода, которая вытекая из стеклянной воронки, закручивается в спираль, водовороты на реке, различные вьющиеся растения, обвивающие деревья в лесу, спиралеобразные галактики, известные еще с древнейших времен, такое разрушительное явление как «торнадо» или ураган в океане, наконец, даже модель ДНК человека имеет вид двойной спирали. Примеры, которым соответствуют *спиральные структуры*, можно продолжать и продолжать.

Однако ясного, четкого, ответа на вопрос, *почему формируются такого вида образования*, что лежит в основе механизма их создания, пока не существует. Конечно, есть большое число научных объяснений отдельных явлений, но общего всеобъемлющего ответа для всех типов *спиральных* образований пока еще нет. Рассмотрим примеры существующих явлений и предметов, которые представляют собой *винтовую* или *спиралеобразную форму*. Такой подход даст возможность *оценить* некоторую *общность* в совершенно разных объектах природы. Предлагаемый краткий обзор позволит передать не только очевидные и существующие в природе явления, но и такие, которые не столь очевидны, но которые также обладают *спиралеобразной* конфигурацией.

Итак, начнем представлять спиралеобразные структуры объектов, и, прежде всего *структур флоры*. Это наиболее хорошо изученная сфера с древнейших времен и колоритные фотографии таких формирований послужит хорошим началом для дальнейшего изложения материала. Все, что растет из почвы, дает пищу человеку и животным, и в конечном итоге воздействует не только на климат, но и на экологию земной атмосферы.