

Групповой проект. 1 этап

Астафьева Анна, Евдокимова Юлия, Жиронкин Павел, Коломиец Мария, Паландузян Артем, Сурнаков Александр¹

26 Февраля, 2021, Москва, Россия

¹Российский Университет Дружбы народов, Москва, РФ

Электрический пробой

Человек познакомился с искровым разрядом задолго до того, как приступил к научному познанию мира.

Феерическое и грозное явление природы — молния с точки зрения физики являет собой пример грандиозного искрового разряда в атмосфере. Началом систематического исследования электрического разряда можно считать экспериментальные исследования Б. Франклина в середине XVIII века, в которых было доказано единство природы молнии и лабораторной электрической искры.

1. Электрический разряд
2. Коронный разряд
3. Стримеры
4. Лидер
5. Электрический пробой

Цели и задачи работы

Изучение электрического пробоя, изучение механизма роста и ветвления стримеров и создание модели возникновения системы стримеров, наблюдаемых при искровом разряде в газах.

Задачи работы

1. Вычисление электрического потенциала в однородном диэлектрике итерационным методом
2. Моделирование пробоя в геометрии «острие-плоскость» с использованием флуктуационного критерия роста
3. Изучение изменения густоты ветвей в зависимости от радиуса стримерной структуры электрического пробоя в геометрии «точка-окружность»
4. Реализация модели со степенной зависимостью вероятности роста от напряженности поля $p E \eta$ для случаев $\eta = 0, 1, 2$. Объект исследования: электрический пробой в однородном веществе Предмет исследования: механизм роста и ветвления стримеров

Процесс выполнения работы

Теоретическое описание задачи

Интересной задачей является моделирование пробоя, ведь это очень красивое явление:



Рис. 1: Гроза

Вычисление потенциала

По теореме Гаусса поток вектора индукции электрического поля D через любую замкнутую поверхность S равен нулю при отсутствии внутри поверхности свободных электрических зарядов

$$\oint_S D \cdot n \, ds = 0$$

(n – вектор внешней нормали к поверхности)

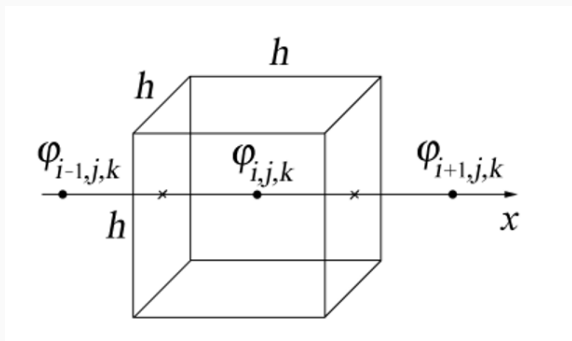


Рис. 2: Теорема Гаусса для кубической ячейки

Вычисление потенциала

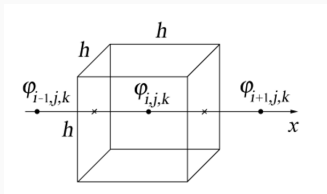


Рис. 3: Теорема Гаусса для кубической ячейки

$$\frac{\phi}{h^3} = \frac{\phi_x + \phi_y + \phi_z}{h^3} = -\varepsilon \frac{(\varphi_{i+1,j,k} - 2\varphi_{i,j,k} + \varphi_{i-1,j,k})}{h^2} - \varepsilon \frac{(\varphi_{i,j+1,k} - 2\varphi_{i,j,k} + \varphi_{i,j-1,k})}{h^2} - \varepsilon \frac{(\varphi_{i,j,k+1} - 2\varphi_{i,j,k} + \varphi_{i,j,k-1})}{h^2} \quad (1)$$

Если записать поток поля через клетку и приравнять к нулю, то получится уравнение Лапласа:

$$\frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial z^2} = 0$$

Используя условие равенства нулю полного потока из уравнения (1) можно также получить уравнение

$$\phi_{i-1,j,k} + \phi_{i+1,j,k} + \phi_{i,j-1,k} + \phi_{i,j+1,k} + \phi_{i,j,k-1} + \phi_{i,j,k+1} - 6\phi_{i,j} = 0$$

Далее будем рассматривать плоский случай

$$\phi_{i,j} = \frac{1}{4}(\phi_{i-1,j} + \phi_{i+1,j} + \phi_{i,j-1} + \phi_{i,j+1}) \quad (2)$$

Электрический пробой — стохастический процесс, каждое звено может пробиваться с некоторой вероятностью, зависящей от поля. Такая зависимость называется критерием роста.

1. Модель НПВ
2. Флуктуационный критерий роста
3. Модели стохастического времени запаздывания

Выводы по проделанной работе

На основе проделанной работы изучили электрический пробой, изучили механизм роста и ветвления стримеров

Спасибо за внимание!