

# Групповой проект. 1 этап

---

Астафьева Анна, Евдокимова Юлия, Жиронкин Павел, Коломиец Мария, Паландузян Артем, Сурнаков Александр<sup>1</sup>

26 Февраля, 2021, Москва, Россия

<sup>1</sup>Российский 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

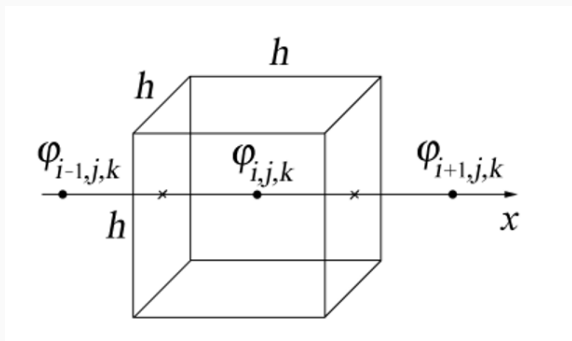
# Вычисление потенциала

---

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

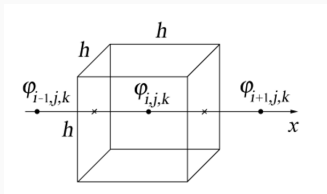
$$\oint_S D \cdot n \, ds = 0$$

( $n$  – 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 НТП
2. Флуктуационный критерий роста
3. Модели стохастического времени запаздывания

## **Выводы по проделанной работе**

---



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

**Спасибо за внимание!**