

Лавренина А. Н., Леванова Н. Г., Павлова А. П.

МЕТОДЫ РАСЧЁТА ХАРАКТЕРИСТИК ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОГО ПОЛЯ

Адрес статьи: www.gramota.net/materials/1/2008/7/38.html

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

Источник

Альманах современной науки и образования

Тамбов: Грамота, 2008. № 7 (14). С. 105-106. ISSN 1993-5552.

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

Содержание данного номера журнала: www.gramota.net/materials/1/2008/7/

© 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

Электростатические поля порождаются неподвижными электрическими зарядами, сосредоточенными на телах различной конфигурации, физическая природа которых не учитывается. Основными характеристиками электростатического поля являются напряжённость - силовая характеристика и потенциал - энергетическая характеристика.

Если электростатическое поле создаётся системой неподвижных зарядов, то для расчёта характеристик поля можно использовать принцип суперпозиции электростатических полей, согласно которому напряжённость \vec{E} (потенциал φ) результирующего поля, создаваемого системой зарядов, равна геометрической (алгебраической) сумме напряжённостей (потенциалов) полей, создаваемых в данной точке каждым из зарядов в отдельности.

Принцип суперпозиции можно использовать для расчёта электростатических полей любой системы неподвижных зарядов, поскольку заряд любого тела всегда можно рассматривать как совокупность точечных зарядов.

Вычисление напряжённости поля системы электрических зарядов с помощью принципа суперпозиции электростатических полей можно значительно упростить, используя полученную немецким учёным К. Гауссом теорему, позволяющую определить поток вектора напряжённости электростатического поля через произвольную замкнутую поверхность. Теорема Гаусса позволяет определить напряжённость результирующего электростатического поля в том случае, когда конфигурация электрических зарядов симметрична. В частности, используя теорему Гаусса, можно определить напряжённость электростатического поля, созданного равномерно заряженной сферической поверхностью, объёмно заряженным шаром и т.п. По известной напряжённости поля можно рассчитать потенциал и разность потенциалов между двумя произвольными точками этого поля.

Если электростатическое поле создано электрическим зарядом, распределённым по тонкому стержню (нити), по поверхности, по объёму, то оно не обладает достаточной симметрией даже при равномерном распределении заряда (невозможно указать точную конфигурацию силовых линий), поэтому для расчёта напряжённости и потенциала поля можно использовать методы дифференцирования и интегрирования. При расчёте электростатических полей с использованием вышеуказанных методов необходимо выделить три этапа и дать методическое объяснение каждого из них. На первом этапе, используя метод дифференцирования, заряженное тело разбивают на дифференциально малые участки, на каждом из которых заряд можно считать точечным. На втором этапе выражения, применяемые для расчёта напряжённости и потенциала, необходимо преобразовать таким образом, чтобы каждое из выражений содержало только по одной переменной. Таким образом, на втором этапе осуществляется подготовка к интегрированию. На третьем этапе, используя метод интегрирования, в основу которого положен принцип суперпозиции, получают математические выражения для расчёта напряжённости и потенциала.

Рассмотрим применение методов дифференцирования и интегрирования для расчёта электростатического поля, созданного тонкой нитью, на конкретном примере.

Пример. Тонкое полукольцо радиусом R несёт равномерно распределённый заряд с линейной плотностью τ . Определите величину напряжённости и потенциала электростатического поля в центре кривизны полукольца.

Анализ и решение. Заряд, сосредоточенный на тонком полукольце, не является точечным. Но если тонкое полукольцо разбить на бесконечно малые участки длиной dl , то заряд $dq = \tau dl$ на каждом участке можно считать точечным (Рис. 1). Тогда для расчёта напряжённости и потенциала электростатического поля, созданного зарядом dq , можно воспользоваться выражениями:

$$dE = \frac{\tau dl}{4\pi\epsilon_0\epsilon r^2}, \quad d\varphi = \frac{\tau dl}{4\pi\epsilon_0\epsilon r} \quad (1)$$

Направление вектора $d\vec{E}$ зависит от положения бесконечно малого участка dl . В связи с этим разложим вектор $d\vec{E}$ на составляющие $d\vec{E}_x$ и $d\vec{E}_y$. Для определения величины напряжённости воспользуемся теоремой Пифагора, согласно которой

$$E = \sqrt{E_x^2 + E_y^2}, \quad \text{где } E_x = \int dE_x, \quad E_y = \int dE_y, \quad \text{а } dE_y = dE \cos \alpha. \quad (2)$$

В силу симметрии $\int dE_x = 0$, следовательно, $E_x = 0$, тогда $E = \sqrt{E_y^2} = E_y$, где

Выражение (2) с учётом выражения (1) примет вид:

$$dE_y = \frac{\tau dl}{4\pi\epsilon_0\epsilon R^2} \cos \alpha, \quad \text{где } dl = R d\alpha \text{ и } r = R, \quad \text{отсюда } dE_y = \frac{\tau}{4\pi\epsilon_0\epsilon R} \cos \alpha d\alpha \quad (3)$$

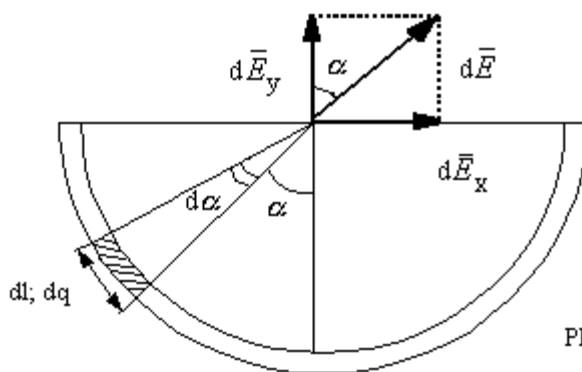


РИС.1

Используя выражение (3), применим метод интегрирования. Учитывая симметричное расположение полукольца относительно центра кривизны, в которой определяется напряжённость, пределы интегрирования возьмём от 0 до $\pi/2$, а результат удвоим:

$$E_y = \frac{2\tau}{4\pi\epsilon_0\epsilon R} \int_0^{\pi/2} \cos \alpha d\alpha = \frac{2\tau}{4\pi\epsilon_0\epsilon R} (\sin \alpha) \Big|_0^{\pi/2} = \frac{2\tau}{4\pi\epsilon_0\epsilon R} [\sin(\pi/2) - \sin 0] = \frac{2\tau}{4\pi\epsilon_0\epsilon R} \quad (4)$$

Для определения потенциала φ в центре кривизны полукольца в начале найдём потенциал $d\varphi$, создаваемый точечным зарядом $dq = \tau dl$ в вышеуказанной точке, используя выражение (1):

$$d\varphi = \frac{\tau dl}{4\pi\epsilon_0\epsilon R}, \quad \text{отсюда} \quad \varphi = \frac{\tau}{4\pi\epsilon_0\epsilon R} \int_0^{\pi R} dl = \frac{\tau R}{4\pi\epsilon_0\epsilon R} = \frac{\tau}{4\epsilon_0\epsilon} \quad (5)$$

Расчёт величины напряжённости и потенциала можно произвести по формулам (4) и (5).

Таким образом, если конфигурация зарядов не позволяет установить точное расположение силовых линий в пространстве, то для расчёта электростатических полей следует использовать методы дифференцирования и интегрирования. При решении задач с применением методов дифференцирования и интегрирования необходимо выделить три этапа:

1. Использование метода дифференцирования. На данном этапе тонкое полукольцо (нить) разбивают на бесконечно малые участки, на каждом из которых заряд можно считать точечным. Выбирают выражения для расчёта dE ($d\varphi$).

2. Преобразование выражения для расчёта dE ($d\varphi$). Выражение необходимо преобразовать таким образом, чтобы оно содержало только одну переменную интегрирования.

3. Использование метода интегрирования. Интегрирование производят, используя математическое выражение, полученное на втором этапе.

Если сознательно выделять три основных этапа при расчёте электростатических полей, то методы дифференцирования и интегрирования достаточно быстро усваиваются обучающимися.

Список использованной литературы

1. Матвеев А. Н. Электродинамика. - М.: Высшая школа, 1980.
2. Савельев И. В. Курс общей физики. - М.: Наука, 1978. - Т. 2.
3. Трофимова Т. И. Курс физики. - М.: Высшая школа, 1990.
4. Чертов А. Г., Воробьев А. А. Задачник по физике. - М.: Интеграл-Пресс, 1997.

ФОРМИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ФИЗИЧЕСКИХ ЗНАНИЙ НА ЛЕКЦИОННЫХ ЗАНЯТИЯХ

Лавренина А. Н., Леванова Н. Г., Павлова А. П.
Тольяттинский государственный университет

Лекция в ВУЗе является одной из форм обучения, занимает ведущее место в учебно-воспитательном процессе. Лекция позволяет решать разнообразные задачи. В частности, она способствует активизации мышления, пробуждает интерес в получении знаний, к самостоятельной деятельности, способствует рождению творческого начала. Все это является залогом того. Что будущий специалист станет творческой личностью.

Однако лекции в ВУЗе в большинстве своем выполняют функцию передачи теоретической информации от обучающего к обучаемому. Такие лекции скучны, превращают обучаемого в механизм, записывающий информацию, чаще всего. Не успевая осмыслить ее. Нередко при таком подходе к конспектированию теоретического материала в конспектах лекций допускаются серьезные ошибки, которые принимаются обучаемым за истину. Обучаемые теряют интерес к приобретению знаний. Поэтому преподаватель должен организовать лекционные занятия так, чтобы у обучаемого возник интерес и потребность в приобретении знаний,