

по электромагнитным расходомерам и электромеханике жидких проводников. Таллин, 1973, с. 79-85.

4. Орлов Л. П., Полевиков В. К., Фертман В. Е., К расчету критического перепада давления в динамическом режиме работы магнитоожидкостного уплотнения. — В кн.: Девятое Рижское совещание по магнитной гидродинамике. Рига, 1978, № 3, с. 145.

5. Baily R. L., Hands B.A., Vokins I.M. A rotating shaft seal using magnetic fluid — some experiences. — In: Proc. 7th Int. Conf. Fluid Seal, Nottingham, 1975, Cranfield, 1976, A5/85 — A5/94.

6. Краков М. С., Самойлов В. Б., Рахуба В. К., Чернобай В.А., Исследование теплового режима магнитоожидкостных уплотнений — Инженерно-физический журнал, 1981. Июль, ТОМ XLI, № 1, с. 99-104.

УДК 537

Ахраменко Н.А., Булавко Л.М.

О ПРИМЕНЕНИИ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОЙ ТЕОРЕМЫ ГАУССА ДЛЯ ПОВЕРХНОСТНО-РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ЗАРЯДОВ

*Белорусский государственный университет транспорта,
Гомель, Республика Беларусь*

Рассмотрены возможности применения электростатической теоремы Гаусса для определения напряженности электрического поля поверхностно-распределенных зарядов в курсе общей физики. Приведены некоторые важные случаи ее практического применения.

В курсе общей физики существенное место занимает теорема Остроградского-Гаусса для потока вектора напряженности электростатического поля в вакууме. Она позволяет во многих случаях облегчить расчет электрических полей, создаваемых системой зарядов. Особенно удобно ее использовать для системы зарядов, обладающих симметрией [1-7].

Эта теорема имеет следующую формулировку: поток вектора напряженности электростатического поля в вакууме сквозь произвольную замкнутую поверхность равен отношению алгебраической суммы электрических зарядов, охватываемых этой поверхностью, к электрической постоянной:

$$\oint_S \vec{E} d\vec{S} = \frac{q_{\text{охв}}}{\epsilon_0},$$

где ϵ_0 — электрическая постоянная.

Замкнутую поверхность, фигурирующую в теореме Остроградского–Гаусса, часто называют гауссовой поверхностью.

При этом в учебно-методической литературе рассматриваются два случая:

- 1) заряды распределены внутри гауссовой поверхности;
- 2) заряды находятся вне гауссовой поверхности.

Однако из рассмотрения выпадает случай, когда заряды расположены на гауссовой поверхности. Это, например, касается случая поверхностно распределенных зарядов (поле равномерно заряженных сферы и цилиндра).

Рассмотрим точечный заряд, расположенный на произвольной замкнутой гладкой поверхности и найдем поток вектора напряженности электрического поля сквозь эту поверхность.

При вычислении потока вектора напряженности векторы малых участков замкнутой поверхности будем направлять по внешним нормальям (рисунок 1).

Поток вектора напряженности dN сквозь малый элемент dS поверхности представим в виде

$$dN = \vec{E}d\vec{S} = EdS \cos \varphi = EdS_{\perp},$$

где \vec{E} напряженность электрического поля в точках местоположения элемента поверхности dS (ее можно считать с достаточной степенью точности одинаковой для всех точек элемента поверхности dS).

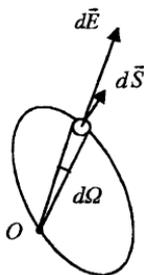


Рис. 1.

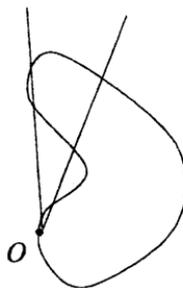


Рис. 2.

Будем также считать, что dS_{\perp} совпадает с площадью $dS_{сф}$ проекции элемента dS поверхности S на поверхность сферы радиуса r с центром в точке местонахождения заряда.

Тогда учитывая, что

$$E = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2}$$

получим

$$dN = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2} dS_{сф}$$

Выразим площадь dS_{cf} через телесный угол:

$$dS_{cf} = r^2 d\Omega$$

где $d\Omega$ — телесный угол под которым виден элемент поверхности из точки расположения заряда

Тогда

$$dN = \frac{q}{4\pi\epsilon_0} d\Omega$$

Интегрируя это выражение по всей поверхности S получим:

$$N = \int_S \frac{q}{4\pi\epsilon_0} d\Omega = \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \int_S d\Omega = \frac{q}{4\pi\epsilon_0} 2\pi = \frac{q}{2\epsilon_0},$$

где $\int_S d\Omega = 2\pi$ половина полного телесного угла.

Если прямая исходящая из точки O пересекает гауссову поверхность четное число раз (рисунок 2), то площадки будут видны из т. O под одним и тем же телесным углом однако внешние нормали при этом будут направлены в разные стороны, поэтому вклад этих двух элементов в величину потока вектора напряженности электрического поля будет равен нулю. Если прямая исходящая из точки O пересекает гауссову поверхность нечетное число раз, то вклад соответствующих элементов в величину потока вектора напряженности электрического поля будет такой же как от одной площадки.

Таким образом, с учетом изложенного теорема Остроградского-Гаусса для электрического поля в вакууме может быть сформулирована в виде: поток вектора напряженности электростатического поля в вакууме сквозь произвольную замкнутую поверхность равен нулю для зарядов внутри гауссовой поверхности; $q/2\epsilon_0$ — для зарядов расположенных на гауссовой поверхности; q/ϵ_0 — для зарядов вне гауссовой поверхности.

Наиболее значимым является случай, когда заряды расположены на поверхности с поверхностной плотностью заряда σ . Для напряженности электрического поля равномерно заряженной сферы получим

$$E = 0 \quad \text{— для точек, внутри сферы;}$$

$$E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} \quad \text{— для точек, принадлежащих поверхности сферы;}$$

$$E = \frac{\sigma R^2}{\epsilon_0 r^2} \quad \text{— для точек, вне поверхности сферы.}$$

ЛИТЕРАТУРА

1. Сивухин Д.В. Электричество. — М.: Наука, 1983. — 688 с.
2. Матвеев А.Н. Электричество и магнетизм. — М.: Высш. школа, 1983. — 463 с.
3. Яворский Б.М., Детлаф А.А. Справочник по физике. — М.: Наука, 1990. — 624 с.
4. Гершензон Е.М., Малов Н.Н. Курс общей физики: Электричество и магнетизм. — М.: Просвещение, 1980. — 223 с.
5. Детлаф А.А., Яворский Б.М. Курс физики. — М.: Высш. шк., 1989. — 608 с.
6. Трофимова Т.И. Справочник по физике для студентов и абитуриентов. М.: ООО «Издательство Астрель», ООО «Издательство АСТ», 2001. — 399 с.
7. Савельев И. В. Курс общей физики. Т. 2: Электричество и магнетизм. Волны. Оптика. — М.: Наука, 1988.

УДК 537

Ахраменко Н.А., Булавко Л.М.

О МЕТОДИКЕ РАСЧЕТА НАПРЯЖЕННОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ ПОВЕРХНОСТНО-РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ЗАРЯДОВ В КУРСЕ ОБЩЕЙ ФИЗИКИ

*Белорусский государственный университет транспорта,
Гомель, Республика Беларусь*

Рассмотрены вопросы, касающиеся расчета напряженности электрического поля поверхностно-распределенных зарядов в курсе общей физики. Исследованы наиболее значимые случаи (поле равномерно заряженных сферы и цилиндра) путем непосредственного применения принципа суперпозиции электрических полей.

В курсе общей физики существенное место занимают задачи на расчет электрических полей системы распределенных зарядов. Векторной характеристикой электрического поля в вакууме является напряженность электрического поля, определяющая силу действующую на единичный положительный точечный заряд помещенный в данную точку поля. Расчет напряженности электрического поля системы зарядов можно осуществить несколькими способами:

- 1) используя принцип суперпозиции электрических полей;
- 2) применяя теорему Остроградского-Гаусса для электрического поля в вакууме;