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

Рассматрены 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;

3) используя связь напряженности и потенциала для электрического поля.

Среди задач рассматриваемого типа рассмотрим две наиболее значимые с методической точки зрения:

1) поле равномерно заряженной сферы;

2) поле равномерно заряженного цилиндра.

Методика решения этих задач, приводимая в учебно-методической литературе, базируется на использовании теоремы Остроградского–Гаусса для электрического поля в вакууме. Это связано с тем, что при этом проводится минимум вычислений по сравнению с другими способами. При этом получают выражения для величины напряженности электрического поля внутри сферы или цилиндра, а также вне их. Однако, что касается напряженности электрического поля в точках принадлежащих поверхности сферы или цилиндра, то здесь возникает неясная ситуация: часть авторов считает, что напряженность поля в точках принадлежащих поверхности сферы или цилиндра будет такой же как в точках лежащих на бесконечно близком расстоянии от внешней поверхности; часть авторов вообще не затрагивает этого вопроса. Между тем знание напряженности поля именно в точках принадлежащих поверхности определяет величину возникающих сил (пондеромоторных сил), растягивающих поверхность. Для того чтобы прояснить возникшую ситуацию были решены эти обе задачи путем использования принципа суперпозиции электрических полей.

Для напряженности электрического поля сферы получено выражение:

$$E=\int_0^{\pi}\frac{2\pi\sigma R^2\sin\theta\left(r-R\cos\theta\right)d\theta}{4\pi\varepsilon_0\left[R^2+r^2-2rR\cos\theta\right]^{3/2}},$$

где ε_0 — электрическая постоянная, R — радиус сферы, r — расстояние от центра сферы до исследуемой точки, σ — поверхностная плотность заряда.

Положив, что $A=\dfrac{R}{r}$, а $\cos\theta=x$ получим

$$E=\frac{\sigma A^2}{2\varepsilon_0}\int_{-1}^{1}\frac{\left(1-Ax\right)dx}{\left[1+A^2-2Ax\right]^{3/2}}=\frac{\sigma R^2}{2\varepsilon_0 r^2}I\left(A\right),$$

где $I\left(A\right)=\displaystyle\int_{-1}^{1}\frac{\left(1-Ax\right)dx}{\left[1+A^2-2Ax\right]^{3/2}}$.

Проведенные вычисления показывают, что значение этого интеграла представляется достаточно просто: при величине $A<1$ получим, что

$I(A)$ =2; при $A = 1$ получим, что $I(1) = 1$; при $A > 1$ получим, что $I(A) = 0$. Графическая зависимость величины напряженности электрического поля сферы от расстояния r представлена на рисунке 1.

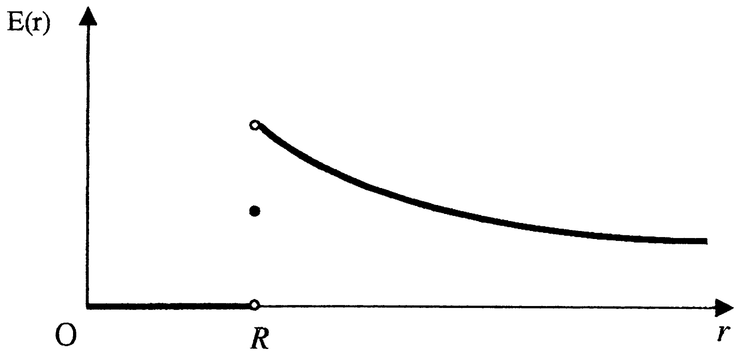

Рис. 1.

Для напряженности электрического поля цилиндрической поверхности получено выражение:

$$E = \int_0^{\pi} \frac{\sigma R\left(r - R\cos\theta\right)d\theta}{\pi\varepsilon_0\left[R^2 + r^2 - 2rR\cos\theta\right]}.$$

Положив, что $B = \dfrac{r}{R}$, получим

$$E = \frac{\sigma}{\pi\varepsilon_0 B}\int_0^{\pi} \frac{\left(B - \cos\theta\right)d\theta}{\left[\dfrac{1}{B} + B - 2\cos\theta\right]} = \frac{\sigma R}{\pi\varepsilon_0 r} I\left(B\right),$$

где $I\left(B\right) = \displaystyle\int_0^{\pi} \frac{\left(B - \cos\theta\right)d\theta}{\left[\dfrac{1}{B} + B - 2\cos\theta\right]}$.

Вычисления показали, что значение этого интеграла представляется достаточно просто: при величине $B < 1$ получим, что $I(B) = 0$; при $B = 1$ получим, что $I(1) = \pi/2$; при $B > 1$ получим, что $I(B) = \pi$.

Таким образом, напряженность электрического поля равномерно заряженного цилиндра можно представить в виде

$$E = \frac{\sigma R}{\pi\varepsilon_0 r} I\left(B\right).$$

Графическая зависимость величины напряженности электрического поля цилиндрической поверхности от расстояния r представлена на рисунке 2.

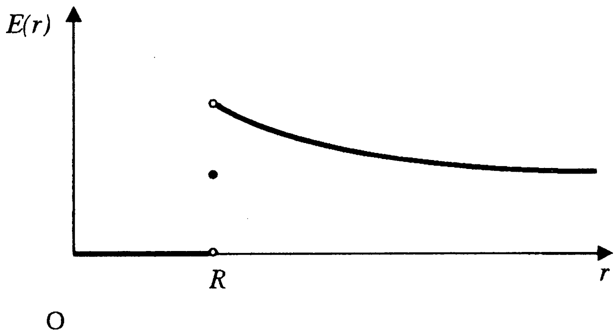

Рис. 2.

Из проведенных исследований следует, что напряженность электрического поля на поверхности сферы (цилиндра) не равна напряженности электрического поля вблизи внешней поверхности сферы (цилиндра). Полученная величина напряженности электрического поля сферы (цилиндра) внутри и вне сферы получается такой же как и при использовании теоремы Остроградского-Гаусса для потока вектора напряженности электрического поля в вакууме.

Таким образом, применение принципа суперпозиции электрических полей для решения рассмотренных задач, несмотря на сложности расчетного характера, имеет существенные достоинства. Во-первых, уточнено значение напряженности электрического поля в точках принадлежащих поверхности сферы (цилиндра). Во-вторых, продемонстрирована тождественность результатов величины напряженности электрического поля для точек внутри и вне сферы (цилиндра), полученных при использовании принципа суперпозиции электрических полей и теоремы Остроградского-Гаусса. В-третьих, использование принципа суперпозиции электрических полей для решения этих задач позволяет сделать более логичным изложение лекционного материала (позволяет решить задачу без привлечения понятия потока вектора напряженности электрического поля).

Учитывая изложенное, можно сделать вывод, что рассмотрение данных задач целесообразно ввести в содержание учебного процесса курса общей физики как имеющих существенное научно-методическое значение.

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.

УДК 621.762

Божко Д.И.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРЯЖЕННО ДЕФОРМИРУЕМОГО СОСТОЯНИЯ ПРЕССОВКИ ПРИ РАДИАЛЬНОМ ПРЕССОВАНИИ ТРУБ ИЗ ПОРОШКА

Белорусский национальный технический университет, Минск, Республика Беларусь

Considered problem radial pressing a pipe on an arbor. Determined dependencies a component of stress tensor in fixed spot of porous pipe with source density $\varphi(\nu)$ and $\psi(\nu)$, internal radius R_1 and spatial location of considered spot r.

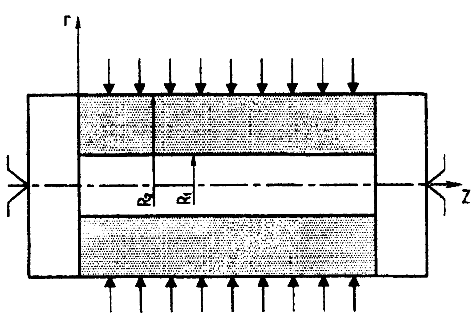

Рис. 1. Схема радиального прессования труб из порошков