

Метод изображений

В задачах по оптике, где надо следить за лучами, испущенными источником света и отражёнными от зеркала (или от системы зеркал), бывает удобно рассматривать изображение источника в зеркале — это позволяет «ликвидировать» зеркало, воспринимая отражённые от него лучи как испущенные изображением источника. Аналогичный приём работает и в электростатике: если нужно найти поле заряда в присутствии проводящей поверхности, то в некоторых простых случаях эту поверхность также можно «ликвидировать», заменив её на «изображения» заряда.

Такая возможность обеспечивается теоремой единственности. Эта теорема утверждает следующее: *если точечный заряд q расположен вне области D (которая обычно заполнена проводником), то электрическое поле вне области D однозначно определяется величиной q и потенциалом на поверхности S области D* . Поэтому «ликвидация» поверхности S состоит в том, что мы находим внутри D такое расположение одного или нескольких фиктивных зарядов, которые создают на поверхности S нужный потенциал. Тогда по теореме единственности поле вне D есть суперпозиция полей заряда q и фиктивных зарядов.

Ещё раз и немного подробнее. Допустим, например, что положительный заряд q расположен вне заземлённого проводника. Потенциал проводника равен потенциалу Земли, то есть нулю. Физически происходит следующее: заряд q «вытаскивает» из Земли на проводник отрицательные заряды, которые распределяются по поверхности проводника неким сложным образом так, чтобы суммарный потенциал положительного заряда q и индуцированных отрицательных зарядов, пришедших из Земли, стал равен нулю в любой точке проводника. Чтобы посчитать поле вне проводника, мы должны к полю заряда q прибавить поле индуцированных зарядов на поверхности проводника, а поле индуцированных зарядов есть сложный интеграл, связываться с которым желания никакого нет. Однако предположим, что нам удалось расположить внутри проводника такие фиктивные заряды (один или несколько), которые в сумме с зарядом q создают на поверхности проводника в точности нулевой потенциал; тогда — по теореме единственности! — поле вне проводника есть суперпозиция поля заряда q и поля фиктивных зарядов. Иными словами, сложное распределение индуцированного заряда на поверхности проводника мы заменили простой системой фиктивных зарядов внутри проводника, которые называются *изображениями* заряда q .

Конечно, такое счастье возможно далеко не всегда. Подробнее о методе изображений можно почитать следующие материалы:

- А. И. Черноуцан. Метод электростатических изображений. «Квант», 1987, №3.
- А. И. Черноуцан. Метод электростатических изображений. «Квант», 1996, №1.
- Фейнмановские лекции по физике, Т. 5, С. 120—126

ЗАДАЧА 1. (Савченко, 6.3.28) Точечный заряд Q находится на расстоянии h от бесконечной металлической плоскости. Какая сила действует на заряд со стороны плоскости?

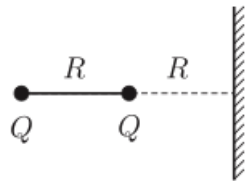
Указание. Если что, смотрите картинку из Википедии.

$$\frac{\varepsilon_0 Q^2}{4\pi \varepsilon_0} = \mathcal{J}$$

ЗАДАЧА 2. (Савченко, 6.3.29) По одну сторону от незаряженной металлической плоскости на расстоянии h от неё находятся два одинаковых заряда Q . Определите силу, действующую на каждый из зарядов, если расстояние между ними $2h$.

$$\frac{2Q^0 \varepsilon \pi \varepsilon}{\varepsilon \sigma \varepsilon} = F$$

ЗАДАЧА 3. (МОШ, 2008, 10) Непроводящий стержень длиной R имеет два одинаковых точечных заряда Q на своих концах и расположен перпендикулярно проводящей незаряженной плоскости большого размера (см. рисунок). Расстояние от плоскости до ближайшего к ней конца стержня также равно R . Определить силу F , действующую на стержень с зарядами со стороны плоскости.



$$\left(\frac{2Q^0 \varepsilon \pi \varepsilon}{\varepsilon \sigma \varepsilon} \right) \frac{2Q^0 \varepsilon \pi \varepsilon}{\varepsilon \sigma \varepsilon} = F$$

ЗАДАЧА 4. (Савченко, 6.3.30) Две бесконечные проводящие плоскости, пересекаясь под прямым углом, делят пространство на четыре области. В области I находится заряд q на одинаковом расстоянии l от обеих плоскостей. Есть ли электрическое поле в областях II–IV? Какая сила действует на заряд q ?



$$\frac{2Q^0 \varepsilon \pi \varepsilon}{\varepsilon \sigma \varepsilon} \frac{2Q^0 \varepsilon \pi \varepsilon}{\varepsilon \sigma \varepsilon} = F$$

ЗАДАЧА 5. (IPhO, 2010)

- [Image of a charge in a metallic object.](#)
- [Solution.](#)