

Министерство образования и науки
Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Оренбургский государственный университет»

Кафедра общей физики

М. Н. Перунова

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ НА МОДЕЛЯХ С ТОКОПРОВОДЯЩИМ ЛИСТОМ

Методические указания
к лабораторной работе № 3А

Рекомендовано к изданию Редакционно-издательским советом
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего профессионального образования «Оренбургский государственный
университет» для студентов всех инженерно-технических направлений
подготовки

Оренбург
2011

УДК 537 (07)
ББК 22.33 я 7
П 27

Рецензент – кандидат технических наук, доцент Ф.Г. Узенбаев

- Перунова, М. Н.**
П 27 Исследование электростатических полей на моделях с токопроводящим листом: методические указания к лабораторной работе № 3А / М. Н. Перунова; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург: ОГУ, 2011. – 10 с.

Методические указания включают краткое изложение теоретических вопросов (определения, физический смысл характеристик электрического поля, связь между ними), описание лабораторной установки и методики проведения эксперимента.

Методические указания предназначены для выполнения лабораторной работы № 3А «Исследование электростатических полей на моделях с токопроводящим листом» по дисциплине «Физика» для студентов всех инженерно-технических направлений подготовки.

УДК 537 (07)
ББК 22.33 я 7

© Перунова М. Н., 2011
© ОГУ, 2011

Лабораторная работа № 3А. Исследование электростатических полей на моделях в токопроводящем листе

Цели работы:

- 1 Определить форму эквипотенциальных поверхностей в поле плоского конденсатора.
- 2 Выяснить зависимость потенциала поля плоского конденсатора от расстояния до одной из пластин.
- 3 Исследовать поле двух точечных зарядов.

Оборудование: универсальный блок питания, блок моделирования полей, мультиметр МУ62, соединительные провода.

Теория вопроса

Для характеристики электростатического поля вводят напряженность электрического поля и потенциал :

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q} - \text{величина, численно равная силе, действующей на единичный}$$

положительный заряд, помещенный в данную точку поля;

$$\varphi = \frac{W_p}{q} - \text{величина, численно равная потенциальной энергии}$$

единичного положительного заряда, помещенного в данную точку поля.

Напряженность поля в данной точке и потенциал не зависят от величины заряда, внесенного в данную точку поля, и определяются исключительно зарядами, создающими электрическое поле, и местоположением рассматриваемой точки поля. Например, напряженность и потенциал поля точечного заряда равны соответственно

$$\vec{E} = \frac{kQ}{r^3} \cdot \vec{r} \qquad \varphi = \frac{kQ}{r},$$

где Q - заряд, создающий поле, r - расстояние от рассматриваемой точки до заряда, создающего поле. Поле более сложных систем зарядов можно представить как суперпозицию полей точечных зарядов .

$$\vec{E} = \sum_i \vec{E}_i \quad \varphi = \sum_i \varphi_i.$$

Напряженность и потенциал связаны друг с другом:

$$\vec{E} = -grad\varphi = -\left(\frac{\partial\varphi}{\partial x}\vec{i} + \frac{\partial\varphi}{\partial y}\vec{j} + \frac{\partial\varphi}{\partial z}\vec{k}\right)*$$

Для поля плоского конденсатора эта связь выглядит проще $\varphi_1 - \varphi_2 = E \cdot d$, где d - расстояние между эквипотенциальными поверхностями с потенциалами φ_1 и φ_2 .

Таким образом, вектор напряженности \vec{E} - величина, характеризующая быстроту изменения потенциала в пространстве. Например, напряженность электрического поля равна $E = 300 \frac{\text{В}}{\text{м}}$ - это значит, что разность потенциалов между двумя точками, расположенными на расстоянии 1 м друг от друга на одной силовой линии в однородном электрическом поле, равна 300 В.

Для графического изображения электрического поля используют силовые линии и эквипотенциальные поверхности (ЭПП).

Силовая линия – это линия, касательная к которой в каждой точке совпадает с вектором напряженности. ЭПП – это поверхность, потенциал каждой точки которой одинаков. ЭПП принято рисовать через одинаковый перепад потен-

* Градиентом скалярной функции $f(x, y, z)$ называют вектор, указывающий **направление наибольшего возрастания** функции. В математике показывается, что проекции градиента на координатные оси рассчитываются как частные производные функции $f(x, y, z)$ по соответствующим координатам. Поскольку вектор напряженности

$\vec{E} = -grad\varphi$, он указывает в сторону наибольшего убывания потенциала электростатического поля.

Зная связь между напряженностью и потенциалом, нетрудно видеть, что силовые линии электростатического поля всегда располагаются перпендикулярно ЭПП и направлены в сторону уменьшения потенциала. Например,

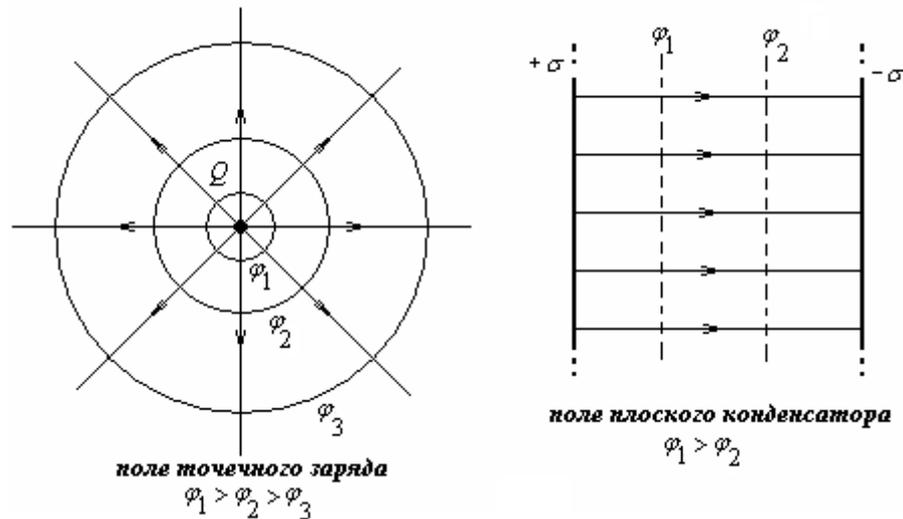


Рисунок 1 – Графическое изображение электростатического поля

При конструировании электронных ламп, конденсаторов, электрических линз и других приборов часто требуется знать распределение электрического поля в пространстве, заключенном между электродами сложной формы. Аналитический расчет поля с использованием принципа суперпозиции удается только при самых простых конфигурациях электродов и в общем случае невыполним. Поэтому сложные электрические поля исследуются экспериментально. Для измерений часто пользуются методом моделирования полей в токопроводящем листе.

Общий вид блока моделирования полей (БМП) с установленным на нем планшетом с токопроводящим листом показан на рисунке 2.

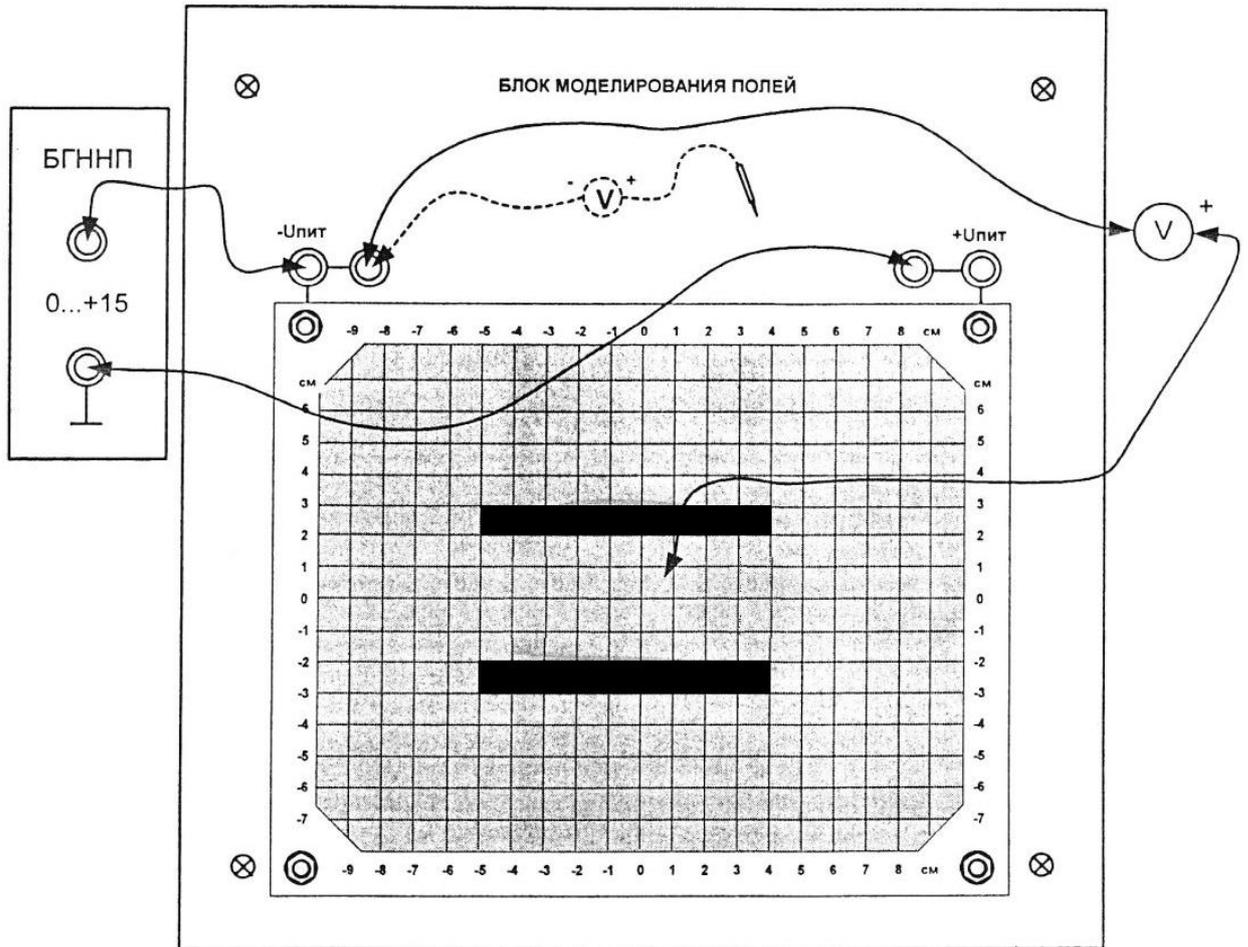


Рисунок 2 – Общий вид блока моделирования полей

На гнезда $+U_{пит}$ и $-U_{пит}$ подается питание от регулируемого источника напряжением $0...15$ В, которое подводится проводами с нижней стороны планшета к медным электродам. Поверхность планшета покрыта проводящей краской и в ней возникает ток. Эквипотенциальные поверхности поля постоянного тока снимаются по точкам с помощью вольтметра и переносятся на бумагу. Они аналогичны эквипотенциальным поверхностям электростатического поля, создаваемого заряженными протяженными проводниками.

БМП содержит пять сменных планшетов с различной конфигурацией электродов.

Ход работы

Задание 1 Исследование зависимости потенциала поля плоского конденсатора от расстояния до одной из пластин.

1 Установите на блок моделирования полей планшет № 3 (плоскопараллельные электроды) и подключите питание и мультиметр в режиме вольтметра (постоянное напряжение, 20 В) как показано на рисунке.

2 Приготовьте копию планшета с координатной сеткой.

3 Включите источник питания и убедитесь, что один электрод имеет потенциал, равный нулю, а другой – потенциал, равный напряжению источника питания.

4 Расположите зонд у середины пластины, имеющей нулевой потенциал. Начните перемещать зонд по направлению к противоположной пластине (перпендикулярно пластинам). Записывайте показания вольтметра через каждые 0,5 см. Результаты измерений заносите в таблицу 1.

Таблица 1- Результаты показания вольтметра

Расстояние от пластины, см	Потенциал φ , В
0,5	
1	
....	
4	

5 По результатам измерений постройте график зависимости φ x . Сделайте вывод о характере зависимости φ x , сравните полученный результат с теоретическим.

6 По графику φ x рассчитайте напряженность поля между электродами.

Задание 2 Определение положения эквипотенциальных поверхностей в поле плоского конденсатора.

1 Верните зонд в положение, от которого начинали измерения в предыдущем опыте.

2 Перемещая зонд перпендикулярно пластине, найдите точку, потенциал которой равен 3 В.

3 Перемещая зонд параллельно пластине, определите геометрическое место точек, потенциал которых тоже равен 3 В. Обратите внимание на искажение поля у краев конденсатора.

4 Повторить пункты 1-3 для точек с потенциалами 6 В, 9 В, 12 В.

5 Зарисуйте картину эквипотенциальных поверхностей на копии планшета с координатной сеткой.

6 Объясните ход ЭПП на рисунке. Сделайте вывод о характере поля плоского конденсатора.

Задание 3* Исследование поля двух точечных зарядов.

1 Замените планшет № 3 на планшет № 1 (2 точечных заряда). (Смотри Приложение А) .

2 Определите форму ЭПП полученной системы.

3 Изобразите 3 – 5 ЭПП на копии планшета с координатной сеткой..

4 Сделайте вывод о характере распределения поля системы двух точечных зарядов.

Контрольные вопросы

1 Что называют напряженностью электрического поля? Физический смысл этой величины.

2 Что называют потенциалом? Физический смысл потенциала.

3 Что такое разность потенциалов? Физический смысл разности потенциалов.

4 Изобразите схематично поле сферического конденсатора при помощи силовых линий и эквипотенциальных поверхностей. Как рассчитать напряженность и потенциал поля сферического конденсатора?

5 Связь напряженности и потенциала электрического поля.

6 В чем состоит принцип моделирования электростатических полей? Для чего он нужен?

Список использованных источников

1 Калашников, С.Г. Электричество: учебное пособие /С.Г. Калашников. – М: ФИЗМАТЛИТ, 2003. - 624 с. – ISBN 5-9211-0312-1.

2 Телеснин, Р.В. Курс физики. Электричество / Р.В.Телеснин, В.Ф. Яковлев – М.: Просвещение, 1970.- 488 с.

3 Детлаф, А.А. Курс физики / А.А. Детлаф, Б.М. Яворский.- М.: Высшая школа, 2000.- 718 с.

4 Иродов, И.Е. Электромагнетизм. Основные законы / И.Е. Иродов. – М.: Лаборатория Базовых знаний, 2001. – 352 с.

Приложение А

Планшет № 1

