

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна

Должность: проректор по учебной работе

Дата подписания: 10.02.2021 21:22:30

Уникальный программный ключ:

0b817ca911e6668abb13a5d426d39e5f1c11eabbf73e943df4a4851fda56d089

## МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Юго-Западный государственный университет»  
(ЮЗГУ)

Кафедра общей и прикладной физики

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе  
О.Г. Локтионова

2017 г.



## ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОГО ПОЛЯ

Методические указания к лабораторной работе №32  
по разделу «Электричество и магнетизм»  
для студентов инженерно-технических специальностей

Курск 2017

УДК 534.2

Составитель: В.М. Пауков, В.В Сучилкин

Рецензент

Кандидат физ.-мат. наук, доцент кафедры ОиПФ  
П.А.Красных

Исследование электростатического поля: Методические указания к лабораторной работе №32 по разделу “Электричество и магнетизм” /Юго-Зап. гос. ун-т. ; сост.: В.М. Пауков, В.В.Сучилкин. Курск, 2017. 8 с. табл. 1. ил.5, Библиогр.: с. 8.

Излагаются методические рекомендации по выполнению лабораторной работы №32, в которой изучается распределение потенциала в электрическом поле и строятся картины силовых линий электрического поля.

Методические указания соответствуют требованиям Федеральных образовательных стандартов высшего профессионального образования (ФГОС), Федерального компонента цикла общих математических и естественнонаучным дисциплин, а также рабочим учебным планам и рабочим программам по курсам разделов общей физики всех технических специальностей (направлений) подготовки ЮЗГУ.

Предназначены для студентов инженерно-технических специальностей всех форм обучения.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать . Формат 60×84 1/16.

Усл.печ.л. Уч.-изд.л. Тираж экз. Заказ. Бесплатно.

Юго-Западный государственный университет.

305040 Курск, ул. 50 лет Октября, 94

## Лабораторная работа № 32

### Исследование электростатического поля

#### Цель работы:

1. Изучить распределение потенциала в электрическом поле.
2. Построить картины силовых линий электрического поля.

Приборы и принадлежности: вольтметр, гальванометр, реостат, ванна с металлическими электродами.

#### Краткая теория

Каждая точка электрического поля характеризуется напряженностью и потенциалом (силовой и энергетической характеристиками). Между ними должна существовать связь, которую можно установить исходя из следующих соображений.

Элементарная работа, совершаемая силами электрического поля по перемещению электрического заряда на расстояние  $dl$ ,

$$\delta A = F \cdot dl \cdot \cos \alpha = F_l \cdot dl = q E_l \cdot dl.$$

Работа совершается за счет убыли (уменьшения) потенциальной энергии:

$$\delta A = -dW = -q \cdot d\varphi.$$

Следовательно, имеем

$$q E_l \cdot d\ell = -q \cdot d\varphi.$$

Отсюда

$$E = \frac{d\varphi}{dl},$$

где  $\frac{d\varphi}{dl}$  характеризует быстроту изменения потенциала в данном направлении  $\ell$  и называется градиентом потенциала;  $l$  – произвольно выбранное направление.

В векторной форме  $E = -\text{grad } \varphi$ . Знак "минус" означает, что вектор напряженности электрического поля направлен в сторону убывания потенциала.

Проинтегрировав формулу  $d\varphi = -E_l \cdot dl$ , получим

$$\int_{\varphi_2}^{\varphi_1} d\varphi = -\int_0^l E_l dl; \varphi_1 - \varphi_2 = -E_l \cdot l = -E \cdot l \cos \alpha.$$

Откуда

$$E = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{d}$$

где  $d=l \cdot \cos \alpha$  – расстояние между точками 1 и 2 поля.

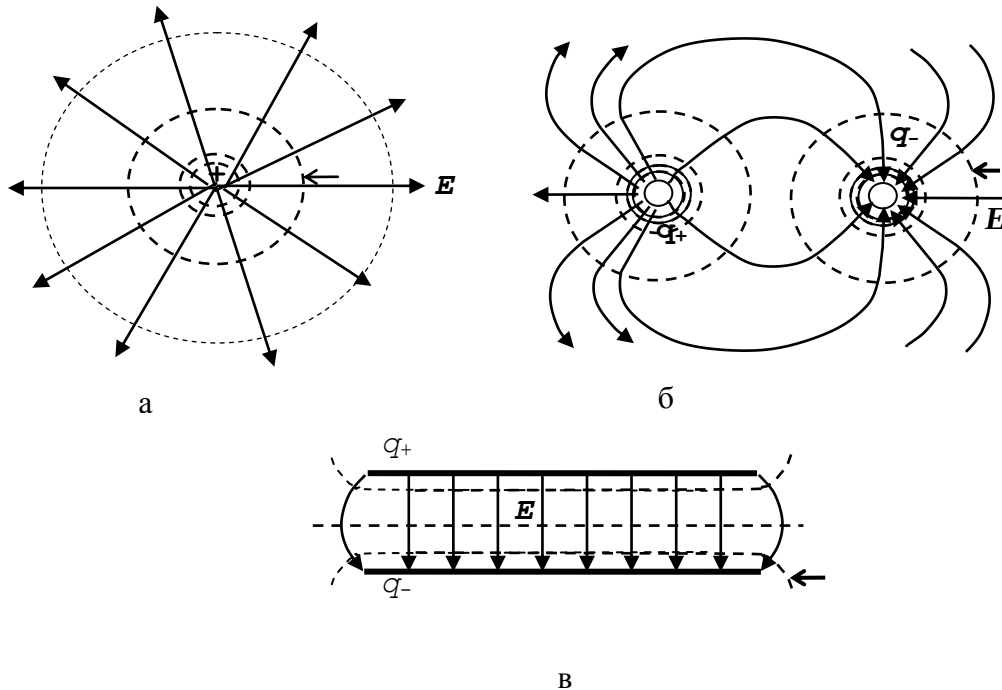


Рис 1 Эквипотенциальные поверхности

В векторной форме выражение (40), можно представить так:

$$\vec{E} = \frac{\partial \varphi}{\partial x} \vec{i} + \frac{\partial \varphi}{\partial y} \vec{j} + \frac{\partial \varphi}{\partial z} \vec{k}$$

Зная теорему Остроградского-Гаусса и связь между напряженностью и потенциалом электрического поля, можно по известной величине определить неизвестную.

При перемещении заряда в электрическом поле в направлении, перпендикулярном силовой линии вектора  $\vec{E}$

$$E_l = E \cos \alpha = 0$$

где  $\alpha$  – угол между направлением перемещения и направлением вектора  $\vec{E}$ . Это означает, что  $\frac{d\varphi}{dl} = -E \cos \alpha = 0$ ,  $\varphi = \text{const}$ . Объе-

диния в электрическом поле точки с одинаковыми потенциалами, получим некоторые поверхности равного потенциала – эквипотенциальные поверхности. Через одну точку поля можно провести только одну эквипотенциальную поверхность, которая будет перпендикулярна силовой линии вектора  $\vec{E}$ . По густоте эквипотенциальных поверхностей можно судить о напряженности, потенциале

(разности потенциалов) электрического поля. Обычно эквипотенциальные поверхности проводят так, чтобы потенциалы двух соседних поверхностей отличались на одну и ту же величину. В этом случае напряженность электрического поля, в какой-либо области, будет обратно пропорциональна расстоянию между эквипотенциальными поверхностями. На рисунке 1а, например, приведено примерное распределение линий вектора  $\vec{E}$  и эквипотенциальных поверхностей электрического поля положительного точечного заряда (рис. 1а), электрического поля двух точечных зарядов (рис. 1б), электрического поля двух разноименно равномерно заряженных плоскостей (рис. 1в).

Так как  $A=q(\varphi_1-\varphi_2)$ , то при перемещении заряда по эквипотенциальной поверхности работа не совершается ( $A=0$ ). Работа совершается лишь тогда, когда перемещение заряда происходит с одной эквипотенциальной поверхности на другую. В этом случае  $\varphi_1 \neq \varphi_2$ , а работа  $A=q(\varphi_1-\varphi_2) \neq 0$ .

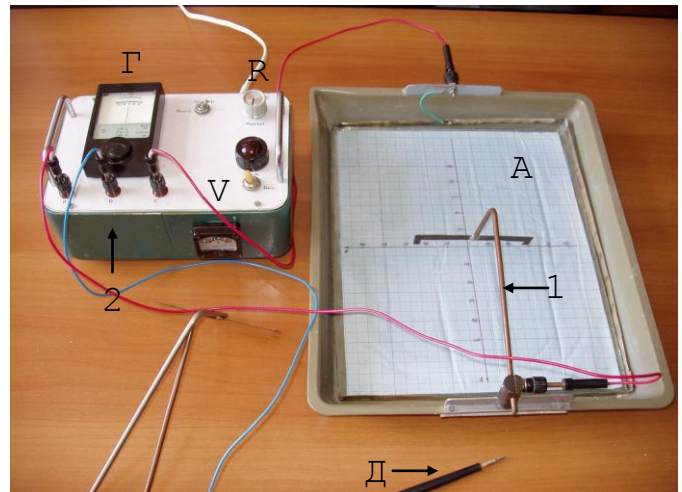


Рис. 2 Вид установки

### Описание установки

Общий вид экспериментальной установки представлен на рисунке 2. Установка состоит из сосуда А с горизонтальным плоским дном, покрытым тонким слоем плохо проводящей жидкости (в нашем случае этой жидкостью является обычная водопроводная вода). В жидкости располагают один или два металлических электрода (1) (различной конфигурации), к которым подводится напряжение от источника постоянного тока (если помещается один электрод, то полюс источника замыкается на корпус), который находится

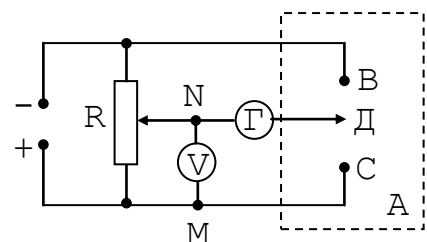


Рис. 3 Схема установки

внутри измерительного блока (2).

Конфигурация металлических электродов задаётся преподавателем.

Электрическая схема измерительного блока представлена на рисунке 3.

Для изучения распределения потенциалов используется щуп Д (зонд), соединенный через гальванометр с потенциометром. Если зонд установить в такую точку в сосуде, что разность потенциалов между точками М и N равна разности потенциалов между точками Д и С, то ток через гальванометр будет равен нулю, так как точки М и С находятся под одинаковым потенциалом.

### Порядок выполнения лабораторной работы

1. Включить установку в сеть. Внимание! Установка включается в сеть переменного тока с напряжением 220 В. Тумблер «Сеть» поставить в рабочее положение. Выключить арретир «Арр.» (рис. 4).

2. Реостатом  $R$  установить определенную разность потенциалов между точками  $M$  и  $N$  (рис. 4). Установленная разность потенциалов фиксируется вольтметром (рис. 5) и записывается в таблицу 1. Не изменяя разность потенциалов, перемещая зонд (Д) по поверхности жидкости, найти точки равного потенциала (определить их координаты). Значения координат каждой из установленных точек (порядка 7–8) равного потенциала (для данной разности потенциалов) занести в таблицу.

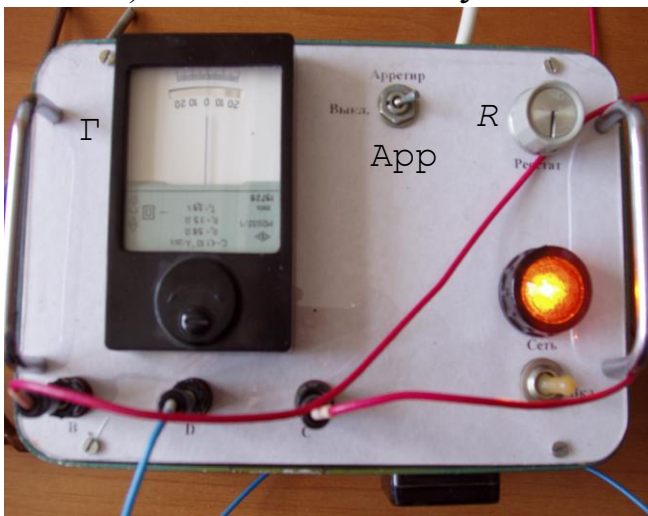


Рис. 4 Внешний вид арретира

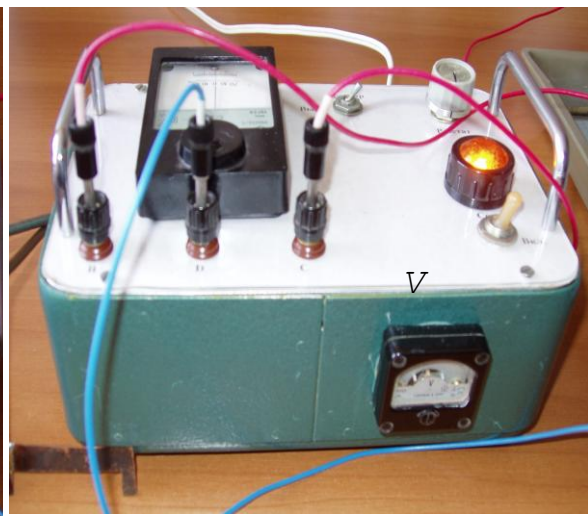


Рис. 5 Вольтметр

3. Изменив разность потенциалов (положение движка потенциометра), и проделав все в том же порядке, найти точки другого равного потенциала (определить их координаты). Значения координат каждой из установленных точек (для данной разности потенциалов) занести в таблицу.

4. Заменить электрод (1) и проделать эксперимент по п. 2, 3. Координаты соответствующих точек занести в таблицы.

5. На листе миллиметровой бумаги отобразить координаты соответствующих точек равного потенциала. Объединив изображения точек, получить следы соответствующих эквипотенциальных поверхностей.

6. К полученным эквипотенциальным поверхностям построить, для изученного электрического поля, картину силовых линий вектора напряженности электрического поля.

7. После выполнения эксперимента включить арретир, отключить установку из сети.

Таблица 1

| лек-<br>трод | Н<br>апряже-<br>ние | Координаты |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--------------|---------------------|------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
|              |                     |            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |                     |            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |                     |            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |                     |            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |                     |            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

### Контрольные вопросы

1. Точечные заряды. Закон сохранения зарядов. Закон Кулона.
2. Напряженность электрического поля, единицы измерения. Напряжённость электрического поля точечного заряда. Силовые линии. Однородное электрическое поле.
3. Работа электрического поля по перемещению электрического заряда. Понятие потенциала электрического поля, единицы измерения. Потенциал точки электрического поля, созданного точечным зарядом, системой точечных зарядов.
4. Эквипотенциальные поверхности и их свойства. Примеры эквипотенциальных поверхностей.
5. Связь напряженности и потенциала электростатического

поля. Напряжённость электрического поля как градиент потенциала.

## Список рекомендуемой литературы

### *Основной*

1. Кузнецов С.И. Курс лекций по физике. Электростатика. Постоянный ток. Электромагнетизм. Колебания и волны [Электронный ресурс]: учебное пособие / С.И.Кузнецов, Л.И.Семкина, К.И.Рогозин - Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2016. - 290 с. ISBN 978-5-4387-0562-8

URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=442116> (22.03.2017).

2. Краткий курс общей физики [Электронный ресурс]: учебное пособие / И.А.Старостина, [и др] - Казань : Издательство КНИТУ, 2014. - 377 с. ISBN 978-5-7882-1691-1

URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=428788> (22.03.2017).

3. Физика [Текст]: учебник / В. Б. Федосеев. - Ростов н/Д.: Феникс, 2009. - 669 с. - (Высшее образование). - ISBN 978-5-222-149 83-6: 320.00 р

4. Курс общей физики [Текст]: учебное пособие: в 3 т. / И. В. Савельев. - 3-е изд., испр. - М.: Наука, 1988 - .Т. 2: Электричество и магнетизм. Оптика. - 496 с. : ил. - Б. ц.

5. Курс физики [Текст]: учебное пособие для вузов/ Т. И. Трофимова. - 7-е изд., стер. - М.: Высшая школа, 2002. - 542 с.: ил. - ISBN 5-06-003634-0: 139.00 р.

### *Дополнительный*

1. Любая С.И. Физика: курс лекций [Электронный ресурс]. / С.И.Любая - Ставрополь: Ставропольский государственный аграрный университет, 2015. - 141 с.

URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=438720> (22.03.2017).

2. Пономарева В.А. Электричество и магнетизм: курс лекций [Электронный ресурс]/ В.А.Пономарева, В.А.Кузьмичева - М.: Альтаир: МГАВТ, 2007. - 117 с.

URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=430261> (22.03.2017).

3. Шапиро С.В. Курс физики [Электронный ресурс]: учебное пособие/ С.В.Шапиро - Уфа: Уфимский государственный универ-

ситет экономики и сервиса, 2013. - 248 с. ISBN 978-5-88469-613-6  
URL: [//biblioclub.ru/index.php?page=book&id=445140](http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=445140) (22.03.2017).