Федеральное агентство связи

Сибирский Государственный Университет Телекоммуникаций и Информатики

**Межрегиональный центр переподготовки специалистов**

# Лабораторная работа 3.1

# По дисциплине: \_Физика\_

**Выполнил**: \_\_Ехлаков А.А\_\_

**Группа**: \_\_\_\_\_СДТ-03\_\_\_\_\_\_

**Вариант:\_\_\_\_\_\_**14**\_\_\_\_\_\_\_\_**

**Проверил**: \_\_*Грищенко И.В.*

*Лабораторная работа 1 не зачтена. Исправьте работу в соответствии со сделанными замечаниями и пришлите исправления в этом же файле. Замечания не стирайте.*

Новосибирск, 2010 г.

## Изучение характеристик электростатического поля

## 1. Цель работы.

2.Основные теоретические сведения.

3.Описание лабораторной установки.

4. Задание.

5.Контрольные вопросы.

6.Литература.

1.Цель работы.

Исследовать электростатическое поле, графически изобразить сечение эквипотенциальных поверхностей и силовые линии для некоторых конфигураций поля.

2.Основные теоретические сведения.

Любое заряженное тело создает в пространстве вокруг себя электромагнитное поле и взаимодействует с внешним электромагнитным полем. Поле, создаваемое неподвижными зарядами, называется электростатическим. Существуют положительные и отрицательные заряды.

Одноимённые заряды отталкиваются. Разноимённые заряды притягиваются.Рис.1 Заряженные элементарные частицы –электрон(отрицательный заряд)и протон(положительный заряд),. Силовые линии (линии напряжённости), касательные к которым, в каждой точке совпадают по направлению с вектором напряжённости в этой точке. Силовые линии непрерывны и не пересекаются.



Поле двух точечных зарядов

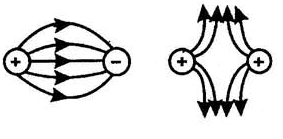


Рис.1

Электростатическое поле в каждой точке пространства характеризуется двумя величинами: напряженностью и потенциалом. Силовая характеристика поля- напряженность- векторная величина, численно равная силе, действующей на единичный положительный точечный заряд, помещенный в данную точку поля:



Cила, действующая со стороны электрического поля на точечный заряд, равна:



Энергетическая характеристика электрического поля-потенциал- скалярная величина, численно равная потенциальной энергии единичного точечного положительного заряда, помещенного в данную точку поля. Измеряется в вольтах: [1В= 1Дж/1Кл]. Потенциал определяется с точностью до произвольной постоянной и может принимать положительные и отрицательные значения. Физический же смысл имеет величина- разность потенциалов. Разность потенциалов связана с работой сил электрического поля по перемещению точечного заряда следующим образом:



ϕ1 и ϕ2- потенциалы начальной и конечной точек положения заряда q.

Закон Кулона. Сила взаимодействия двух точечных зарядов прямо пропорциональна произведению модулей зарядов и обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними.

# , где ,



Если поле создаётся несколькими зарядами, то результирующая напряжённость в данной точке есть векторная сумма напряжённостей, созданных отдельными зарядами в той же точке.



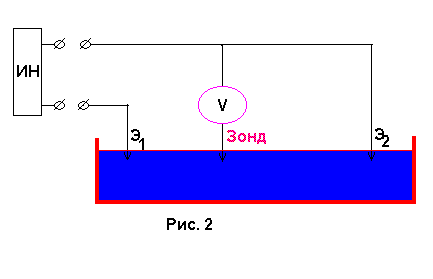
Напряжённость и потенциалсвязаны между собой градиентом потенциала. Градиент потенциала показывает изменение потенциала вдоль нормали к эквипотенциальной поверхности. Градиент потенциала направлен в сторону обратную направлению напряжённости поля.



Вектор напряжённости – это силовые линии поля. Поскольку работа по перемещению заряда вдоль эквипотенциальной поверхности равна нулю, то исходя из формул можно показать, что в каждой точке вектор напряженности электрического поля перпендикулярен эквипотенциальной поверхности и направлен в сторону уменьшения потенциала. Т.е. силовые линии перпендикулярны эквипотенциальным поверхностям.



3.Описание лабораторной установки.



Установка Рис.2 представляет собой прямоугольную ванну с электролитом, в которую погружены два электрода. Электроды присоединены к источнику постоянного низковольтного напряжения. Один из электродов через вольтметр связан с подвижным зондом ( курсор ). Вольтметр показывает напряжение между отрицательно заряженным электродом и точкой в ванне, в которую помещен зонд.

4. Задание.

1.Получить графическое изображение электрического поля при различных положениях электродов. Начертить дважды сечение ванны (Два прямоугольника с размерами: по вертикали 16 делений и по горизонтали 20 делений), нанести координатную сетку, изобразить электроды. В первом случае электроды представляют собой два тонких кольца радиусом 1 см, во втором- отрицательно заряженная плоскость и положительно заряженное тонкое кольцо радиусом 1 см.

2. Установить зонд в какую-либо точку ванны. Вольтметр покажет напряжение между этой точкой и отрицательно заряженным электродом. Найти в ванне точку с показанием вольтметра 1В. Отметить ее на чертеже. Далее найти другую точку с таким же показанием вольтметра. Это означает, что разность потенциалов между двумя найденными точками равна нулю, следовательно, они находятся на одной эквипотенциальной поверхности. Отметить вторую точку на чертеже. Найдите еще три точки с таким же показанием вольтметра. Соединить полученные точки линией. Это и есть эквипотенциальная линия. Эквипотенциальные линии должны начинаться и кончаться вблизи краев ванны.

3. Повторить измерения по п.2 для 2В, 3В, …, 9В. На чертеже получится изображение эквипотенциальных линий.

4. Проделать измерения по п.2 и п.3 для второй ванны.

5. На чертежах с изображением эквипотенциальных линий нанести силовые линии (по 5 силовых линий на каждую ванну).

6. В точках с координатами (4,8), (10,8) и (17,8) оценить величину напряженности электрического поля по формуле (11).

, где разность потенциалов между соседними эквипотенциальными линиями. кратчайшее расстояние между ними. Точка



Расстояние между точками по прямой силовой линии будет:

От т. А-В=3см=0,033

В-С=3,5см=0,035

А-С=6,5см=0,065

Найдём разность потенциалов точек А и В



Точек В и С



Точек А и С

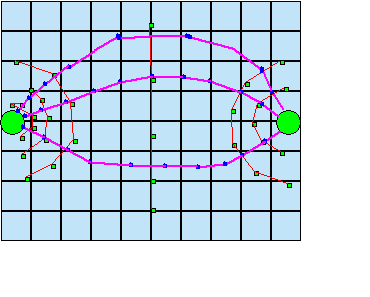


Найдём напряжённость в точках- А, В, С.



*Единицы измерения потенциала: Вольт, единицы измерения напряженности электрического поля: В/м.*

*Обратите внимание на то, как примерно должны выглядеть Ваши рисунки*



*Красным цветом показаны эквипотенциальные поверхности, лиловым – силовые линии. Силовые линии перпендикулярны эквипотенциальным поверхностям. Красная точка имеет координаты (4,8). Рассчитаем для нее напряженность поля. Слева от нее находится эквипотенциальная линия с потенциалом 7 В, а справа – линия с потенциалом 6 В. Расстояние между ними составляет 2 см (на данном рисунке 1 клетка соответствует 2 см). Получаем по формуле (11) . Таким же образом производим расчет для остальных случаев.*

Работа над ошибками:

6. В точках с координатами (4,8), (10,8) и (17,8) оценить величину напряженности электрического поля по формуле (11).

, где разность потенциалов между соседними эквипотенциальными линиями. кратчайшее расстояние между ними.



**1 условие.**

Находим точку с координатами (4,8),слева от неё находится эквипотенциальная линия 7В справа 6В, расстояние между ними 2 см. 1 клетка 1см. тогда



Находим точку с координатами (10,8),слева от неё находится эквипотенциальная линия 6В справа 4В, расстояние между ними 11 см.

Тогда



Находим точку с координатами (17,8),слева от неё находится эквипотенциальная линия 4В справа 2В, расстояние между ними 2 см.

Тогда



**2 условие.**

Находим точку с координатами (4,8),слева от неё находится эквипотенциальная линия 3В справа 4В, расстояние между ними 4,8 см. 1 клетка 1см. тогда



Находим точку с координатами (10,8),слева от неё находится эквипотенциальная линия 4В справа 5В, расстояние между ними 6 см. тогда



Находим точку с координатами (17,8),слева от неё находится эквипотенциальная линия 6В справа 7В, расстояние между ними 1 см. тогда



|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 6 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 15 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 14 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 13 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 12 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 11 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 10 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 9 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 8 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 7 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 6 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 5 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 4 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 1 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |

Рис.1 Электростатическое поле с эквипотенциальными и силовыми линиями с положительным и отрицательным электродами.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 16 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 15 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 14 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 13 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 12 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 11 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 10 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 9 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 8 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 7 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 6 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 5 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 4 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 1 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |

Рис.2 Отрицательно заряженная плоскость и положительный электрод.

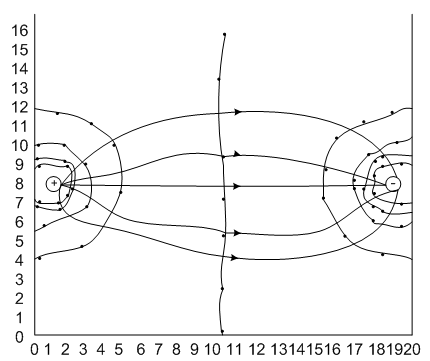
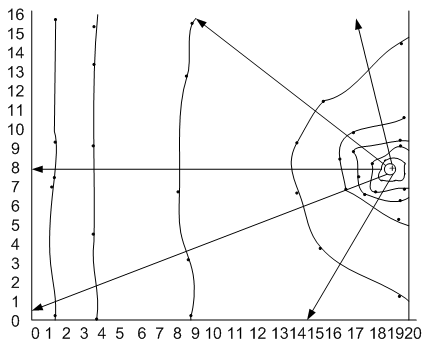


Рис.3 Электростатическое поле с эквипотенциальными и силовыми линиями с положительным и отрицательным электродами.



*Силовые линии на обоих рисунках изображены неверно. Они должны начинаться на поверхности положительно заряженного тела перпендикулярно этой поверхности, плавной линией идти к отрицательному электроду, пересекая эквипотенциальные линии под прямым углом. Заканчиваются силовые линии на поверхности отрицательно заряженного тела перпендикулярно этой поверхности.*

Рис.4 Отрицательно заряженная плоскость и положительный электрод.

*Лабораторная работа обязательно должна завершаться выводом. Без вывода работа считается незаконченной. Можно, например, написать вывод примерно по такому образцу.*

*Исследовано электростатическое поле, созданное двумя электродами: \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ формы и \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ формы. Графически изображены сечения эквипотенциальных поверхностей с шагом 1 В от \_\_\_\_ В до \_\_\_\_В. Видно, что вблизи электродов эквипотенциальные линии \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_*

*\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_, что позволяет сделать вывод о том, что металлические электроды являются эквипотенциальными поверхностями. Построены силовые линии электростатического поля, произведены оценки величины напряженности поля в трех точках. Полученные результаты говорят о том, что в областях, где силовые линии расположены гуще, величина напряженности поля \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_, что соответствует теоретическим ожиданиям.*

Вывод.

В данной лабораторной работе проводилось исследование электростатического поля, в ходе которого получилось графическое изображение электрического поля при различных положениях электродов.

Графически изображены сечения эквипотенциальных поверхностей с шагом 1 В от 1 В до 10В. Видно, что вблизи электродов эквипотенциальные линии расположены чаще и принимают форму заряда это подтверждает ,что металлические электроды являются эквипотенциальными поверхностями.

Построенные силовые линии двух зарядов противоположного знака идут от одного заряда к другому и как бы стягивают их. Если в какой-либо точке пространства нет электрических зарядов, то через эту точку проходит только одна силовая линия. Таким образом, силовые линии непрерывны и не пересекаются.Произведены оценки величины напряженности поля в трех точках. Полученные результаты говорят о том, что в областях, где силовые линии расположены гуще, величина напряженности поля увеличивается, что соответствует теоретическим ожиданиям.

5.Контрольные вопросы.

1. Дайте определение электростатического поля и его характеристик.

Если в пространство, окружающее электрический заряд, внести другой заряд, то между ними возникнет кулоновское взаимодействие. Следовательно, в пространстве, окружающем электрические заряды, существует силовое поле, в данном случае электрическое поле, являющееся средой взаимодействия между зарядами. Так как рассматриваются неподвижные заряды, то поле, создаваемое ими, называется электростатическим.

Напряженность электростатического поля в данной точке есть векторная физическая величина, определяемая силой, действующей со стороны поля на неподвижный единичный пробный заряд, помещенный в эту точку поля. *Нужна формула и единицы измерения.*

Исправления:

Формула напряжённости электростатического поля.

Единица измерения напряженности электрического поля - В/м.



Электростатическое поле точечного заряда является потенциальным, следовательно потенциал в какой-либо точке электростатического поля есть физическая скалярная величина, определяемая потенциальной энергией единичного положительного заряда, помещенного в эту точку, а разность потенциалов двух точек электростатического поля – это физическая скалярная величина, определяемая работой, совершаемой кулоновскими силами при перемещении единичного положительного заряда из одной точки в другую. Таким образом, потенциал – это физическая величина, определяемая работой по перемещению единичного положительного заряда из данной точки поля в бесконечность. *Нужна формула и единицы измерения*

Исправления:

Потенциал - скалярная величина, численно равная потенциальной энергии единичного точечного положительного заряда q , помещенного в данную точку поля:, Потенциал измеряется в вольтах: 1В= 1Дж/1Кл .



2. Оцените величину силы, действующей на электрон, помещенный в некоторую точку исследуемого поля.

Электрическое поле с напряженностью Е действует на электрон, находящийся в этом поле с силой

*F* где



Направление этой силы противоположно направлению вектора напряженности электрического поля. Работа, совершаемая этой силой при движении электрона в поле, будет сопровождаться изменением кинетической энергии электрона. На рис.4 поле изображено с помощью силовых линий. Показаны и силы, действующие на отрицательный и положительный заряды, помещенные в это поле. Они направлены по касательным к силовым линиям. В одном случае направление силы совпадает с направлением напряжённости, а в другом — противоположно ему.

Рис.4 Электростатическое поле с напряжённостью силовых линий



*Это не входит в вопрос. Нужно было произвести расчет, используя найденное в работе значение напряженности ("исследуемое поле" – то, которое Вы исследовали)*

Исправления:

Сила, действующая на электрон, помещенный в точку А=(10,8), для электродов первого условия примерно равна:



Для второго условия



3. Рассчитайте работу по перемещению электрона между двумя точками в исследуемом поле (точки выбираются произвольно).

Работа сил электростатического поля при перемещении заряда из одной точки поля в другую не зависит от формы траектории, а определяется только положением начальной и конечной точек и величиной заряда. Работа, необходимая для перемещения заряда Q между двумя точками, находящимися на расстоянии l –и имеющими разность потенциалов U, равна

*Ошибки в формуле*



Работа при перемещении заряда  из точки 1 в точку 2

определяется только положениями начальной и конечной точек. *Поле в данной работе создается не точечными зарядами, а протяженными заряженными телами ("исследуемое поле" – то, которое Вы исследовали)*



Исправления:

Работа по перемещению электрона от точки А=(1,1) до точки В=(19,15) для первого условия равна:



Для второго условия:



4. Могут ли пересекаться линии вектора напряженности электрического поля?

Непрерывные линии, касательные к которым в каждой точке, через которую они проходят, совпадают с вектором напряженности, называются силовыми линиями электрического поля или линиями напряженности. Силовые линии имеют то же направление, что и напряжённость поля и не пересекаются, так как в каждой точке электрического поля вектор E имеет лишь одно направление.

*Верно.*

5. Могут ли пересекаться эквипотенциальные линии? Почему?

Эквипотенциальные линии (и поверхности) представляют собой геометрическое место точек равного потенциала.

Свойства эквипотенциальных поверхностей:

1. В каждой точке эквипотенциальной поверхности вектор напряженности поля перпендикулярен к ней и направлен в сторону убывания потенциала.

2. Работа по перемещению электрического заряда по одной и той же эквипотенциальной поверхности равна нулю.

Эквипотенциальные поверхности кулоновского поля точечного заряда – концентрические сферы. *В данной работе заряды не являются точечными.*  Эквипотенциальные поверхности не пересекаются. Они перпендикулярны силовым линиям. Это следует из того, что работа при перемещении заряда по эквипотенциальной поверхности равна нулю, в то время как действующая на заряд сила и сонаправленная с ней напряженность поля в общем случае отличны от нуля. Таким образом, вектор напряженности поля перпендикулярен любой линии на эквипотенциальной поверхности, т.е. нормален и самой поверхности.

Исправления:

Эквипотенциальные поверхности с разными потенциалами не могут иметь общих точек. Если бы точка существовала то через неё прошёл бы точечный заряд с одной поверхности на другую, но это противоречит теории эквипотенциальных полей.

6. Какое ускорение приобретает электрон, двигаясь по эквипотенциальной линии? Никакого.

Из механики известно, что работа потенциальных сил на замкнутом пути равна нулю. Работа совершаемая силами поля над зарядом при обходе его по замкнутому контуру, может быть представлена как



Работа, совершаемая при перемещении электрического заряда во внешнем электростатическом поле по любому замкнутому пути L, равна нулю, т. е.



Силовое поле, обладающее свойством



называется потенциальным. Из обращения в нуль циркуляции вектора  следует, что линии напряженности электростатического поля не могут быть замкнутыми, они начинаются и кончаются на зарядах или же уходят в бесконечность.

Формула



справедлива только для электростатического поля.

*При движении по эквипотенциальной поверхности не совершается работа, следовательно, не изменяется кинетическая энергия, не меняется модуль скорости, тангенциальное ускорение равно нулю. Но может присутствовать нормальное ускорение, создаваемое силой неэлектрического происхождения, удерживающей электрон на эквипотенциальной поверхности*

Исправление:

Например, движение электрона по окружности около ядра атома водорода .

6. Литература

1. Савельев И.В. Курс общей физики- М.: Наука, 1988.- Глава 1.