



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
УПРАВЛЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Кафедра «Физика»

Практикум

Лабораторная работа № Э34
«Электрическое поле плоского
конденсатора»
по дисциплине

«Физика»

Авторы

Жданова Т. П.,

Кудря А. П.,

Лемешко Г. Ф.,

Пруцакова Н. В.,

Холодова О. М.

Ростов-на-Дону, 2019

Аннотация

Методические указания содержат краткое описание теории электростатического поля, описание лабораторной установки и методику определения напряжённости электрического поля.

Предназначены для студентов инженерных специальностей всех форм обучения, в программу учебного курса которых входит выполнение лабораторных работ по физике (раздел Электричество).

Авторы

к.ф.-м.н., доцент	кафедры	«Физика»
Жданова Т.П.,		
ст. преподаватель	кафедры	«Физика»
Кудря А.П.,		
к.ф.-м.н., профессор	кафедры	«Физика»
Лемешко Г.Ф.,		
к.ф.-м.н., доцент	кафедры	«Физика»
Пруцакова Н.В.,		
доцент кафедры «Физика»	Холодова О.М.	



Оглавление

Цель работы:	4
Оборудование:	4
Краткая теория	4
Экспериментальная установка	7
Порядок выполнения работы	7
Контрольные вопросы	9
Литература	10

ЦЕЛЬ РАБОТЫ:

- 1) исследование зависимости напряженности электрического поля от напряжения при постоянном расстоянии между пластинами конденсатора;
- 2) исследование зависимости напряженности электрического поля от расстояния между пластинами при постоянном напряжении на конденсаторе.

ОБОРУДОВАНИЕ:

оптическая скамья; измеритель напряженности электрического поля; блок питания; мультиметры.

КРАТКАЯ ТЕОРИЯ

Электростатическое поле создаётся неподвижными электрическими зарядами.

Для характеристики электростатического поля вводятся величины:

1. \vec{E} - напряжённость – силовая характеристика;
2. φ - потенциал – энергетическая характеристика.

Напряжённость электростатического поля в данной точке – векторная физическая величина, численно равная силе, действующей на единичный положительный заряд, помещённый в эту точку:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q} \text{ (единица измерения В/м=Н/Кл).}$$

Потенциал в некоторой точке электростатического поля – скалярная физическая величина, численно равная потенциальной энергии единичного положительного заряда, помещённого в эту точку:

$$\varphi = \frac{W}{q} \text{ (единица измерения В=Дж/Кл).}$$

Силовые линии – линии, касательные в каждой точке к которым совпадают с вектором напряжённости \vec{E} . Линии напряжённости начинаются на положительных и оканчиваются на отрицательных зарядах. Линии напряжённости никогда не пересекаются.

Эквипотенциальные поверхности – поверхности равно-

го потенциала. Линии напряжённости всегда перпендикулярны эквипотенциальным поверхностям.

Поток вектора напряжённости характеризует число силовых линий, пронизывающих поверхность. Поток вектора напряжённости через замкнутую поверхность равен:

$$\Phi_E = \oint_S E_n dS.$$

Знак потока совпадает со знаком заряда, находящегося внутри данной поверхности.

Теорема Гаусса: поток вектора напряжённости через любую замкнутую поверхность *в вакууме* равен алгебраической сумме зарядов, заключённых внутри поверхности, делённой на ϵ_0 :

$$\oint_S E_n dS = \frac{\sum q_i}{\epsilon_0}, \text{ где } \epsilon_0 =$$

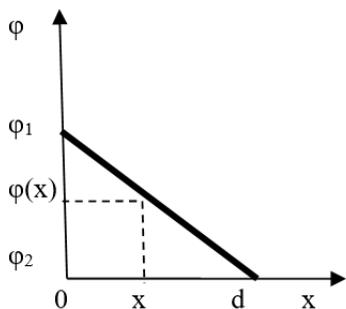
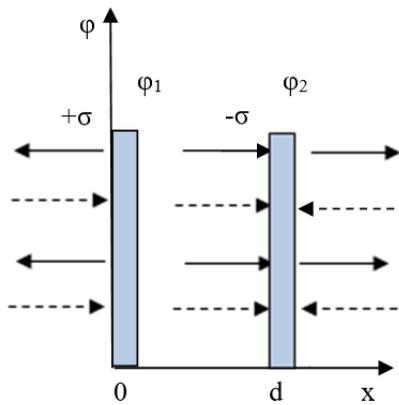
$8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м – электрическая постоянная.

Связь между разностью потенциалов и напряжённостью:

$$\varphi_1 - \varphi_2 = \int_0^d E \cdot dx, \text{ где } d$$

– расстояние между точками 1 и 2.

Распределение потенциала между пластинами (рис.1):



$$\varphi(x) = \varphi_1 - \int_0^x E \cdot dx = \varphi_1 - E \cdot x.$$

Для однородного поля, т.е. когда величина и направле-

ние напряжённости одинаковы во всём пространстве, получаем:
 $\varphi_1 - \varphi_2 = E \cdot d$. При этом разность потенциалов равна напряжению, т.е. $\varphi_1 - \varphi_2 = U$.

Однородное электрическое поле можно создать между параллельными заряженными плоскостями, расстояние между которыми во много раз меньше их размеров (**плоский конденсатор**) (Рис.1). Условно принято, что силовые линии выходят из положительной заряженной плоскости (сплошные линии), а в заряженную отрицательно - входят (пунктирные линии). Пренебрегая краевыми эффектами (из-за ограниченности размера пластин), в средней части пластин электрическое поле можно считать однородным.

Согласно теореме Гаусса модуль вектора напряженности однородного электрического поля *в вакууме*, созданного заряженной плоскостью, равен

$$E = \frac{\sigma}{2 \cdot \varepsilon_0},$$

где: $\sigma = \frac{q}{S}$ - поверхностная плотность заряда, S - площадь поверхности,

$\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф / м}$ - электрическая постоянная.

Из рис.1 следует, что слева от положительно заряженной плоскости и справа от отрицательно заряженной плоскости электрические поля взаимно уничтожаются, так как их векторы напряженности \vec{E}_1 и \vec{E}_2 численно равны и направлены в противоположные стороны. Между плоскостями оба вектора \vec{E}_1 и \vec{E}_2 имеют одинаковое направление, поэтому результирующая напряженность *в вакууме* равна сумме:

$$E = E_1 + E_2 = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}. \quad (1)$$

Плотность энергии (энергия единицы объема) однородного электрического поля между пластинами *в вакууме* равна

$$\omega = \frac{\varepsilon_0 \cdot E^2}{2}, \quad (2)$$

где: E - напряженность электрического поля,

$\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф / м}$ – электрическая постоянная.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА

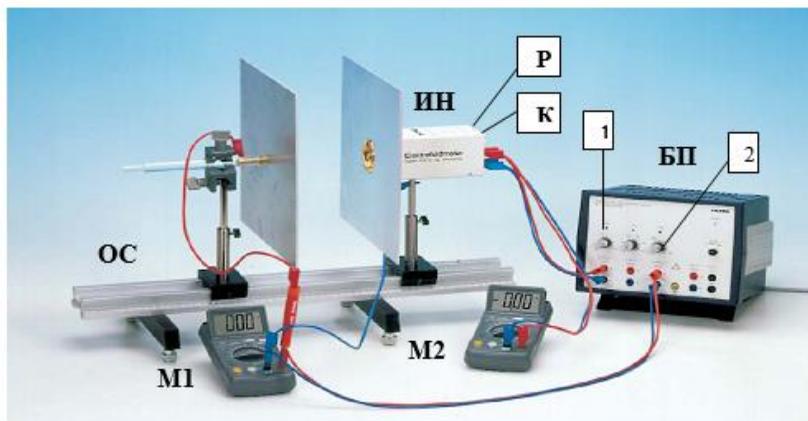


Рис. 3

На оптической скамье **ОС** закреплены пластины плоского конденсатора; на одной из пластин установлен измеритель напряженности **ИН** электрического поля; напряжение на пластины конденсатора и на измеритель напряженности подается от блока питания **БП**; напряжение между пластинами конденсатора измеряется мультиметром **М1** (**предел 1000 V**), показание измерителя напряженности регистрируется мультиметром **М2** (**предел 200 V**); на корпусе измерителя установлены: кнопка **К** выбора диапазона измерения напряженности (когда она нажата, мультиметр **М2** показывает величину напряженности (**кВ/м**)); регулятор **Р**, обеспечивающий настройку **ИН**.

Внимание! Запрещается касаться пластин конденсатора, когда они находятся под напряжением!

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Левую пластину конденсатора (рис.3) вплотную подвиньте к правой пластине и зафиксируйте по масштабной линейке расстояние l_0 .

2. Установите левую пластину на расстоянии $l_0 + 10$ см от правой пластины, т.е. расстояние между пластинами конденсатора $d = 10$ см = 0,1 м.
4. Включите блок питания **БП** и мультиметры.
5. С помощью регулятора 1 на блоке питания **БП** установите напряжение ~ 10 В, а регулятор 2 установите на ноль, что соответствует нулевому напряжению на пластинах конденсатора.
6. С помощью регулятора **Р** на измерителе напряженности **ИН** установите «0» на мультиметре **М2**.
7. Кнопкой **К** на корпусе измерителя напряжённости **ИН** (рис.3) установите свечение светодиода на позиции «10 кВ/м».

Задание 1. *Исследование зависимости напряженности электрического поля от напряжения между пластинами конденсатора*

1. С помощью регулятора 2 на блоке питания **БП** установите на мультиметре **М1** напряжение между пластинами конденсатора 25 В и измерьте с помощью мультиметра **М2** напряженность электрического поля E .
2. Не меняя расстояния d между пластинами конденсатора (**0,1 м**) повторите для различных напряжений U (в интервале от 25 до 250 В) измерения напряженности электрического поля E .
3. Для каждого измерения вычислите плотность энергии электрического поля ω , по формуле (2).
4. Результаты эксперимента и вычислений занести в таблицу 1.
5. Постройте графики зависимостей напряженности и плотности энергии электрического поля от напряжения: $E(U)$, $\omega(U)$.

Таблица 1

U	В	25	50	75	100	125	150	175	200	225	250
E	кВ/м										

ω	Дж/м ³									
----------	-------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Задание 2. Исследование зависимости напряженности электрического поля от расстояния между пластинами конденсатора

Внимание! Устанавливать расстояние между пластинами конденсатора только при нулевом напряжении между ними!

- С помощью регулятора **2** на блоке питания **БП** установите на мультиметре **M1** напряжение между пластинами конденсатора 200 В и измерьте с помощью мультиметра **M2** напряженность электрического поля E для различных расстояний между пластинами d (в интервале от 0,02 до 0,12 м).
- Для каждого измерения вычислите плотность энергии электрического поля ω по формуле (2).
- Результаты эксперимента и вычислений занести в таблицу 2.
- Постройте графики зависимостей напряженности и плотности энергии электрического поля от расстояния между пластинами: $E(d)$, $\omega(d)$.
- По выполненной работе сделайте вывод.

Таблица 2

d	10 ⁻² м	2	4	6	8	10	12	14
E	кВ/м							
ω	Дж/м ³							

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- Что понимают под электростатическим полем? Какое поле называется однородным?
- Характеристики электростатического поля.
- Что называется напряженностью и потенциалом электростатического поля?
- Связь между напряженностью и разностью потенциалов электростатического поля.
- Что называется силовой линией? Направление силовых линий.
- Что называется эквипотенциальной поверхностью электрического поля?
- Сформулируйте теорему Гаусса.

8. Что такое конденсатор?

ЛИТЕРАТУРА

1. Трофимова Т. И. Курс физики. - М.: Высш. шк., 2016
2. Грабовский Р.И. Курс физики - СПб.: Лань, 2012
3. Инструкция по эксплуатации оборудования фирмы "RHYWE".

Список литературы

1. Курс UniTrain-I "Автоматическое управление температурой, скоростью и светом", www.unitrain-i.com.
2. В.А. Бесекаерский, Е.П. Попов «Теория автоматического управления», СПб, Изд-во «Профессия», 2003.-752с.
3. Л.Д. Певзнер «Практикум по теории автоматического управления»: Учеб. пособие-М.: Высш. шк., 2006.-590с.
4. Современные системы управления/ Р. Дорф, Р. Бишоп. Пер. с англ. Б.И. Копылова.- М.: Лаборатория Базовых Знаний, 2002.-832 с.:ил.