

Федеральное агентство по образованию Российской Федерации



Кафедра общей и технической физики  
СПГГИ (ТУ) им. Г.В. Плеханова

Кафедра ОТФ

## **Отчет**

по лабораторной работе №1

### **Исследование электрического поля плоского конденсатора**

Выполнил:

студент группы ЭР-08-1

Проверил:

\_\_\_\_\_

доцент Фицак В.В.

СПб  
2009

- I. **Цель работы** - Измерение напряженности электрического поля плоского конденсатора в зависимости от напряжения и расстояния между пластинами, определение емкости плоского конденсатора.

II. **Краткое теоретическое обоснование.**

1. В этой работе изучается электрическое поле и его свойства.
2. Напряженность электрического поля – это физическая величина, определяемая силой, действующей на единичный положительный заряд, помещенный в данную точку поля.

Потенциал – потенциал в какой-либо точке электростатического поля есть физическая величина, определяемая потенциальной энергией единичного положительного заряда, помещенного в данную точку.

Емкость уединенного изолированного проводника – это физическая величина, равная отношению изменения заряда проводника к изменению его потенциала.

Конденсатором – это система двух разноименно заряженных проводников, разделенных диэлектриком. Проводники конденсатора называются пластинами.

Емкость конденсатора – это свойство конденсатора накапливать и сохранять электрические заряды и связанное с ними электрическое поле.

Заряд конденсатора – это модуль заряда каждой из пластин, суммарный заряд пластин равен нулю.

ЭДС – это физическая величина, определяемая работой, совершаемой сторонними силами при перемещении единичного положительного заряда.

3. Напряжённость – силовая характеристика поля, напряженность электрического поля  $E$  и потенциал  $\varphi$  связаны между собой соотношением

$$E = - \operatorname{grad} \varphi$$

$$E_x = - \frac{d\varphi}{dx}$$

В однородном электрическом поле напряженность равна:

$$E_x = \frac{\Delta\varphi}{\Delta x} = \frac{U}{\Delta x},$$

где  $U$  – напряжение между точками поля, которые находятся на расстоянии  $\Delta x$ ;  $E_x$  – проекция  $E$  на ось  $x$ .

Емкость плоского конденсатора можно определить на основании измерения

$E$  и  $U$ :

$$C = \frac{q}{U} = \frac{\varepsilon_0 S E}{U}$$

где  $\varepsilon_0$  – электрическая постоянная,  $S$  – площадь пластин конденсатора,  $q$  – заряд конденсатора.

4. Основываясь на формулах для расчета напряженности поля и емкости плоского конденсатора, можно предположить, что с уменьшением расстояния между пластинами конденсатора напряжённость электрического поля и емкость возрастают. А так же, вероятно, с увеличением напряжения (при постоянном расстоянии между пластинами) будет увеличиваться напряженность.

### III. Расчетные формулы.

1) напряжённость электрического поля плоского конденсатора:  $E_{\text{теор}} = \frac{U}{d}$

где  $U$  – напряжение между точками поля, В;

$d$  – расстояние между пластинами конденсатора, м

2) ёмкость плоского конденсатора (экспериментальная):  $C_{\text{эксп}} = \frac{\varepsilon_0 S E}{U}$

$\varepsilon_0$  - диэлектрическая проницаемость в вакууме;  $S$  – площадь пластин конденсатора, м<sup>2</sup>;

$E$  – напряжённость электрического поля, В/м;  $U$  – напряжение между точками поля, В

3) ёмкость плоского конденсатора (теоретическая):  $C_{\text{теор}} = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon S}{d}$

$\varepsilon$  - диэлектрическая проницаемость среды.

### IV. Формулы погрешностей измерений.

прямых измерений:

$$\Delta E_{\text{экс.}} = 0,01 \frac{\text{В}}{\text{м}}$$

$$\Delta U = 1 \text{ В}$$

$$\Delta d = 5 \cdot 10^{-4} \text{ м}$$

$$\Delta S = 5 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$$

косвенных измерений:

средняя арифметическая: 
$$\Delta E_{\text{теор.}} = E_{\text{теор.}} \left( \frac{\Delta U}{U} + \frac{\Delta d}{d} \right)$$

$$\Delta C_{\text{экс.}} = C_{\text{экс.}} \left( \frac{\Delta E}{E} + \frac{\Delta U}{U} \right)$$

$$\Delta C_{\text{теор.}} = C_{\text{теор.}} \left( \frac{\Delta d}{d} \right)$$

средняя квадратичная:

$$\sigma_{E_{\text{теор.}}} = E_{\text{теор.}} \cdot \sqrt{\left( \frac{\sigma_U}{U} \right)^2 + \left( \frac{\sigma_d}{d} \right)^2}$$

$$\sigma_{C_{\text{экс.}}} = C_{\text{экс.}} \cdot \sqrt{\left( \frac{\sigma_{E_{\text{т}}}}{E_{\text{т}}} \right)^2 + \left( \frac{\sigma_U}{U} \right)^2}$$

$$\sigma_{C_{\text{теор.}}} = C_{\text{теор.}} \cdot \sqrt{\left( \frac{\sigma_d}{d} \right)^2}$$

### V. Таблицы с результатами измерений и вычислений.

Таблица 1

n	d	E <sub>эксп</sub>	U	E <sub>теор</sub>	C <sub>эксп</sub>	C <sub>теор</sub>
	см	В/м	В	В/м	Ф	Ф

1	6	2970	200	3333,33	11,981	10,675
2	8	2310	200	2500,00	8,986	8,303
3	10	1800	200	2000,00	7,188	6,470
4	12	1490	200	1666,67	5,990	5,355
5	14	1240	200	1428,57	5,135	4,457

$l=$	0,285	м
$S=$	$812,25 \cdot 10^{-4}$	м

$$\epsilon = 1$$

$$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$$

Таблица 2

## VII.

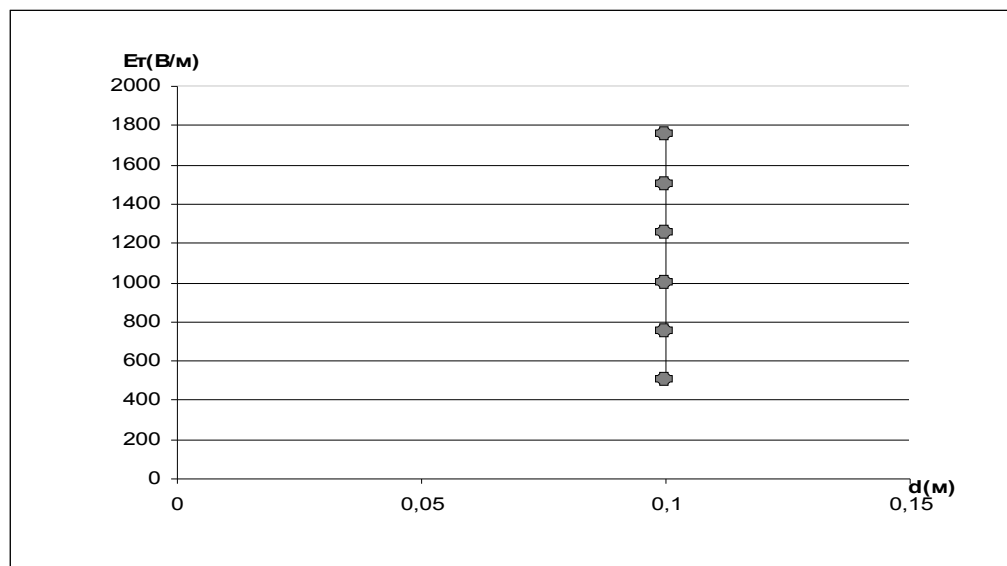
1)

n	d	u	$E_{\text{эксп}}$	$E_{\text{теор}}$
	см	В	В/м	В/м
1	10	50	462	500
2	10	75	685	750
3	10	100	914	1000
4	10	125	1120	1250
5	10	150	1380	1500

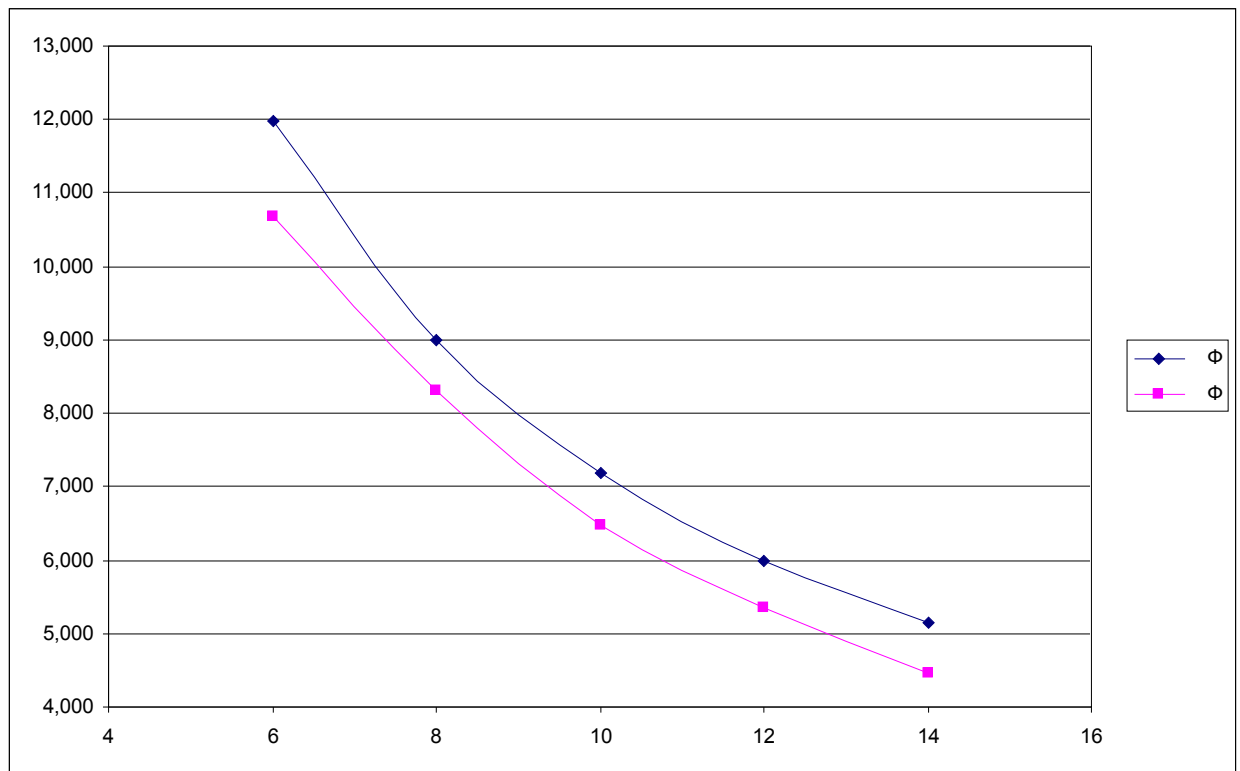
Графики

График

зависимости  $E$  от  $d$  при разных  $U$ .



2) График зависимости  $C$  от  $d$ .



## VI. Примеры вычисления:

1. Исходные данные: таблицы 1, 2.

2. Вычисления:

$$1) E_{теор} = \frac{U}{d} = \frac{200}{0,06} = 3333,33 \frac{B}{м}$$

$$2) C_{эксп} = \frac{\epsilon_0 SE}{U} = \frac{8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 812,25 \cdot 10^{-4} \cdot 2970}{200} = 11,981 \cdot 10^{-14} \Phi$$

$$3) C_{теор} = \frac{\epsilon_0 \epsilon S}{d} = \frac{8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 1 \cdot 812,25 \cdot 10^{-4}}{0,06} = 10,675 \cdot 10^{-14} \Phi$$

4) расчеты погрешностей:

$$\Delta E_{теор.} = E_{теор.} \left( \frac{\Delta U}{U} + \frac{\Delta d}{d} \right) = 3333,33 \cdot \left( \frac{1}{200} + \frac{5 \cdot 10^{-4}}{0,12} \right) = 24,76$$

$$\Delta C_{эксп.} = C_{эксп.} \left( \frac{\Delta E}{E} + \frac{\Delta U}{U} \right) = 11,981 \cdot 10^{-14} \cdot \left( \frac{4,75 \cdot 10^{-15}}{1666,7} + \frac{1}{200} \right) = 2,85 \cdot 10^{-14}$$

$$\Delta C_{теор.} = C_{теор.} \cdot \left( \frac{\Delta d}{d} \right) = 10,675 \cdot 10^{-14} \cdot \left( \frac{5 \cdot 10^{-4}}{0.12} \right) = 3,12 \cdot 10^{-14}$$

$$\sigma_{E_{теор.}} = E_{теор.} \cdot \sqrt{\left( \frac{\sigma_U}{U} \right)^2 + \left( \frac{\sigma_d}{d} \right)^2} = 3333,33 \cdot \sqrt{\left( \frac{1}{200} \right)^2 + \left( \frac{5 \cdot 10^{-4}}{0.12} \right)^2} = 8,542$$

$$\sigma_{C_{эсп.}} = C_{эсп.} \cdot \sqrt{\left( \frac{\sigma_{Em}}{E_r} \right)^2 + \left( \frac{\sigma_U}{U} \right)^2} = 11,981 \cdot 10^{-14} \cdot \sqrt{\left( \frac{10,848}{1666,7} \right)^2 + \left( \frac{1}{200} \right)^2} = 3,23 \cdot 10^{-14}$$

$$\sigma_{C_{теор.}} = C_{теор.} \cdot \sqrt{\left( \frac{\sigma_d}{d} \right)^2} = 10,675 \cdot 10^{-14} \cdot \sqrt{\left( \frac{5 \cdot 10^{-4}}{0.12} \right)^2} = 2,531 \cdot 10^{-14}$$

### 3. Окончательные результаты.

Представлены в таблицах 1, 2, т.к. каждому значению напряжения соответствует свой результат.

## VII. Анализ полученного результата.

В лабораторной работе были определены экспериментальная и теоретическая электроемкости плоского конденсатора, и построены графики зависимостей напряженности и электроемкости от расстояния между пластинами. Изначальные предположения подтвердились, и действительно напряженность электрического поля и электроемкость конденсатора находятся в обратно-пропорциональной зависимости от расстояния между пластинами, что подтверждается из расчетов экспериментальных величин.