

Лабораторная работа №12*

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ

Цель работы – найти и построить эквипотенциальные поверхности и силовые линии электрического поля между двумя электродами произвольной формы; определить напряжённость и потенциал в некоторых точках поля.

Приборы и принадлежности: плоская ванна из пластмассы с токопроводящей жидкостью (водой), генератор звуковых частот ЗГ, вольтметр V.

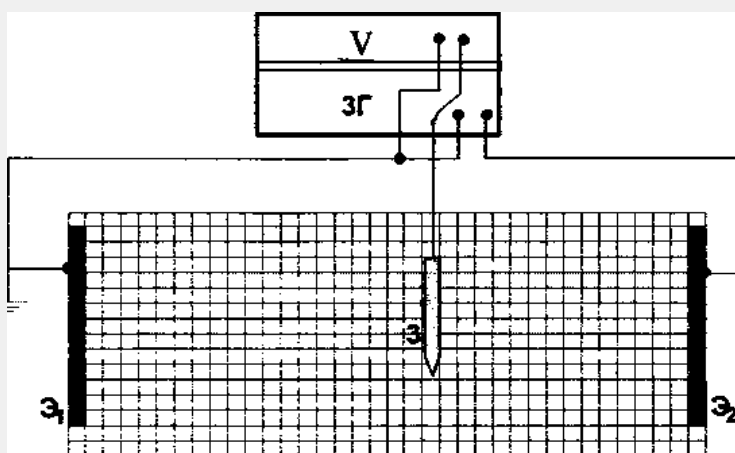
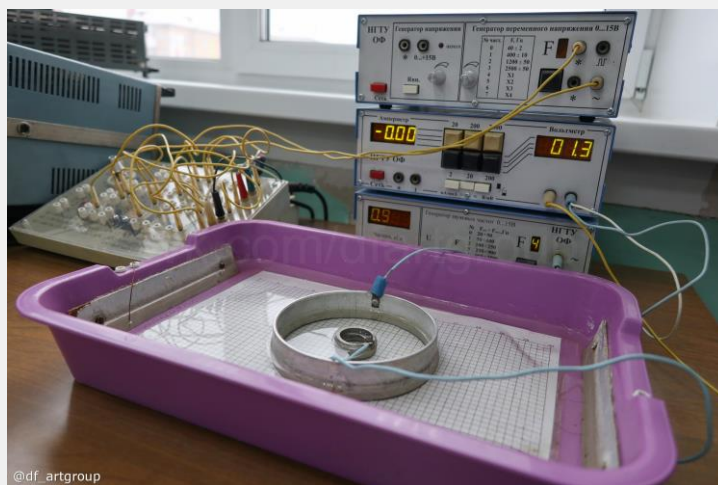


Рис. 1. Установка для исследования электростатических полей
(З – зонд, Э₁ и Э₂ – электроды)

$$E = \frac{|\Delta\varphi|}{d}, \quad (1)$$

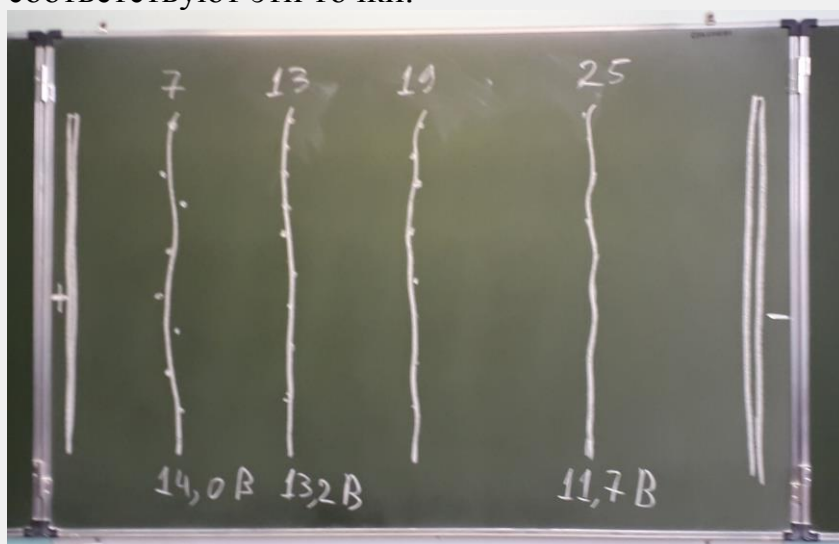
где $\Delta\varphi$ – разность потенциалов двух соседних эквипотенциальных кривых; d – расстояние между этими кривыми вдоль силовых линий электростатического поля.

Упражнение №1

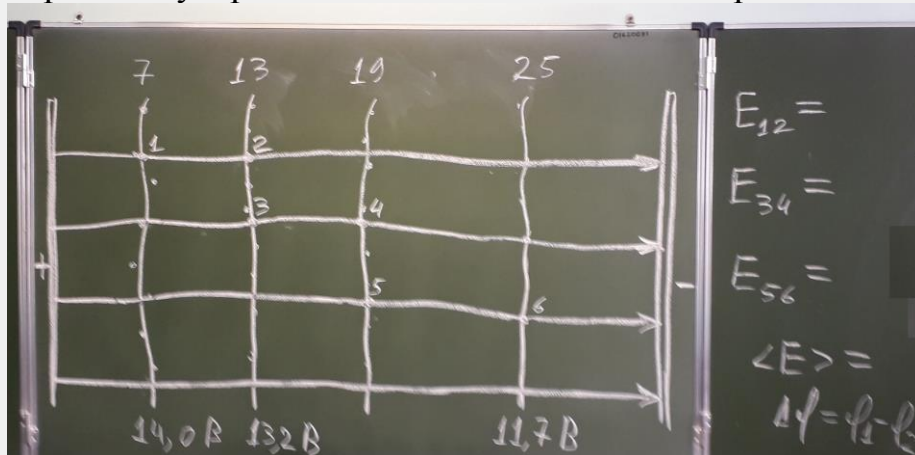
Исследование однородного электрического поля

1. Расчертить в тетради масштабную сетку, подобную той, которая нанесена на дне ванны (в нашем примере, это прямоугольник размером $28\text{ см} \times 18\text{ см}$), и отметить на ней положение электродов $\mathcal{E}_1$ и $\mathcal{E}_2$ (рис.1).

2. Поместить зонд 3 (см. рис. 1) между электродами $\mathcal{E}_1$ и $\mathcal{E}_2$ вблизи электрода $\mathcal{E}_1$ (зонд при измерениях держать вертикально). С помощью вольтметра найти точки (8-10 точек), имеющие одинаковый потенциал. Перенести координаты найденных точек на масштабную сетку и соединить их плавной линией, указыв под ней потенциал, которому соответствуют эти точки.



3. Перемещая зонд к электроду $\mathcal{E}_2$, построить ещё три эквипотенциальные кривые (всего должно получиться 4 кривые). По изменению значений потенциала определить знаки электродов (соответственно, «+» и «-»). На основании полученных эквипотенциальных кривых провести 4 силовые линии, идущие перпендикулярно этим эквипотенциальным кривым.



4. По формуле (1) рассчитать напряжённости электрического поля E_{12} , E_{34} , E_{56} , между выбранными точками 1–2, 3–4, 5–6 и определить среднее значение напряжённости электрического поля $\langle E \rangle$.

5. Рассчитать абсолютную (ΔE) и относительную (ε_E) погрешности результатов вычисления напряжённости электрического поля. Предварительно вывести формулу для расчёта ε_E (Указание: для вывода формулы воспользоваться образцами решения Примера 2 способ 2, стр. 12-14 л/р 1 (1 семестр)). При расчёте ε_E и ΔE принять 1) $\Delta d = 1 \text{ мм} = 0,001 \text{ м}$, $\Delta(\Delta\varphi) = \frac{0,1 \text{ В}}{2} = 0,05 \text{ В}$; 2) в качестве $\langle d \rangle$, $\langle \Delta\varphi \rangle$ взять значения d и $\Delta\varphi$ для одного из участков 1–2, 3–4 или 5–6.

(!!!) Расчёт погрешностей производят студенты, претендующие на оценку 4-5.

Указание. Студенты, по каким-либо причинам не имеющие возможности выполнить измерения в лабораторных условиях, с разрешения преподавателя могут воспользоваться заготовками с уже обозначенными на них точками с одинаковыми потенциалами (рис. 2, 3). Изображения из заготовок вы переносите в свою тетрадь, плавно строите эквипотенциальные кривые и силовые линии, идущие перпендикулярно этим эквипотенциальным кривым.

Упражнение №2

Исследование формы неоднородных полей

1. Расчертить в тетради масштабную сетку, подобную той, которая нанесена на дне ванны (в нашем примере, это прямоугольник размером $28 \text{ см} \times 18 \text{ см}$). С помощью концентрических окружностей радиусов R_1 и R_2 , соответственно, изобразить на масштабной сетке электроды цилиндрической формы (см. фото рис. 1).

2. Поместить зонд 3 между электродами вблизи одного из них (зонд при измерениях держать вертикально). С помощью вольтметра найти точки (20-24 точки), имеющие одинаковый потенциал. Перенести координаты найденных точек на масштабную сетку (см. в качестве примера рис. 4, 5) и соединить их плавной линией, указывая потенциал, которому соответствуют эти точки.

3. Перемещая зонд к другому электроду, построить ещё одну эквипотенциальную кривую (всего должно получиться 2 замкнутые кривые). По изменению значений потенциала определить знаки электродов (соответственно, «+» и «-»).

4. По полученной картине эквипотенциальных кривых провести 6–8 силовых линий, идущих от одного электрода круглой формы (цилиндра) к другому, т. е. от электрода со знаком «+» к электроду со знаком «–».

5. По формуле (1) рассчитать напряжённости электрического поля E_{12} , E_{34} , E_{56} , между произвольно выбранными точками 1–2, 3–4, 5–6, расположенными вдоль силовых линий поля между эквипотенциальными кривыми, и определить среднее значение напряжённости электрического поля $\langle E \rangle$.

На оценку «4-5» вычислить абсолютную (ΔE) и относительную (ε_E) погрешности результатов вычисления напряжённости.

Указание. Студенты, по каким-либо причинам не имеющие возможности выполнить измерения в лабораторных условиях, с разрешения преподавателя могут воспользоваться заготовками с уже обозначенными на них точками с одинаковыми потенциалами (рис. 4, 5).

Контрольные вопросы

1. Физический смысл напряжённости и потенциала электрического поля и связь между ними. Градиент потенциала.
2. Силовые и эквипотенциальные линии поля. Их основные свойства.
3. Влияние формы электродов на характер электростатического поля (объяснить на примере картины поля экспериментальной установки).
4. Определение потенциала и напряжённости электрического поля в данной работе.

Заготовка (Упражнение № 1) для Варианта 1 (все нечётные варианты)

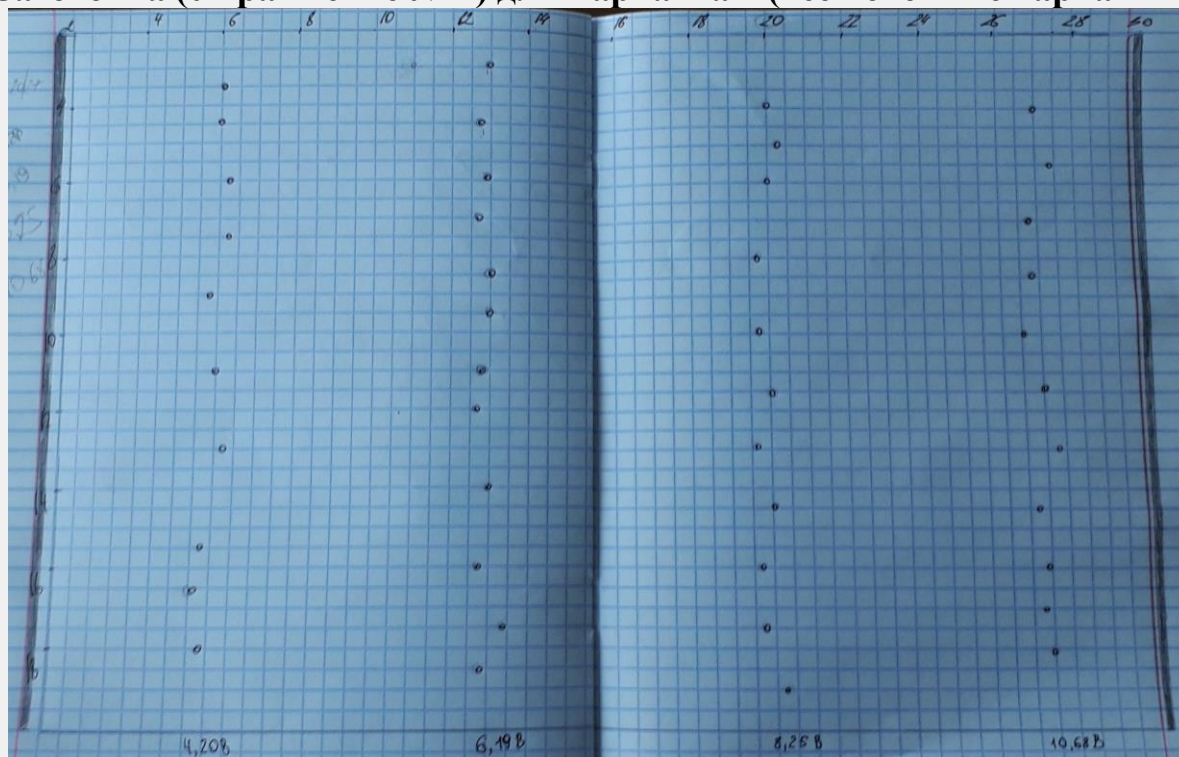


Рис. 2

Заготовка (Упражнение № 1) для Варианта 2 (все чётные варианты)

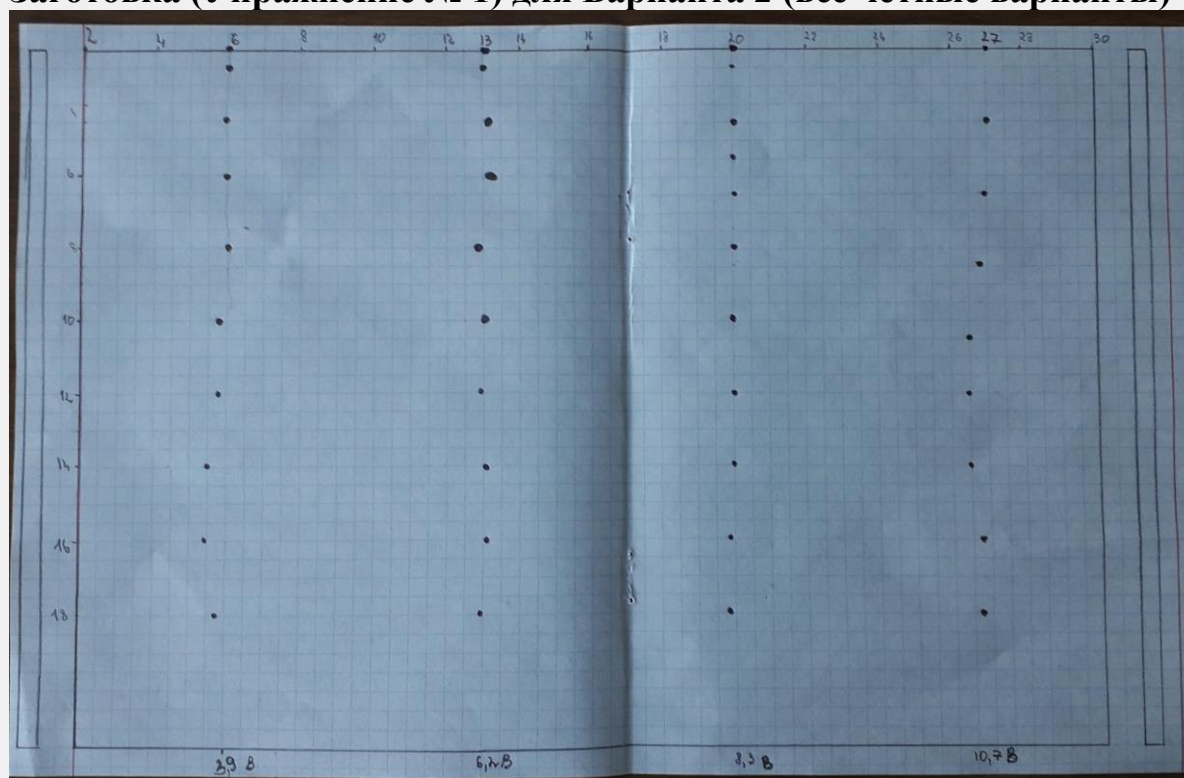


Рис. 3

Заготовка (Упражнение № 2) для Варианта 1 (все нечётные варианты)

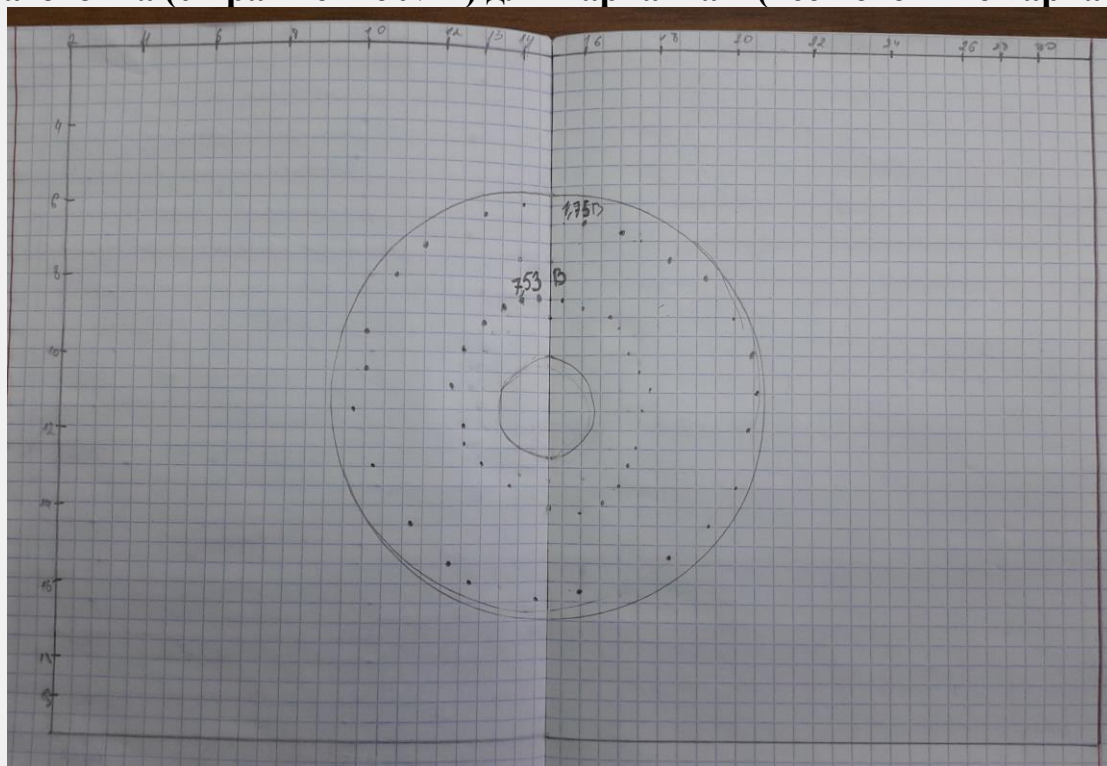


Рис. 4

Заготовка (Упражнение № 2) для Варианта 2 (все чётные варианты)

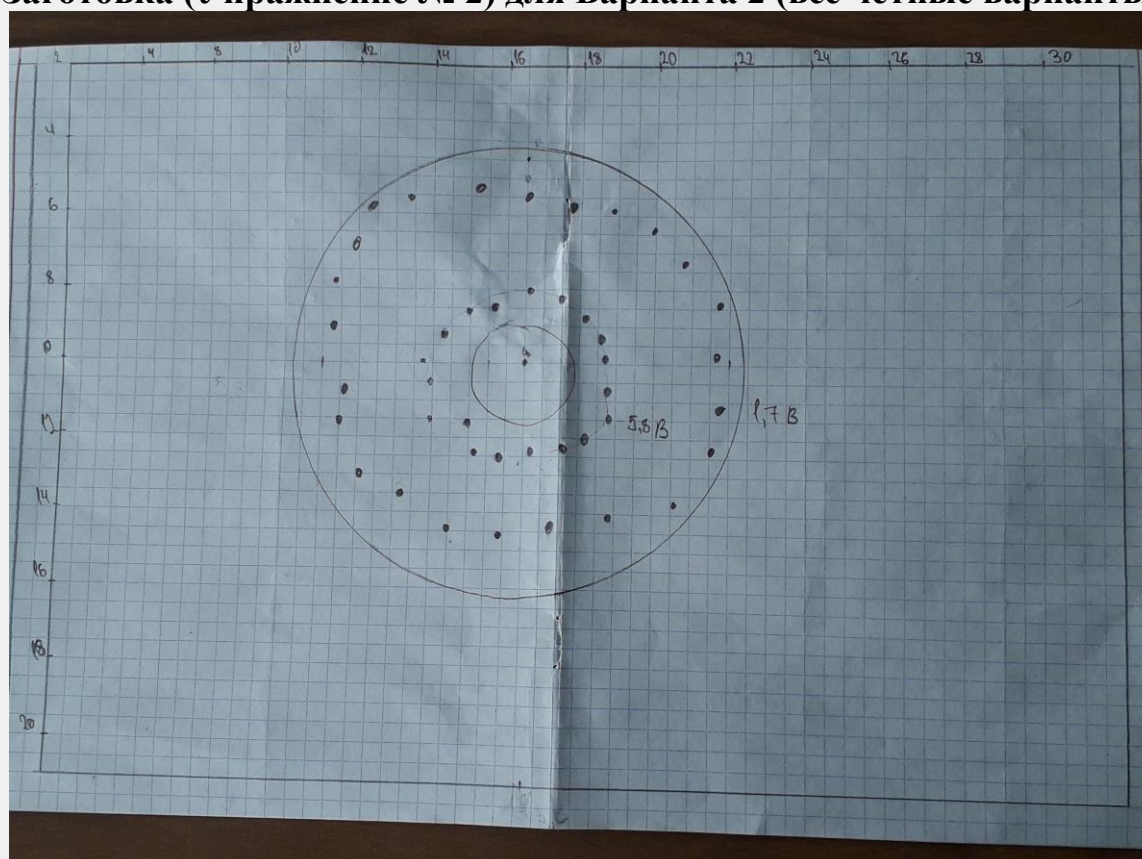


Рис. 5