

Группа \_\_\_\_\_ Р3110 \_\_\_\_\_ Дата и время измерений \_\_\_\_\_

Студент Щербаков Александр Валерьевич Работа выполнена \_\_\_\_\_

Преподаватель Коробков Максим Петрович Отчет принят \_\_\_\_\_

# Рабочий протокол и отчет по лабараторной работе № 3.01

## Изучение электростатического поля методом моделирования

### 1. Цель работы

Построение сечений эквипотенциальных поверхностей и силовых линий электростатического поля на основе экспериментального моделирования распределения потенциала в слабопроводящей среде

### 2. Задачи решаемые при выполнении работы.

1. Проведение измерений потенциала электрического поля
2. Построение сечения эквипотенциального поля по полученным данным
3. Построение графиков зависимости потенциала от координаты для двух экспериментов
4. Формулировка выводов

### 3. Объект исследования

Электростатическое поле

### 4. Метод экспериментального исследования

Метод моделирования

### 5. Рабочие формулы и исходные данные

$\langle E_{12} \rangle \cong \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{\ell_{12}}$ , - средняя напряженность между двумя точками, лежащими на одной силовой

линии

$$\vec{E}(\vec{r}) = \frac{\vec{F}(\vec{r})}{q}, \quad - \text{ вектор напряженности}$$

$$\varphi(\vec{r}) = \frac{W_{\Pi}(\vec{r})}{q}, \quad - \text{ вектор потенциала в данной точке}$$

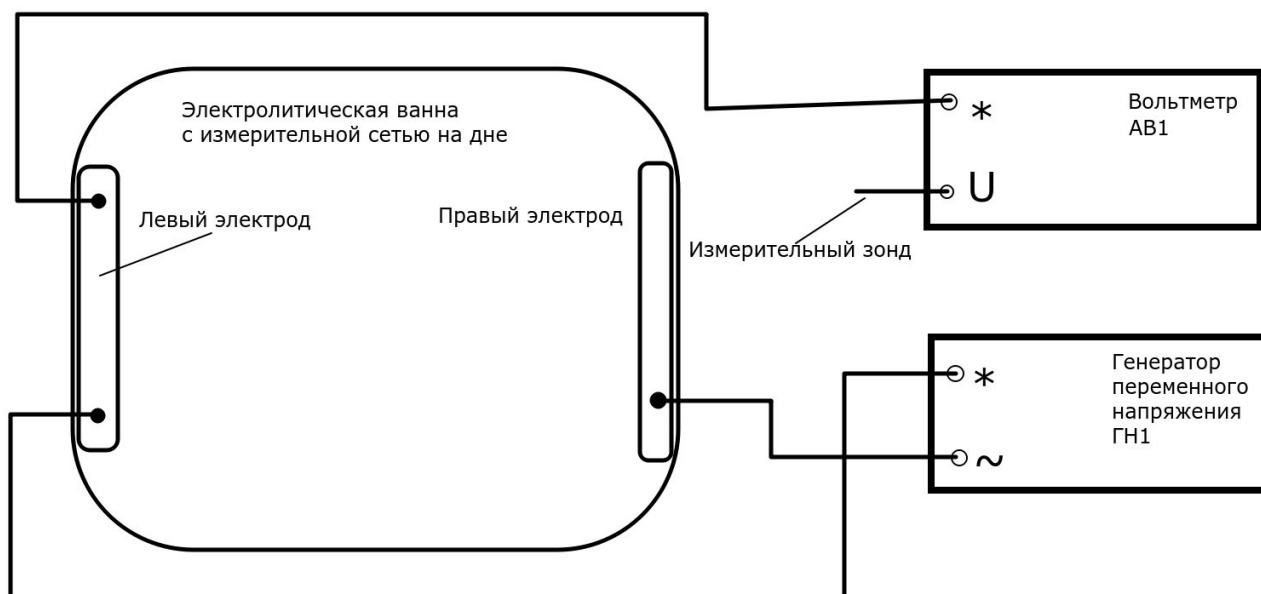
$$\vec{E} = -\text{grad } \varphi \equiv -\vec{\nabla} \varphi,$$

$$\varphi_2 - \varphi_1 = - \int_1^2 \vec{E} d\vec{l}. \quad - \text{ связь напряженности и потенциала электростатического поля}$$

## 6. Измерительные приборы

№ п/п	Наименование	Тип прибора	Измеряемый диапазон	Погрешность прибора
1	Вольтметр	Цифровой	1 — 14 В	0,01 В
2	Разлинованная сеть на дне электролитической ванны	Аналоговый	2 — 18 см 2 — 28 см	2,5 мм

## 7. Схема установки (перечень схем, которые составляют Приложение 1)



## 8. Результаты прямых измерений и их обработки (таблицы, примеры расчетов).

Рисунок 1 – сечение эквипотенциальных поверхностей и силовые линии.

Рисунок 2 – сечение эквипотенциальных поверхностей и силовые линии.

(с помещённым в поле металлическим проводником)

## 9. Расчет результатов косвенных измерений (таблицы, примеры расчетов)

Для модели плоского конденсатора по формуле рассчитаем величину напряженности в центре электролитической ванны и в окрестности одного из электродов.

$$E_{12} = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{l_{12}}$$

$$E_u = \frac{7,25 \text{ В} - 6,25}{0,042} \approx 23,8 \text{ В/м}$$

$$E_{ок} = \frac{11,25 \text{ В} - 10,25 \text{ В}}{0,018 \text{ м}} \approx 55,5 \text{ В/м}$$

Оценим поверхностную плотность электрического заряда на электродах

$$\sigma' \approx -\varepsilon_0 \frac{\Delta \varphi}{\Delta l_n}$$

$$\sigma'_1 \approx -8,85 \cdot 10^{-12} \frac{2,25}{0,03} = 7,5 \cdot 10^{-10} \frac{\text{Кл}}{\text{м}^2}$$

$$\sigma'_2 \approx -8,85 \cdot 10^{-12} \frac{1,25}{0,022} = 5,6 \cdot 10^{-10} \frac{\text{Кл}}{\text{м}^2}$$

Для конфигурации поля при наличии проводящего кольца найдём на построении области с минимальной  $E_{min}$  и максимальной  $E_{max}$  напряженностью.

$$E_{min} = 0 \text{ В/м} - \text{внутри кольца}$$

$$E_{max} = 275 \text{ В/м} - \text{вблизи внешней окружности кольца}$$

## 10. Расчет погрешности измерений (для прямых и косвенных измерений)

$$E = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{x_{12}} = \frac{a}{b} \quad \Delta a = \sqrt{\left(\frac{\partial a}{\partial \varphi_1} \Delta \varphi_1\right)^2 + \left(\frac{\partial a}{\partial \varphi_2} \Delta \varphi_2\right)^2} = \sqrt{\Delta \varphi_1^2 + \Delta \varphi_2^2} \quad \Delta a \approx \Delta \varphi \sqrt{2}$$

тогда  $\Delta a = 0,14$

$$\Delta b = \sqrt{\Delta x_1^2 + \Delta x_2^2} = \Delta x \sqrt{2} \quad \text{Тогда} \quad \Delta b \approx 0,0035$$

$$\frac{\Delta E}{E} = \sqrt{\left(\frac{\partial \ln E}{\partial a} \Delta a\right)^2 + \left(\frac{\partial \ln E}{\partial b} \Delta b\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{\Delta a}{a}\right)^2 + \left(\frac{\Delta b}{b}\right)^2} \quad \varepsilon_x = \frac{\Delta E}{E} * 100 \%$$

$$\frac{\Delta E}{E} = \sqrt{\left(\frac{0,14}{4}\right)^2 + \left(\frac{0,0035}{0,095}\right)^2} = 0,051 \quad \varepsilon_x \approx 5,3 \% \text{ и } \Delta E \approx 1,6 - \text{ в центре ванны}$$

$$\Delta E = \sqrt{\left(\frac{0,14}{2}\right)^2 + \left(\frac{0,0035}{0,032}\right)^2} = 0,094 \quad \varepsilon_x \approx 9,4 \% \text{ и } \Delta E \approx 5,4 - \text{ в окрестности электрода}$$

## 11. Графики (перечень графиков, которые составляют Приложение 2)

Рисунок 1 – сечение эквипотенциальных поверхностей и силовые линии

Рисунок 2 – сечение эквипотенциальных поверхностей и силовые линии (с внедрением в поле металлического проводника)

## 12.Окончательные результаты

Напряженность внутри кольца, помещенного в электролитическую ванну, равна нулю, даже когда вне кольца напряженность больше нуля.

Максимальная напряженность была зафиксированна вблизи помещенного в электролитическую ванну кольца.

$$E_{\text{ц}} = (23,8 \pm 0,8) \frac{B}{M}, \varepsilon_x = 3,8 \% , \alpha = 0,95 - \text{ в центре ванны}$$

$$E_{\text{ок}} = (55,5 \pm 1,3) \frac{B}{M}, \varepsilon_x = 3,8 \% , \alpha = 0,95 - \text{ в окрестности одного из электродов}$$

$$E_{\text{min}} = 0 \text{ B/ M} - \text{ внутри кольца}$$

$$E_{\text{max}} = 275 \text{ B/ M} - \text{ вблизи внешней окружности кольца}$$

## 13.Выводы и анализ результатов работы

В ходе лабораторной работы была построена модель электрического поля в виде схемы эквипотенциальных поверхностей и силовых линий электро-магнитного поля.

## 14.Дополнительные задания

## 15.Выполнение дополнительных заданий

## 16.Замечания преподавателя (исправления, вызванные замечаниями преподавателя, также помещают в этот пункт)

1. *curve* *interpolation* *approximation* *with* *linear* *interpolation* *12.50.10* *20*

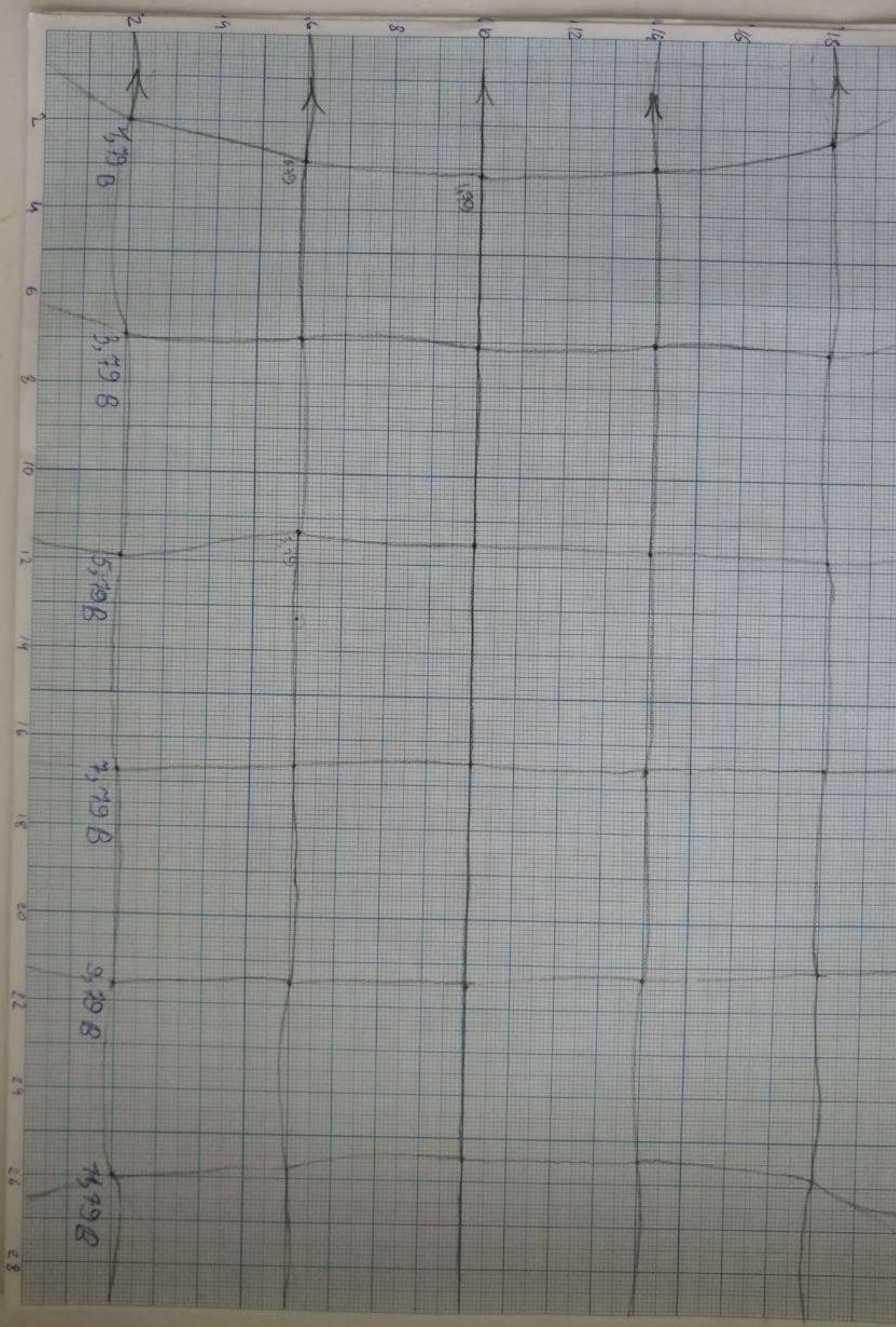
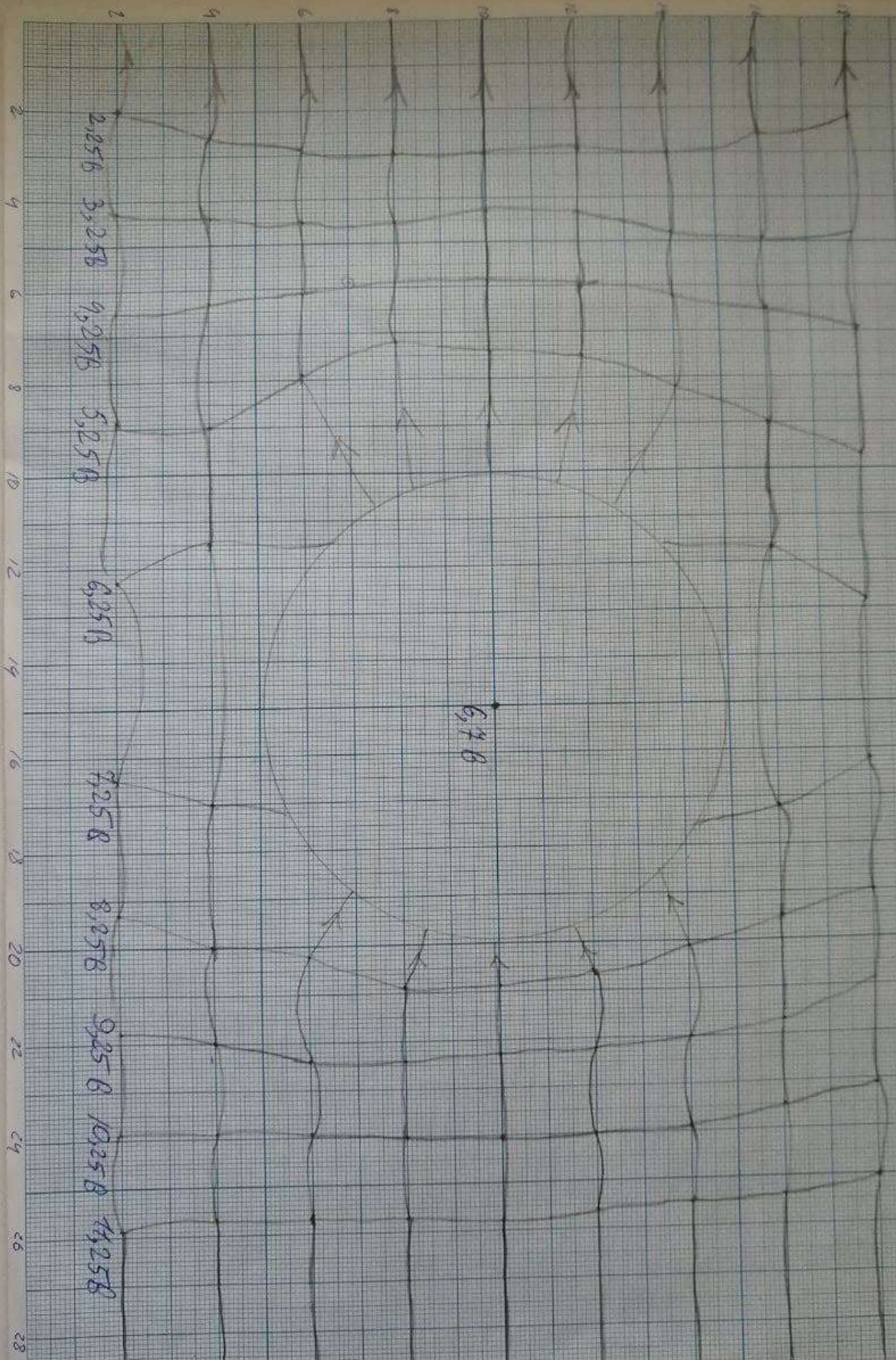




Figure 2. *Effect of initial conditions on the solution of the system of equations*

12.30.10

28





9.1.2020 3. Задание по теме "Среднее арифметическое".

