

**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
имени М. В. Ломоносова**

**Физический факультет  
кафедра общей физики и физики конденсированного состояния**

**Методическая разработка по общему физическому  
практикуму**

**ЭЛЕКТРОННЫЕ ТАБЛИЦЫ ОБРАБОТКИ  
ЗАДАЧ ПРАКТИКУМА**

**Профессор Казей З. А.**

**Москва - 2024**

При выполнении задач практикума часто приходится проводить вычисление величины одной и той же характеристики/функции при различных значениях аргумента, а также стандартные расчеты средних величин и их погрешностей для серии измерений. Эти расчеты значительно упрощаются при использовании программ электронных таблиц *Microsoft Excel* или *LibreOffice Calc*. Модули расчета средних величин и погрешностей для серии измерений, сделанные для одной из задач практикума, далее можно использовать в других задачах, внося в них небольшие изменения. Практические навыки работы с электронными таблицами могут быть полезными в дальнейшей учебной и научной работе студентов, так как они часто используются для первичной обработки экспериментальных данных.

### 1. Общие правила работы с электронными таблицами

Вначале напомним основные правила и особенности работы с электронными таблицами на примере *Электронной таблицы Microsoft Excel* (русифицированная

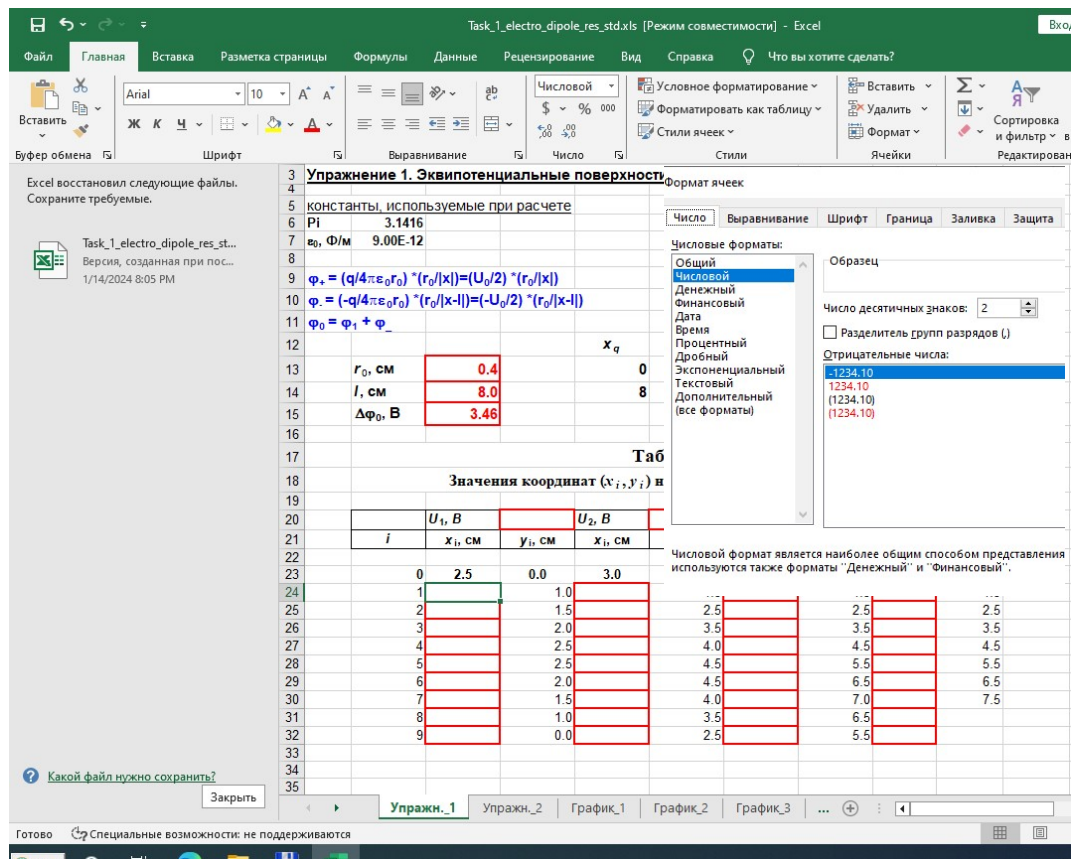


Рис. 1. Образец оформления Таблицы 1 к Задаче 307 для построения эквипотенциальных поверхностей/линий. В выделенные красным цветом ячейки вводятся измеренные значения  $x_i$  для значений  $y_i$  из соседней ячейки. Категория содержимого ячейки (Текстовый/Числовой/...) и формат числа устанавливаются через меню (Формат, Ячейки, Число, ...).

версия). Возможно также использование таблицы для англоязычной версии *Microsoft Excel*.

- Для нумерации ячеек таблицы используется буква столбца и номер строки, например C24. В каждую ячейку таблицы можно ввести текст, число или формулу (категория содержимого изменяется/устанавливается через меню Формат, Ячейки, Число, ...; рис. 1). Содержимое ячейки высвечивается в строке, расположенной под главным меню, при позиционировании курсора на этой ячейке. Например, в ячейки A9, A10, A11 введен текст (формулы в тестовом формате; выделены синим цветом на рис. 1)
- При вводе чисел рекомендуется ограничивать число значащих цифр (не более 2 - 3 избыточных цифр сверх точности измерений; устанавливается через меню Формат, Ячейки, Число, Число десятичных знаков...), а также использовать для величин, которые существенно больше/меньше единицы, представление в виде чисел с плавающей

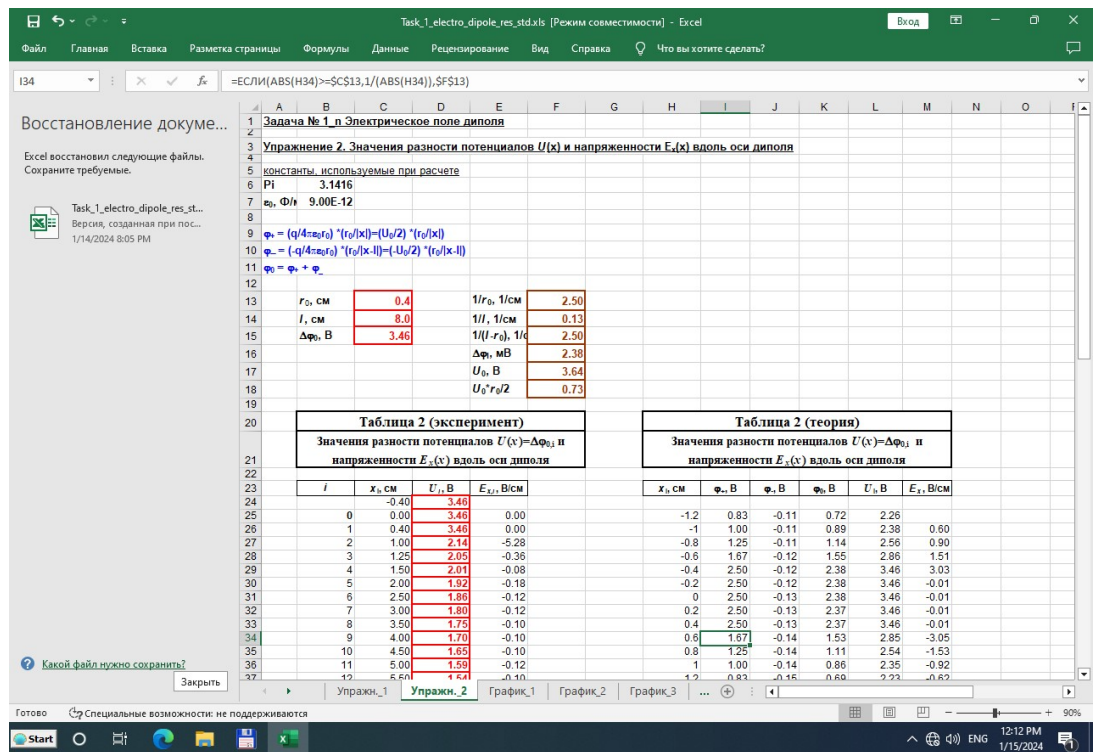


Рис. 2. Образец оформления Таблицы 2 к Задаче 307 для расчета распределения разности потенциала  $U(x)$  и проекции  $E_x(x)$  вектора напряженности вдоль оси диполя. В ячейку I34 введена формула логической категории.

запятой (Формат, Ячейки, Число, Экспоненциальный...). Следует иметь в виду, что неправильное использование десятичного разделителя (в зависимости от системных

установок используется точка или запятая) приводит к ошибкам расчета по формулам. Для удобства дальнейшего использования при заполнении таблиц следует указывать обозначения вводимых констант/величин и единиц их измерения в заголовках столбцов или строк (см. например, строки 20, 21 на рис. 1).

- Для расчета по формулам в *Excel*е имеется широкий набор функций различных категорий (формула начинается со знака =), из которых для наших целей используются только математические, статистические и логические (выбираются через меню Вставка, Функция, Категория, {Математические, Статистические или Логические}).
- При расчете по формулам могут использоваться величины из других ячеек таблицы, для чего в формуле указываются их адреса. Например, в ячейку I34 введена формула логической категории =ЕСЛИ(ABS(H34)>=\$C\$13,1/(ABS(H34)), \$F\$13), по которой вычисляется  $1/|x|$  с использованием содержимого ячейки H34, если точка вне заряженного шарика, в противном случае в ячейку заносится содержимое ячейки \$F\$13, т. е.  $1/r_0$  (рис. 2).
- При вычислении в формуле для первой ячейки H34 указан относительный адрес, а для второй - абсолютный адрес \$F\$13. При копировании этой формулы из ячейки I34,

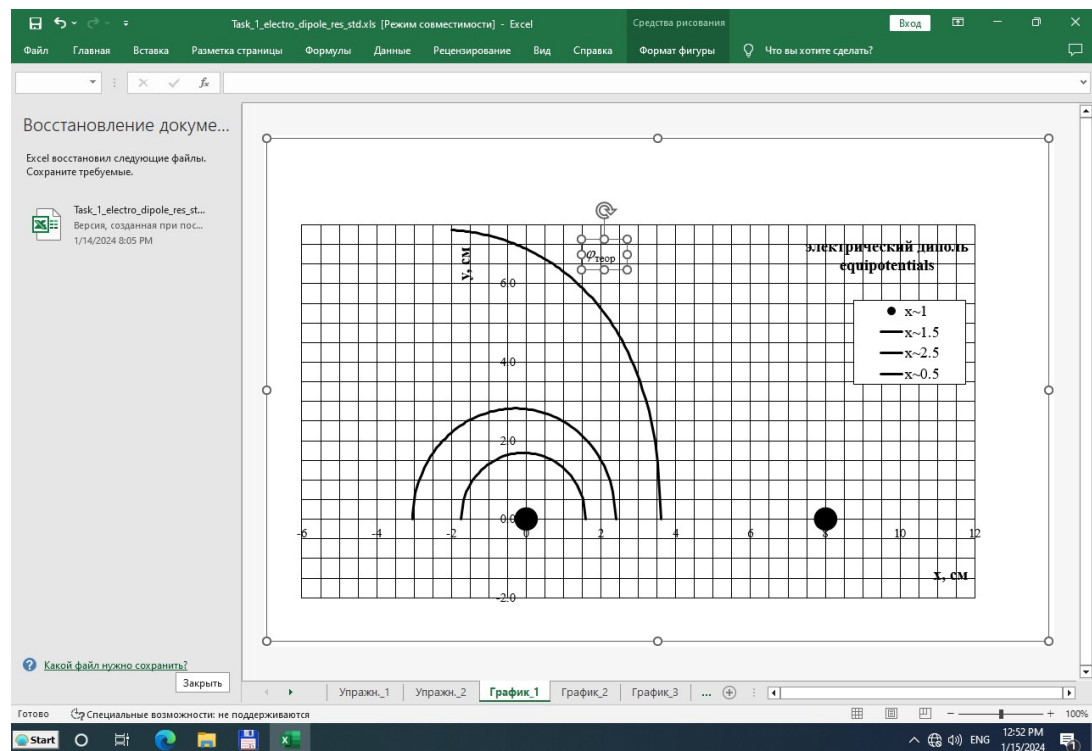


Рис. 3. Образец оформления графика к Упражнению\_1 в Задаче\_1\_n для представления поверхностей/линий равного потенциала электрического диполя

например, в ячейку H38 (Ctrl+C, Ctrl+V), смещенную вниз по столбцу на 4 строки,

относительный адрес I34 изменится на относительный адрес I38 (т. е. также сместится на 4 строки), а абсолютный адрес  $\$F\$13$  останется без изменения. Это позволяет просто проводить однотипные вычисления значений заданной функции (ячейки I25 – I91) при различных значениях аргумента (из ячеек H25 – H91). Таким образом, в ячейках I25 - I91 рассчитывается потенциал  $\varphi_+$  (с точностью до множителя  $U_0r_0/2$ ), создаваемый положительно заряженным шариком. Аналогично, в ячейках J25 - J91 рассчитывается потенциал  $\varphi_-$ , создаваемый отрицательно заряженным шариком, а в ячейках K25 - K91 по принципу суперпозиции результирующий потенциал  $\varphi_0 = \varphi_+ + \varphi_-$ . Результирующая разность потенциалов  $U(x)$ , которая получается умножением на постоянную величину  $U_0r_0/2$  из ячейки  $\$F\$18$ , приведена в ячейках L25 - K91 и сравнивается с экспериментом с экспериментом на Графике\_2 (открытые точки).

- При выполнении некоторых задач практикума требуется представить результаты в графическом виде. Для построения графика нужно выбрать тип графика и задать адреса ячеек с указанием имени листа (...), из которых берутся величины аргумента  $x$  и функции  $y$ . Рекомендуется располагать график на отдельном листе (Вставка, Диаграмма, Точечная, Далее, Далее, отдельном ...), используя всю площадь листа, выбирать подходящие масштабы по осям  $OX$  и  $OY$  и форматы представления чисел, а также указывать на осях обозначения величин и единицы их измерения. В файле электронной таблицы для задачи уже указаны нужные адреса ячеек из Упражнения\_1 для графика Графика\_1 и из Упражнени\_2 для Графика\_2 и Графика\_3. Выбранные адреса ячеек можно видеть (и при необходимости отредактировать) в строке под главным меню, если выбрать курсором любую из кривых на графике. Для удобства использования рекомендуется также применять масштабную сетку средней плотности (Диаграмма, Параметры диаграммы, Линии сетки, основные линии) для одной или двух осей. Образец графика, который по результатам измерений строится в Упражнении\_1 этой задачи, приведен на рис. 3.

## 2. Таблица обработки результатов

Таблицы обработки результатов для различных задач практикума организованы одинаковым образом. Рассмотрим организацию таблицы Задачи 307. “Потенциал и напряженность электростатического поля электрического диполя” (файл Table\_307.xls)

- Каждое упражнение и графики к нему в задаче представлены на отдельном листе, который выбирается внизу экрана (Упражн.\_1, Упражн.\_2, График\_1, График\_2, График\_3).
- Константы, которые могут понадобиться при расчете, типа число  $\pi$ , электрическая постоянная  $\epsilon_0$  и др., приведены в начале листа в единицах системы СИ (см. ячейки B6, B7 на рис. 1) и используются далее в формулах с указанием абсолютных адресов ячеек.
- Параметры ванны и эксперимента ( $r_0, l, \Delta\varphi_0, U_n$ ) вносятся в указанные ячейки на этом и других листах электронной таблицы.
- Измеряемые и рассчитываемые величины вносятся в таблицы, форма которых рекомендована в описании к задаче. Например, в Упражнении 1 для каждого значения  $U_n$  ( $n = 1, 2, 3, 3$ ) и приведенных значений  $y_i$  найденное измеренное значение  $x_i$  вносится в соседнюю ячейку, выделенную красным цветом. Рекомендованные значения  $y_i$  в Упражн. 1 или  $x_i$  в Упражн. 2 без необходимости изменять не требуется.
- В Упражн. 2 кроме экспериментальных данных проводятся также расчеты потенциала вдоль оси диполя и сравниваются с результатами измерения из Таблицы\_2. Для расчета вначале нужно внести параметры ванны и эксперимента ( $r_0, l, \Delta\varphi_0$ ) в указанные ячейки на этом листе электронной таблицы. В ячейках, выделенных коричневым цветом, будут представлены величины, необходимые для расчетов по формулам (18) из описания. Пояснение смысла и расчет величин, приведенных в колонках  $\varphi_+$ ,  $\varphi_-$ ,  $\varphi_0$  и др. дается в описании.