

Лабораторная работа 3(ФТТ)
ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ СОПРОТИВЛЕНИЯ
ПОЛУПРОВОДНИКОВ ОТ ОСВЕЩЕННОСТИ

1. Прочитать в методичке 22-50: стр. 5-14.

2. Прочитать в файле: «ФТТ_Лр1 – Лр3»: «Лабораторная работа 3»

3. Пункт: «3.3. Порядок выполнения работы», начиная с пп. 3.3.4 выполнить, используя ПК и приложение Excel, в редакции, приведенной ниже.

(Самостоятельно выполненный отчет будет оценен до 4-х баллов вместо обычных 2-х.)

3.3. Порядок выполнения работы

3.3.1 ... 3.3.3 – не изменились.

3.3.4. Создать в Excel таблицу (ячейки не объединять!):

Таблица результатов измерений и расчетов.

21в Сидоров Сидор Лр3(ФТТ)				$I_b =$		КД, $U =$		В, $S_{\text{мм}^2} =$	
					x_i	y_i	$(x_i)^2$		$(\Delta y_i)^2$
№ п/п	r , см	$I_{\text{св}}$, мкА	E , лк	R , кОм	r^2 , м ²	R , МОм	r^4 , м ⁴	$R_{\text{теор}}$, МОм	$(\Delta R_i)^2$, МОм ²
1									
2									
3									
...									
N									
				$\langle k \rangle =$		МОм/м ²	$\Delta_k = \Sigma(x_i)^2 =$		$S = \Sigma(\Delta y_i)^2 =$

и внести экспериментальные данные r и $I_{\text{св}}$, а также значения I_b , U и $S = 28 \text{ мм}^2$ в соответствующие ячейки, выделенные желтым цветом в первой строке таблицы.

3.3.5. Вычислить E фотоэлемента по формуле:

$$E = I_b / r^2 \quad (3.2)$$

где $I_b = P$ (мощности лампы накаливания) – для экспериментальной установки №1;

$I_b = I_{\text{сд}}$ (сила света светодиода) – для экспериментальной установки №2,

для чего в ячейку «1- E » (1-я строка колонки « E , лк») набрать формулу: $= I_b / r^2 / 1\text{E}-4$ (**Важно: E – латиница**), где вместо I_b поставить ссылку на ячейку со значением « I_b » в первой строке таблицы (выделена желтым цветом), вместо r поставить ссылку на ячейку «1- r »; затем заполнить колонку « E », для чего «протянуть» ячейку «1- E » за нижний правый угол до жирной линии.

(Важно: ссылка на « I_b » должны быть набрана как фиксированная (неподвижная).)

3.3.6. Вычислить значения сопротивления фотоэлемента по закону Ома ($R = U / I_{\text{св}}$), для чего в ячейку «1- R ,кОм» (1-я строка колонки « R , кОм» оливкового цвета) набрать формулу: $= U / I_{\text{св}} / 1\text{E}-3$, где вместо U поставить ссылку на ячейку со значением « U » в первой строке таблицы (выделена желтым цветом), вместо $I_{\text{св}}$ поставить ссылку на ячейку «1- $I_{\text{св}}$ »; затем заполнить колонку « R », для чего «протянуть» ячейку «1- R » за нижний правый угол до жирной линии.

(Важно: ссылка на « U » должны быть набрана как фиксированная (неподвижная).)

3.3.7. Построить график $R = R(E)$. Для этого выделить одним прямоугольником значения двух колонок « E » и « R » (оливковый цвет), в меню «Вставка», «Диаграммы» выбрать «График», «Все типы диаграмм», «Точечная» (Точечная с гладкими кривыми и маркерами) и нажать «ОК».

3.3.8. Вычислить значения квадрата расстояния r^2 , для чего в ячейку «1- r^2 » (1-я строка колонки « r^2 , м²») набрать формулу: $=r^2*1E-4$ (**Важно: Е – латиница**), где вместо r поставить ссылку на ячейку «1- r »; затем заполнить колонку « r^2 , м²», «протянув» ячейку «1- r^2 , м²» за нижний правый угол до жирной линии. Аналогичным образом заполнить колонку « R , МОм» по формуле: $=\text{'ссылка на ячейку «1- R , кОм»'}/1E3$ (**Важно: Е – латиница**).

3.3.9. Построить график $R = R(r^2)$ и аппроксимировать его функцией $y = k x$ *методом наименьших квадратов*. Для этого выделить одним прямоугольником значения двух колонок « r^2 , м²» и « R , МОм» (лиловый цвет), в меню «Вставка», «Диаграммы» выбрать «График», «Все типы диаграмм», «Точечная» (Точечная с маркерами) и нажать «ОК». Навести мышку на любую точку (кружок, квадратик) точечного графика и нажать правую кнопку мыши. В выпадающем меню выбрать «Добавить линию тренда» и в открывшемся окне выбрать «Линейная» и поставить «галочки» внизу окна во всех трех квадратах: «пересечение кривой с осью Y в точке: 0,0», «показывать уравнение на диаграмме» и «поместить на диаграмму величину достоверности аппроксимации (R^2)». Нажать «Заккрыть».

3.3.10. Внести в самую нижнюю строку таблицы среднее значение параметра аппроксимации $\langle k \rangle$ (синяя ячейка), которое вычислено программой и показано на графике как коэффициент в уравнении прямой. Второе число на графике (R^2) характеризует качество проведенных измерений, его нужно указать в «Выводе» в конце «Отчета»: $R^2 > 0,99$ – эксперимент выполнен качественно, $R^2 < 0,96$ – эксперимент проведен небрежно, $0,96 < R^2 < 0,99$ – среднее качество эксперимента.

3.3.11. Для вычисления погрешности параметра $\langle k \rangle$ необходимо сначала заполнить оставшиеся три столбца таблицы (до жирной линии):

- $(x_i)^2$ вычислить по формуле: $= (x_i)^2$, где вместо x_i поставить ссылку на ячейку «1- r^2 »;
- $R_{\text{теор}}$ – по формуле: $= k * x$, где вместо $\langle k \rangle$ поставить ссылку на ячейку со средним значением $\langle k \rangle$ (синяя ячейка), а вместо $\langle x \rangle$ – ссылку на ячейку «1- r^2 » ;

(Важно: ссылка на $\langle k \rangle$ должна быть набрана как фиксированная (неподвижная).)

- $(\Delta y_i)^2$ – по формуле: $= (R - R_{\text{теор}})^2$, где вместо R и $R_{\text{теор}}$ поставить ссылки на ячейки «1- R » и «1- $R_{\text{теор}}$ » соответственно,

затем заполнить оставшиеся 2 «зеленых» ячейки ($\Delta_k = \Sigma(x_i)^2$ и $\Sigma(\Delta y_i)^2$) суммами расположенных над ними N чисел, и, наконец, заполнить последние две «синие» ячейки:

- Δ_k вычислить по формуле (19) из 22-50, а входящие в них величины уже вычислены и вставляются в формулу ссылками на «красную» и две «зеленых» ячейки;
- Δy вычисляется по формуле (44) из 22-50, а входящие в них величины уже вычислены и вставляются в формулу ссылками на третью «зеленую» ячейку ($S = \Sigma(\Delta y_i)^2$) и «красную» (N).

3.3.12. Справа от графика выделить рамками две строки по шесть ячеек в каждой и заполнить их по образцу:

$k = ($		\pm		$) \text{ МОм/м}^2,$	$\varepsilon_p =$
$K = ($		\pm		$) \text{ мкА/лм},$	$\varepsilon_K =$

3.3.13. Осталось выполнить заключительные расчеты и их результаты вписать в ячейки только что сделанных «рамочек»:

$\langle k \rangle$ – среднее значение параметра k (оно уже вычислено программой и вписано в таблицу) – вставить ссылку на «синюю» ячейку $\langle k \rangle$;

Δk – абсолютная погрешность, вычисляется по формуле $\Delta k = \sqrt{\frac{\sum (\Delta y_i)^2}{\Delta_k (N-2)}}$, которая получается

из формулы (25) с учетом (23) из 22-50, а входящие в них величины уже вычислены и вставляются в формулу ссылками на две «зеленых» и «красную» ячейки;

ε_p – относительная погрешность, вычисляется по хорошо известной формуле: $= \Delta k / \langle k \rangle$, а входящие в нее величины только что вписаны в ответ и вставляются в формулу в виде соответствующих ссылок; чтобы результат был представлен в процентах, нужно на вкладке «Главная» - «Число» нажать на кнопку «%»;

K – интегральная чувствительность, вычисляется по формуле $K = \frac{U}{k I_v S}$, которая выводится в

одно действие из формулы п. 3.3.7 из файла «ФТТ_Лр1 – Лр3.pdf», а входящие в нее величины вставляются ссылками на соответствующие ячейки (три «желтых» и «синюю»);

ΔK – абсолютная погрешность, вычисляется по формуле:

$$\Delta K = K \sqrt{\left(\frac{\Delta U}{U}\right)^2 + \left(\frac{\Delta k}{k}\right)^2 + \left(\frac{\Delta I_v}{I_v}\right)^2 + \left(\frac{\Delta S}{S}\right)^2},$$

где $\Delta U = 0,075$ В (при $U = 7,0 \dots 7,5$ В) и $\Delta U = 1,0$ В (при $U = 30 \dots 40$ В);

$\Delta I_v = 0,05$ кд (для светодиода) и $\Delta I_v = 0,5$ кд (для лампы накаливания);

$\Delta S = 0,5$ мм²;

ε_K – относительная погрешность, вычисляется по хорошо известной формуле: $= \Delta K / \langle K \rangle$, а входящие в нее величины только что вписаны в ответ и вставляются в формулу в виде соответствующих ссылок; чтобы результат был представлен в процентах, нужно на вкладке «Главная» - «Число» нажать на кнопку «%».

3.3.14. Результат внести в отчет, сделать вывод, в том числе о качестве проведенных измерений, используя параметр R^2 .

При сдаче отчета предъявить файл с расчетами!