Возможные решения
9 класс

Задача 1. Звезда в сером ящике

Решение 1.

В данной задаче достаточно просто перебрать все попарно возможные выходы омметром или, по крайней мере, шесть различных комбинаций. Так как количество независимых уравнений равно или больше количества неизвестных, и система уравнений линейна, то она разрешима. При таком варианте решения, результаты прямых измерений должны выглядеть примерно так

Сопротивление между выводами i и j	1	2	3	4	5	6
1	—	500	500	1000	1500	1000
2		—	1000	1500	2000	1500
3			—	1500	2000	1500
4				—	2500	2000
5					—	2500
6						—

Здесь на пересечение, например, 3 строки и 4 столбца записано сопротивление между выводами 3 и 4, измеренное омметром, выраженное в омmах.

Можно также заметить, что система из шести уравнений разбивается на две независимые подсистемы по три уравнения — сопротивления между выводами: 1) 1 и 2, 2 и 3, 1 и 3; 2) 4 и 5, 5 и 6, 6 и 4.

Таким образом, достаточно было провести измерения, соответствующие таблице

Сопротивление между выводами i и j	1	2	3	4	5	6
1	—	500	500			
2		—	1000			
3			—	1500	2000	1500
4				—	2500	2000
5					—	2500
6						—

Решив первую, получим

$$R_1 = 0\ \text{Ом}, \qquad R_2 = R_3 = 500\ \text{Ом}.$$

Аналогично решив вторую, получим

$$R_4 = R_6 = 1000\ \text{Ом}, \qquad R_5 = 1500\ \text{Ом}.$$

Решение 2. Второе решение состоит в том, что по комбинации выводов 1–2 и 2–3 можно сделать вывод, что $R_2 = R_3$. А из комбинации 2–3 и того факта, что $R_{12}+R_{13} = R_{23}$ следует, что $R_1 = 0$. Далее, померив все остальные выводы в комбинации с выводом один, получаем все значения сопротивлений.

Рекомендации организаторам

Для того, чтобы второе решение можно было легко увидеть, сопротивления К2 и К3 действительно должны быт При оценке работ следует исходить из тех установок, которые собраны у вас — имеет смысл составить таблицу с номером установки и значением всех сопротивлений.

Критерии оценивания

Каждое прямое измерение пары выводов (не более 5 баллов) 0,5

Решение в виде линейной системы уравнений, или же измерение всех остальных через вывод номер 1 (решения 1 и 2 сответственно) 4

Каждое полученное сопротивление, с погрешностью не более 5% (всего 6 баллов) 1

Каждое полученное сопротивление, с погрешностью большей, чем 5%, но не более 10% 0,5

Примечание. Школьник может замкнуть некоторые провода при измерении, но это не принесет особой пользы. Тем не менее, при оценке стоит исходить из тех же соображений — за каждое независимое измерение — 1 балл, за систему *независимых* уравнений (какие бы они ни были) — 3 балла, и те же баллы за численные результаты.

Задача 2. Муаровы полосы

Периоды решеток должны быть 1,94 мм и 2,04 мм соответственно, а разница 0,1 мм.

1. Для определения λ/d_1 достаточно просто посчитать количество маленьких белых полос (или черных) от одного минимума яркости до другого. Если посчитать это число для трех-четырех больших максимумов, то можно получить довольно точное значение $\lambda/d_1 \approx 20{,}5$.

2. Период интенсивности сетки Муара, вычисляется по формуле

$$\lambda = d_1 \frac{d_2}{\Delta d},$$

которая может быть получена из того соображения, что каждый раз толстая полоса наслаивается на Δd на следующую маленькую полосу. Таким образом, минимум яркости будет тогда, когда большая полоса закроет маленькую точно также, то есть через $d_1/\Delta d$ толстых полос. Ширина толстой полосы, в свою очередь, d_2, откуда и получаем формулу для периода. Считая $\Delta d = d_2 - d_1$, получим

$$\frac{d_2}{d_1} = \frac{1}{1 - \dfrac{d_1}{\lambda}} \approx \left(1 + \frac{d_1}{\lambda}\right).$$

Отношение это, однако, может быть получено путем простого совмещения тонких и толстых полос, и подсчетом их количества на одну и ту же единицу длины. Реальное значение $\approx 1{,}05$.

3. Чтобы найти Δd, можно воспользоваться формулами

$$\frac{\Delta d}{d_1} = \frac{d_2}{d_1} - 1$$

и

$$\frac{d_2}{d_1} = \frac{\lambda}{\lambda - d_1},$$

откуда

$$\frac{\Delta d}{d_1} = \frac{\lambda}{\lambda - d_1} - 1.$$

Численное значение $\approx 0{,}05$.

4. Выстроим листы ровно, так, чтобы сетка Муара была перпендикулярна длинам листов. Сдвинем их вдоль так, чтобы край полосы (или центр) приходился на нашу точку, которую мы проткнем булавкой. Таким образом, при повороте, сдвигая 0 транспортира ЗА приклееный лист, с одной стороны, можно померить малый угол α по границе листа, а с другой - большой угол φ, по границе(или центру) выбранной полосы. Отметим, что на самом деле, так как лист с мультифорой двигался — а значит, двигался и транспортир, то угол, который мы получаем при прямых измерениях — $\varphi - \alpha$. Снимаем данные и строим график, значение углового коэффициента которого $C = 14$ рад$^{-1}$.

Отметим, что из теории

$$\operatorname{tg}\varphi = (\lambda\, a)/d. \tag{1}$$

Примечание. Значения d_1, d_2, получаемые экспериментально, могут быть объективно меньше заявленных, так как при печати большинство принтеров оставляют поля, сжимая при этом изображение.

Критерии оценивания

Метод определения λ/d_1 1
Численное значение λ/d_1 1
Метод определения d_2/d_1 (любой из предложенных) 1
Численное значение d_2/d_1 1
Формула для пункта в) 1
Численный результат в пункте в) 1
Описан метод измерения углов φ и α 1
Учтён сдвиг $\varphi - \alpha$ 1
Прямые измерения в количестве от 8 до 10 2
Прямые измерения в количестве от 5 до 8 1
График $\operatorname{tg}\varphi(\alpha)$ 2
Числовое значение коэффициента наклона 1
Теоретическая формула (1) 2