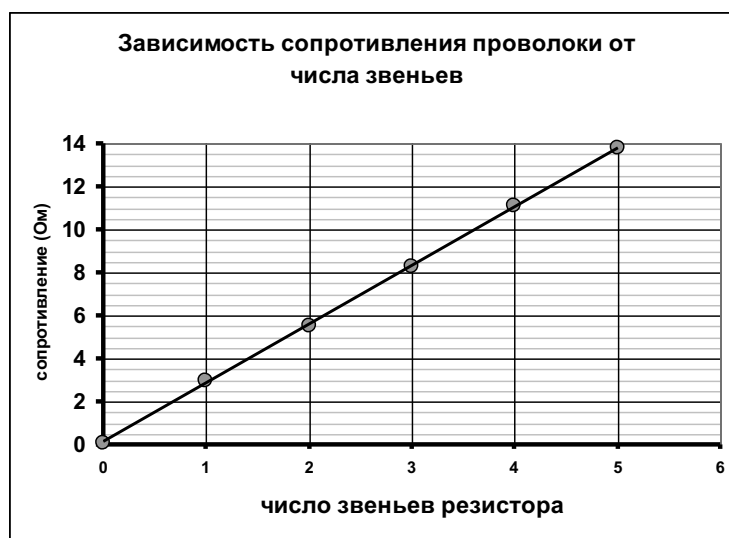


10 класс. «Балансировка электрического моста»

1.1 График зависимости сопротивления проволоки от числа подключенных звеньев приведен ниже.



1.2 Данная зависимость является линейной

$$R = R_0 n + r_0. \quad (1)$$

Параметры этой зависимости (рассчитанные по МНК) оказались равными

Среднее сопротивление одного звена: $R_0 = (2,72 \pm 0,06) \text{ Ом};$

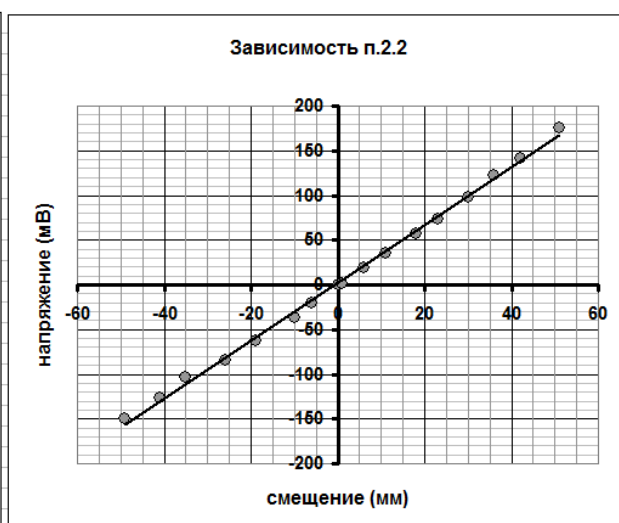
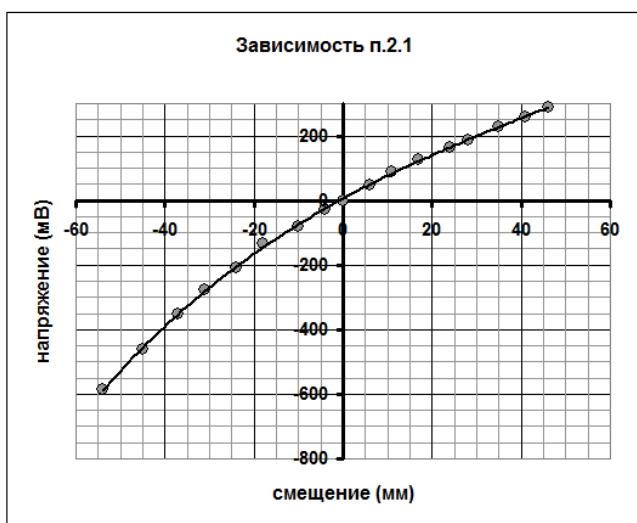
Паразитное сопротивление соединительных проводов $r_0 = 0,18 \text{ Ом}$

Средняя длина одного звена равна $l = 13 \text{ см}$, поэтому сопротивление единицы длины проволоки равно

$$\rho = 0,21 \frac{\text{Ом}}{\text{см}}. \quad (2)$$

Часть 2. Балансировка моста.

2.1 Графики зависимостей напряжения от смещения точки контакта.



2.2 Теоретическая зависимость показаний вольтметра от сопротивлений цепи проводится стандартными методами.

Напряжение на вольтметре (током через вольтметр можно пренебречь) равно разности напряжений на резисторах R_2 (между точками AC и BC)

$$U = U_{AC} - U_{BC} \quad (1)$$

Эти напряжения выражаются через силы токов в верхней и нижней ветвях моста:

$$\begin{aligned} I_1 &= \frac{U_0}{R_1 + \Delta R + R_2} \\ I_2 &= \frac{U_0}{R_1 + R_2} \end{aligned} \quad (2)$$

Таким образом, значения напряжения на вольтметре задается формулой

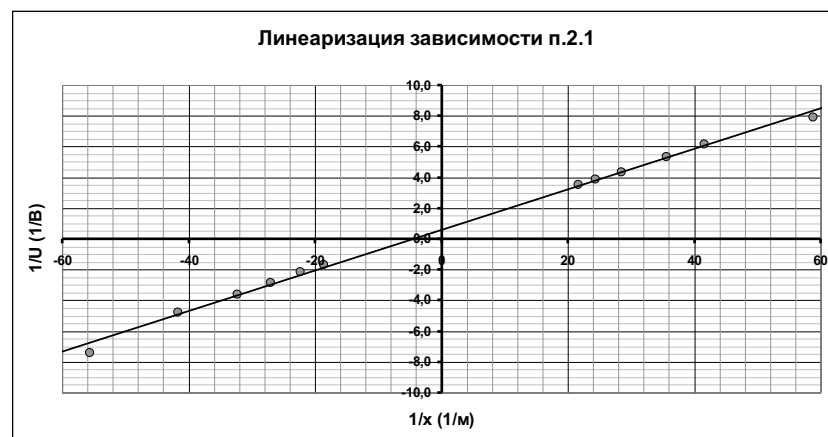
$$U = I_1 R_2 - I_2 R_2 = -U_0 R_2 \frac{\Delta R}{(R_1 + R_2)(R_1 + \Delta R + R_2)} \quad (3)$$

Знак в данном случае не существен, так как вольтметр измеряет напряжение независимо от знака подключения.

2.3 Для проверки применимости этой формулы к описанию экспериментальных данных заметим, что зависимость напряжения от величины смещения может быть линеаризована, если перейти к обратным единицам:

$$\frac{1}{U} = -\frac{(R_1 + R_2) R_1 + \Delta R + R_2}{U_0 R_2} \frac{1}{\Delta R} = -\frac{(R_1 + R_2)}{U_0 R_2} \left(1 + \frac{R_1 + R_2}{\Delta R} \right) = B \left(1 + \frac{b}{x} \right) \quad (4)$$

Здесь учтено, что дополнительное сопротивление ΔR пропорционально смещению x . Как следует из этой формулы величина обратная напряжению $\frac{1}{U}$ линейно зависит от $\frac{1}{x}$. Для проверки применимости формулы построим линеаризованный график по данным п.2.1 для половины звена.



При построении опущены центральные точки, в которых значения обратных величин очень велики, кроме того, для них анализируемая зависимость практически линейна. График показывает, что построенная теоретическая модель корректно описывает экспериментальные данные.

2.4 Зависимость, полученная при выполнении пункта 2.1 для полторы звена, практически линейна, что легко объяснить с помощью формулы (3). В этом случае изменение сопротивления мало по сравнению с сопротивлениями резисторов моста, поэтому величиной ΔR в знаменателе можно пренебречь. Тогда:

$$U = -U_0 R_2 \frac{\Delta R}{(R_1 + R_2)(R_1 + \Delta R + R_2)} \approx -\frac{U_0 R_2}{(R_1 + R_2)^2} \Delta R = Ax. \quad (5)$$

То есть в данном случае измеряемое напряжение пропорционально сдвигу точки контакта, что и выполняется в этом эксперименте.

Коэффициент наклона данной зависимости равен

$$\kappa = \frac{\Delta U}{\Delta x} = (3,23 \pm 0,02) \frac{мВ}{мм} \quad (6)$$

Относительная погрешность определения этого коэффициента равна $\varepsilon_\kappa = 0,6\%$

Пункт задачи	Содержание	Всего за пункт	Баллы
1.1	Построение графика: - оси подписаны и оцифрованы; - нанесены все точки в соответствии с таблицей.	1	0,5 0,5
1.2	Расчет среднего сопротивления одного звена: - приведена линейная зависимость (1); - определены параметры зависимости (1) (рассчитанные по МНК); - численное значение; - оценка погрешности; - сопротивление единицы длины проволоки.	5,5	1 2 1 0,5 1
Часть 2. Балансировка моста.			
2.1	Построение графика: - оси подписаны и оцифрованы; - нанесены все точки в соответствии с таблицей.	1	0,5 0,5
2.2	Получение теоретической зависимости показаний вольтметра от дополнительного сопротивления ΔR	2	2
2.3	Проверка применимости теоретической зависимости: - линеаризация зависимости напряжения от величины смещения; - построение линеаризованного графика (оси подписаны и оцифрованы; нанесены все точки); - сделано правильное заключение про модель.	3	1,5 1 0,5
2.4	Исследование зависимости: - правильное объяснение линейности полученной экспериментальной зависимости; - расчет коэффициента наклона экспериментальной зависимости; - расчет погрешности найденного значения.	2,5	1 1 0,5