Амперметры и ключ

Задача 4. [МОШ 2012/13, 9 класс, задача 4] Школьница Ирина проводила опыты с электрической цепью, схема которой изображена на рисунке. Когда Ирина подключила выводы A и B цепи к батарейке и замкнула ключ K, она заметила, что амперметр A1 показывает значение силы тока $I_1 = 1$ мА, а амперметр A2 — значение $I_2 = 3$ мА. Какими будут показания амперметров, когда Ирина разомкнет ключ? Приборы считайте идеальными.

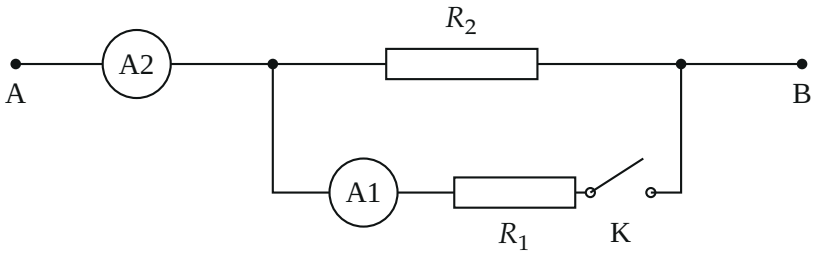


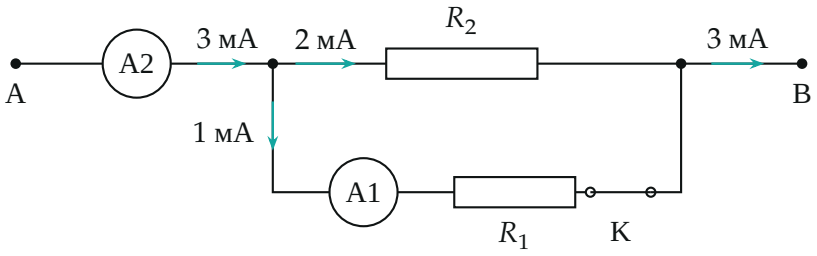
Рисунок условия

▲ **Решение. Что происходит.** Между узлами цепи два параллельных пути: верхний — через резистор R_2, нижний — через амперметр A1, резистор R_1 и ключ K. Амперметр A2 стоит до разветвления и измеряет полный ток. Амперметры идеальные (сопротивление нуля), поэтому напряжение на обоих путях — это напряжение U между выводами A и B, которое задаёт батарейка. Размыкание ключа выключает только нижний путь; ток через R_2 определяется напряжением U и сопротивлением R_2, а ни то ни другое не изменилось.

Обозначения. I_1 — ток в нижней ветви (показание A1), I_2 — полный ток (показание A2), I_R — ток через R_2, U — напряжение между A и B. Батарейка считается идеальной: U не зависит от тока (внутренним сопротивлением пренебрегаем, как и сказано про идеальность приборов).

1. Ключ замкнут: ток через R_2. Закон сохранения заряда для узла разветвления: втекающий ток I_2 равен сумме токов двух путей:

$$I_2 = I_1 + I_R \quad \Rightarrow \quad I_R = I_2 - I_1 = 3 - 1 = 2 \text{ мА}.$$



Ключ замкнут: токи на участках цепи (направление от A к B принято условно)

2. Напряжение на R_2. Верхний путь состоит из одного резистора R_2 (амперметр A2 идеален и напряжения не берёт), поэтому по закону Ома для участка цепи

$$U = I_R R_2 = 2\text{ мА} \cdot R_2.$$

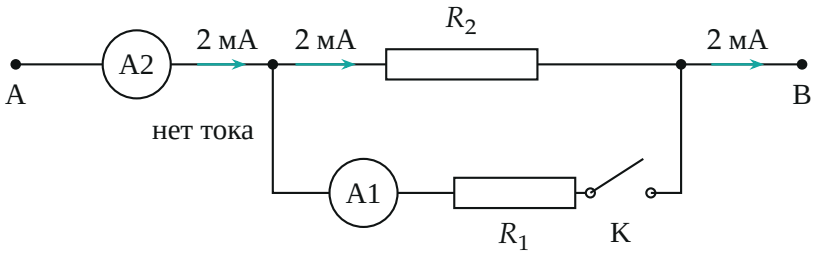
3. Ключ разомкнут: ток через R_2. Напряжение между A и B прежнее (U задаёт идеальная батарейка), сопротивление R_2 то же, значит, ток через него

$$I'_R = \frac{U}{R_2} = 2\text{ мА}.$$

4. Нижняя ветвь. Цепь разорвана ключом, заряду некуда идти: ток в нижней ветви равен нулю, амперметр A1 показывает 0.

5. Показание A2. Теперь через A2 течёт ток только верхнего пути:

$$I'_2 = I'_R = 2\text{ мА} = I_2 - I_1.$$



Ключ разомкнут: нижняя ветвь без тока, через A2 идёт только ток R_2

Обратите внимание. Ключ не меняет напряжение на R_2 только потому, что батарейка идеальная (её внутренним сопротивлением пренебрегаем). Если бы оно было заметным, при размыкании ключа общее сопротивление выросло бы, ток упал, а напряжение на R_2 немного изменилось бы — тогда по данным задачи ответ найти было бы нельзя. Второе: A1 показывает 0, а не 1 мА: размыкание не «гасит» прибор, а лишь убирает ток из его ветви.

Проверка. Пример чисел: $U = 6$ В, $R_2 = 3$ кОм, $R_1 = 6$ кОм. Ключ замкнут: $I_R = 2$ мА, $I_1 = 1$ мА, $I_2 = 3$ мА — условие выполнено. Ключ разомкнут: $I_R = 2$ мА, $I_1 = 0$, $I_2 = 2$ мА — ответ тот же. Заряд сохраняется: $2 = 2 + 0$ в узле разветвления. Показания в миллиамперах, размерность верна.

Ответ. A1 покажет 0 (ток отсутствует); A2 покажет $I_2 - I_1 = 2$ мА.