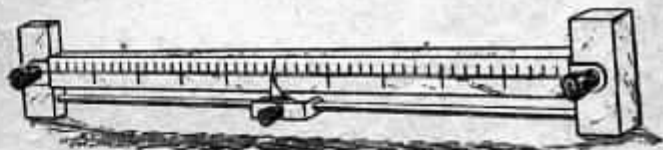


К прибору
прилагается
бесплатно

РЕОХОРД ЛАБОРАТОРНЫЙ



ГОСУДАРСТВЕННОЕ
УЧЕБНО-ПЕДАГОГИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МИНИСТЕРСТВА ПРОСВЕЩЕНИЯ РСФСР
Москва — 1962

МИНИСТЕРСТВО ПРОСВЕЩЕНИЯ РСФСР

ГЛАВУЧТЕХПРОМ

РЕОХОРД ЛАБОРАТОРНЫЙ¹

I. Назначение и устройство

Прибор предназначен для демонстрации измерения сопротивлений методом мостика Уитстона и определения электродвижущих сил гальванических элементов компенсационным способом.

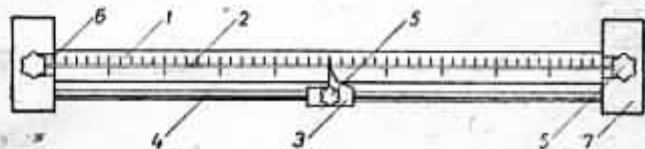


Рис. 1.

Прибор (рис. 1) состоит из деревянной линейки, на которой натянута тонкая калиброванная по диаметру, константановая проволока (2). Оба конца проволоки прикреплены к металлическим пластинкам таким образом, что незакрепленная длина проволоки равна 0,5 метра. По длине линейки нанесены миллиметровые деления, причем каждое пятое деление отмечено более длинной чертой, а каждое десятое—оцифровано. На каждой стороне установлено по две клеммы (5), служащие для включения прибора в электрическую цепь. Вдоль линейки передвигается движок (3), на котором имеется под-

¹ Прибор изготавливается заводом «Физприбор», г. Киров, ул. К. Маркса, 75.

вижной контакт. Специальной пружиной конец подвижного контакта прижимается к проволоке. На другом конце подвижного контакта установлена клемма (6), через которую подвижной контакт присоединяется к электрической цепи. Укрепленная на реохорде константановая проволока (2) диамет-

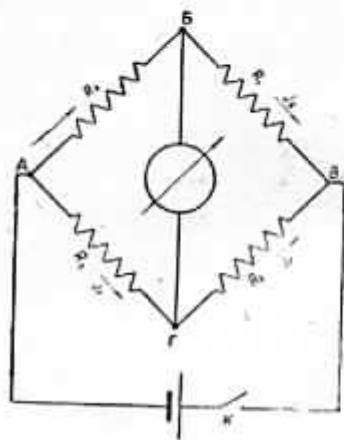


Рис. 2.

ром 0,5 мм имеет при длине 0,5 метра сопротивление $1 \text{ Ом} \pm 10\%$. Фактическое сопротивление данного прибора наносится на линейке с правой стороны. На концах линейки укреплены ножки (7). Опирая на ножки, реохорд устанавливается на столе. Шкала линейки при этом располагается вертикально, что дает возможность демонстрировать опыты с реохордом всему классу. При использовании реохорда в демонстрационных опытах необходимо

иметь в виду, что по проволоке можно пропускать ток не более 2 а.

При опытах необходимо включать ток только кратковременно, во избежание перегрева проволоки*.

При передвижении движка (3) вдоль линейки необходимо отжимать контакт от проволоки, чтобы не стирать проволоку. Особенно надо опасаться местного стирания проволоки, так как при этом сопротивление отдельных участков будет разным и сопротивление проволоки перестает быть пропорциональным ее длине.

II. Проведение опытов

Измерение сопротивления мостиком Уитстона

Объясним основные принципы измерения сопротивлений методом мостика Уитстона.

Рассмотрим общепринятое начертание мостиковой схемы Уитстона (рис. 2).

Диагональ четырехугольника (AB) образована источником постоянного тока и ключом (K), замыкающим цепь питания. Другая диагональ (BC) образована гальванометром (с 0 посередине шкалы). Стороны четырехугольника получили название плеч моста. На схеме эти плечи образованы электрическими сопротивлениями: R, R_1, R_2, R_3 .

Исходным требованием баланса схемы является отсутствие тока в диагонали BC, т. е. отсутствие напряжения на зажимах гальванометра. Это воз-

* Для этой цели прибор комплектуется ключом.

вижной контакт. Специальной пружиной конец подвижного контакта прижимается к проволоке. На другом конце подвижного контакта установлена клемма (6), через которую подвижной контакт присоединяется к электрической цепи. Укрепленная на реохорде константановая проволока (2) диамет-

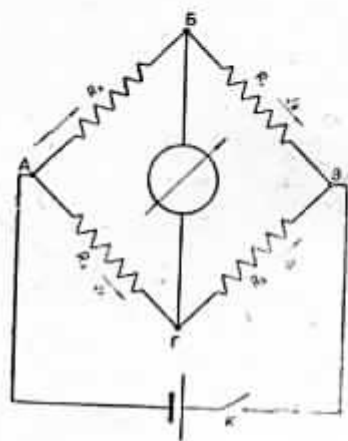


Рис. 2.

ром 0,5 мм имеет при длине 0,5 метра сопротивление $1 \text{ ом} \pm 10\%$. Фактическое сопротивление данного прибора наносится на линейке с правой стороны. На концах линейки укреплены ножки (7). Опирая на ножки, реохорд устанавливается на столе. Шкала линейки при этом располагается вертикально, что дает возможность демонстрировать опыты с реохордом всему классу. При использовании реохорда в демонстрационных опытах необходимо

иметь в виду, что по проволоке можно пропускать ток не более 2 а.

При опытах необходимо включать ток только кратковременно, во избежание перегрева проволоки*.

При передвижении движка (3) вдоль линейки необходимо отжимать контакт от проволоки, чтобы не стирать проволоку. Особенно надо опасаться местного стирания проволоки, так как при этом сопротивление отдельных участков будет разным и сопротивление проволоки перестает быть пропорциональным ее длине.

II. Проведение опытов

Измерение сопротивления мостиком Уитстона

Объясним основные принципы измерения сопротивлений методом мостика Уитстона.

Рассмотрим общепринятое начертание мостиковой схемы Уитстона (рис. 2).

Диагональ четырехугольника (AB) образована источником постоянного тока и ключом (K), замыкающим цепь питания. Другая диагональ (BG) образована гальванометром (с 0 посередине шкалы). Стороны четырехугольника получили название плеч моста. На схеме эти плечи образованы электрическими сопротивлениями: R, R_1, R_2, R_3 .

Исходным требованием баланса схемы является отсутствие тока в диагонали BG, т. е. отсутствие напряжения на зажимах гальванометра. Это воз-

* Для этой цели прибор комплектуется ключом.

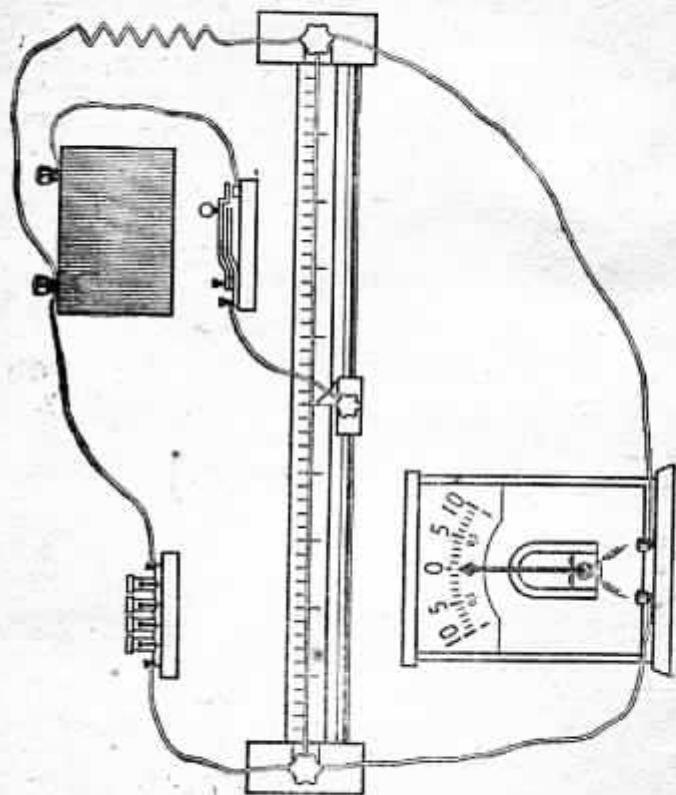


Рис. 3.

можно в том случае, если в точках B и Γ — равные потенциалы, что произойдет, если падение напряжения R_x будет равно падению напряжения на R_3 , а падение напряжения на R_1 будет равно падению напряжения на R_2 .

Это условие можно записать:

$$R_x \cdot I_B = R_3 \cdot I_\Gamma, \quad (1)$$

$$R_1 \cdot I_B = R_2 \cdot I_\Gamma. \quad (2)$$

Определим из уравнения (1) величину I .

$$I_B = \frac{R_3 \cdot I_\Gamma}{R_x} \quad (3)$$

и подставим ее в уравнение (2):

$$R_1 \cdot \frac{R_3 \cdot I_\Gamma}{R_x} = R_2 \cdot I_\Gamma \quad (4)$$

Сокращая уравнение, получим:

$$R_x = \frac{R_1}{R_2} \cdot R_3, \quad (5)$$

или

$$R_x \cdot R_2 = R_1 \cdot R_3 \quad (6)$$

Это и есть формула, определяющая момент электрического равновесия (баланс) мостиковой схемы. Формула указывает на то, что баланс наступает при равенстве произведений сопротивлений противоположных плеч. Если сопротивления плеч таковы, что уравнение (6) выполняется, то ток, идущий через мостик (диагональ $B\Gamma$), отсутствует, и стрелка гальванометра будет стоять на нуле шкалы.

Из формулы (5) видно, что в мостике Уитстона по существу делается сравнение неизвестного сопротивления R_x с магазином образцовых мер сопротивлений R_3 . Сопротивления R_1 и R_2 могут иметь произвольную величину, и только должно

быть хорошо известно отношение их друг к другу. Это отношение дает коэффициент, на который нужно умножить значение образцового сопротивления R_1 , чтобы получить значение измеряемого сопротивления R .

Следовательно, зная величины сопротивлений трех плеч, сопротивление четвертого плеча можно определить простым расчетом. Именно это и позволяет применять мостиковую схему для измерений сопротивлений. Из формулы (5) видно, что равновесие мостика может быть получено двумя способами: либо путем изменения сопротивления R , либо при помощи изменения отношения сопротивлений R_1 и R_2 .

Соберите схему линейного мостика Уитстона, как указано на рисунке 3, состоящую из реохорда, демонстрационного магазина сопротивлений (можно применить и лабораторный магазин сопротивлений), гальванометра демонстрационного, ключа замыкания тока, источника питания постоянного тока напряжением 2 в (аккумулятор или сухие батареи) и неизвестного сопротивления R , величину которого надо измерить. Так как баланс схемы наиболее точно определяется при равенстве сопротивлений, то желательно для измерения взять неизвестное сопротивление такой величины, чтобы оно было в пределах величин сопротивлений магазина. Движок реохорда установите на середине проволоки. Величину сопротивления магазина установите подбором вставленных штепселей, приблизительно равной величине неизвестного сопротивления. Кратковременно замыкая цепь ключом, наблюдайте за стрелкой гальванометра и подберите такое сопротивление магазина, при котором стрелка гальванометра бу-

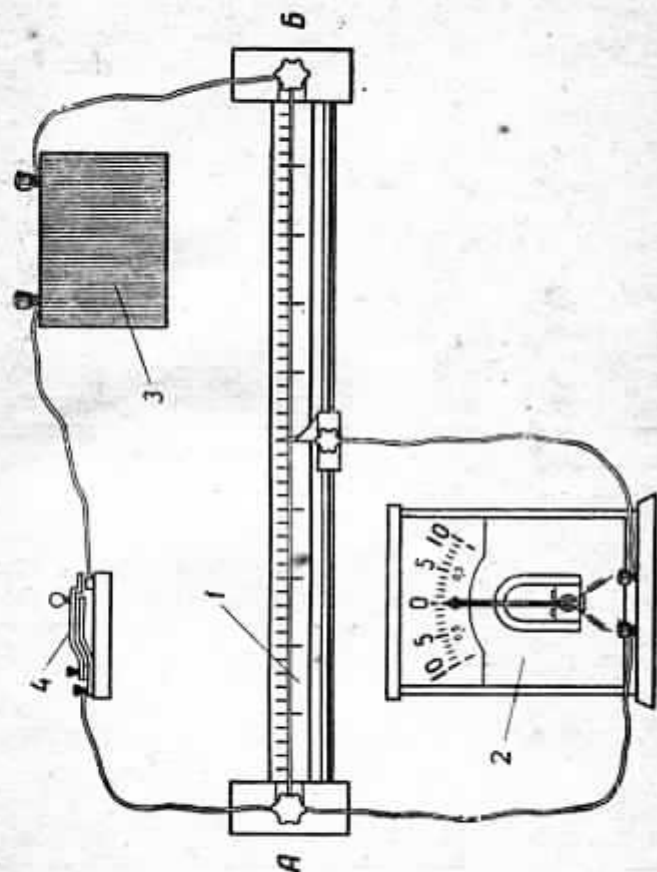


Рис. 4.

дет иметь наименьшее отклонение от нуля. Затем, продолжая кратковременно замыкать цепь ключом, передвигайте движок с подвижным контактом вдоль проволоки, вправо или влево, до такой точки (В), когда стрелка гальванометра при замыкании цепи перестанет отклоняться в ту или другую сторону от нуля. Не забывайте при передвижении отжимать контакт от проволоки. Заметьте расстояние АВ (l_2) и ВВ (l_1), отсчитывая их по делениям шкалы реохорда.

Применяя формулу:

$$R_x = \frac{l_1}{l_2} R_3,$$

этого делят плечо ВВ (l_1) на плечо АВ (l_2) и частное умножают на сопротивление магазина (R_3).

Магазины сопротивлений необходимо присоединять к цепи толстыми и короткими проводниками. Незвестное сопротивление лучше присоединять непосредственно к клемме магазина и клемме реохорда. Контактные поверхности должны быть хорошо зачищены,—это повысит точность измерения. При измерениях больших сопротивлений, для повышения точности измерений, можно увеличить напряжение источника тока, учитывая максимально допустимые силы токов для применяемых сопротивлений.

III. Применение реохорда в качестве потенциометра

Для демонстрации принципа устройства потенциометра соберите цепь (рис. 4), состоящую из реохорда (1), вольтметра (2), источника тока (3) с напряжением не более 2 вольт и ключа замыкания тока (4). Установите на реохорде движок с подвиж-

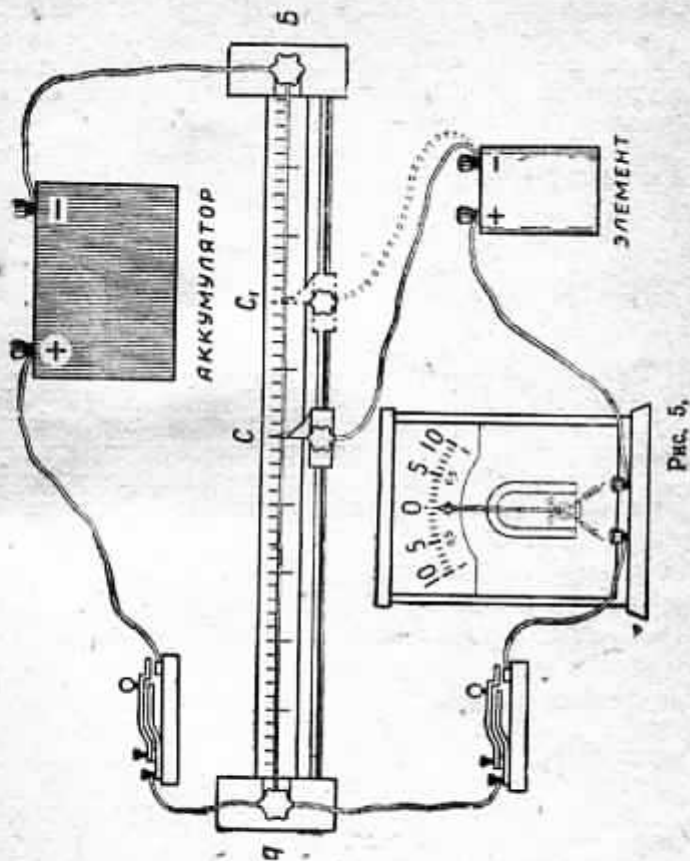


Рис. 5.

ным контактом в точке A , замкните цепь ключом.

Передвигайте движок вдоль проволоки реохорда, по направлению к точке B , останавливайтесь на некоторых оцифрованных точках и запишите соответствующие показания вольтметра.

Рассматривая полученные результаты и сравнивая отношения:

$$\frac{V_1}{V}; \frac{V_2}{V} \text{ и т. д. и } \frac{AB}{AB}: \frac{AB_1}{AB}; \frac{AB_1}{AB} \text{ и т. д.,}$$

увидите, что они соответственно равны, т. е.

$$\frac{V_1}{V} = \frac{AB}{AB}; \frac{V_2}{V} = \frac{AB_1}{AB} \text{ и т. д.}$$

Поскольку проволока реохорда имеет одно и то же сечение по всей длине, то сопротивление любого отрезка будет прямо пропорционально его длине. Следовательно, мы можем заменить значения длин отрезков AB , AB , AB_1 их сопротивлением, откуда

$$\frac{V_1}{V} = \frac{AB}{AB} = \frac{R_1}{R}$$

Сделайте вывод: напряжение, снимаемое с части потенциометра, относится к напряжению источника тока так же, как относится сопротивление этой части потенциометра к сопротивлению всего потенциометра. Для проверки сделанного вывода рассчитаем напряжение V_1 для любого значения R_1 и проверим его вольтметром.

Например $V=2$ вольт, $R_1=0,6$ мм. R (сопротивление реохорда) = 1 ом.

$$\text{Так как } \frac{V_1}{V} = \frac{R_1}{R}, \text{ от } V_1 = \frac{R_1 \cdot V}{R}.$$

Поставим цифровые значения взятого примера

$$V_1 = \frac{0,6 \cdot 2}{1} = 1,2 \text{ вольта.}$$

Проверьте на опыте, для чего установите движок на деление 30, что соответствует 0,6 ом, вольтметр будет показывать 1,2 вольта. При проведении этого опыта необходимо применять источник тока достаточной мощности, способный выделять без заметного падения напряжения ток силой 2 а.

IV. Определение э. д. с. гальванических элементов компенсационным способом

Соберите цепь по схеме (рис. 5), состоящую из реохорда (AB), источника тока напряжением 1,2—2 вольта, испытуемого элемента, гальванометра и двух ключей.

При сборке цепи источник тока и элемент присоедините к реохорду в точке A одноименными полюсами. Замкните оба ключа и, передвигая подвижной контакт реохорда, найдите такое его положение (B), при котором стрелка гальванометра не будет отклоняться от нулевого положения.

Ток через гальванометр и элемент не проходит, потому что в точках A и B имеется разность потенциалов от источника тока, равная э. д. с. элемента.

Заметьте и запишите расстояние AB . Замените элемент другим элементом с известной э. д. с., например элементом Даниеля, передвигая подвижной контакт реохорда, опять найдите такое его положение (B_1), при котором стрелка гальванометра не будет отклоняться от 0. Заметьте и запишите расстояние AB_1 .

Очевидно, что для первого случая $E_1 = I \cdot R_1$, где E_1 — э. д. с. испытуемого элемента, или разность потенциалов в точках A и B , I — сила тока в проволоке реохорда, R_1 — сопротивление участка AB (l_1), для второго случая $E_2 = I \cdot R_2$, где E_2 — э. д. с. элемента Даниеля, I — сила тока в проволоке реохорда, R_2 — сопротивление участка AB_1 (l_2).

Так как сила тока в обоих случаях одна и та же, то, делая одно уравнение на другое, получим:

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{I \cdot R_1}{R_2}, \text{ т. е. } \frac{E_1}{E_2} = \frac{R_1}{R_2}$$

Сопротивление участков проволоки реохорда пропорционально длине этих участков, поэтому можно вместо отношения сопротивлений участков

$$\frac{R_1}{R_2} \text{ взять отношение длин этих участков } \frac{l_1}{l_2},$$

$$\text{т. е. } \frac{E_1}{E_2} = \frac{l_1}{l_2},$$

$$\text{отсюда } E_1 = E_2 \frac{l_1}{l_2}.$$

Так как E_2 известно, а l_1 и l_2 находятся по шкале реохорда, то можно определить E_1 — э. д. с. испытуемого элемента.

При проведении этого опыта необходимо применять источник тока (E) достаточной мощности, способный выделять, без заметного падения напряжения, ток силой 2 а.

V. Вывод закона Ома

Для демонстрации опыта, подтверждающего положения закона Ома, соберите цепь, состоящую из

реохорда, реостата, источника тока, вольтметра.

Замкните цепь и реостатом установите в цепи ток силой 0,5 а, движок реохорда установите на какое-либо цифрованное деление и запишите показания вольтметра и амперметра. Продвигайте движок реохорда вдоль проволоки, останавливаясь на оцифрованных делениях, запишите показания вольтметра. Силу тока в цепи сохраняйте равной 0,5 а. Рассматривая полученные данные, можно сделать вывод:

Напряжение на участке цепи при неизменной силе тока прямо пропорционально сопротивлению участка.

Остановите движок реохорда на каком-либо оцифрованном делении, реостатом установите в цепи ток силой 0,5 а и запишите показания вольтметра и амперметра. Перемещая движок реостата, установите в цепи поочередно ток силой в 1 а, 1,5 а, 2 а и запишите показания вольтметра. Рассматривая полученные данные, можно сделать вывод:

Сила тока при одном и том же сопротивлении проводника прямо пропорциональна напряжению на нем.

Установите движок реохорда на деление 25 (на этом участке сопротивление равно 0,5 ом), перемещая движок реостата, установите в цепи такую силу тока, чтобы вольтметр показал напряжение на участке 1 вольт. Запишите, какую силу тока отмечает амперметр.

Установите движок реохорда на деление 100, этим вы удвоите сопротивление участка. Перемещая движок реостата, установите в цепи такую силу тока, чтобы вольтметр опять показал напряжение на

этом новом участке 1 вольт. Запишите, какую силу тока отмечает амперметр. Рассматривая полученные данные, можно сделать вывод:

При одном и том же напряжении на участке цепи сила тока обратно пропорциональна сопротивлению этого участка.

При объединении выводов получается закон Ома для участка цепи:

Сила тока прямо пропорциональна напряжению на отрезке проводника и обратно пропорциональна его сопротивлению.

Хранение и ремонт прибора

Прибор необходимо хранить в сухом помещении во избежание коробления линейки. Проволоку реохорда необходимо предохранять от соприкосновения с посторонними предметами.

Время от времени рекомендуется проверять плотность поджатия концов проволоки и ее натяжение, а также проверять величину сопротивления проволоки. Если по каким-либо причинам произошел обрыв проволоки, заменить ее можно другой константановой проволокой диаметром 0,5 мм (такая проволока на длине 1 метр имеет сопротивление 2 Ом). Если нарушился контакт между подвижным контактом и проволокой, необходимо аккуратно зачистить мелкой шкуркой плоскость контакта, прилегающую к проволоке. В случае необходимости зачистить проволоку ее следует приподнять, под нее подложить кусок картона или плотной бумаги и затем мелкой шкуркой зачистить проволоку, стараясь производить одинаковый нажим по всей длине проволоки. После ремонта или зачистки необхо-

димо проверить сопротивление проволоки и исправить величину сопротивления, проставленную на линейке. Это изменение необходимо учитывать при проведении опытов.

Издание 8-е.
Редактор Б. П. Крамаров, Техн. редактор А. А. Шлихт

Подп. к печати 7/11 1962 г.
Бумага 70×108¹/₃₂. 0,5 (0,68) п. л. Уч.-изд. л. 0,51.
Зак. 255. Бесплатно. Тираж 10 000.

Типография 14-А ф-ки ГУТП, Москва, Земский пер., д. 9.