

Министерство образования и науки Российской Федерации  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра физики и  
методико-информационных технологий

**Измерение электрических величин в профильном  
школьном курсе физики**

АВТОРЕФЕРАТ ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ  
БАКАЛАВРА

студента 5 курса 533 группы физического факультета  
направления 44.03.01 «Педагогическое образование»

Багмута Михаила Вячеславовича

Научный руководитель:

к. физ.- мат. н, доцент

 16.06.18

В.Б. Гаманюк

Зав. кафедрой: профессор, д. физ.-мат.н.

 16.06.18

Б.Е. Железовский

Саратов, 2018

## Введение

Каждый человек в любой сфере своей деятельности рано или поздно сталкивается с необходимостью измерить ту или иную величину: массу тела, длину объекта, температуру своего тела, напряжение источника тока и тому подобное. Часто необходимые измерения можно выполнить приборами или инструментами специально для этого предназначенными (весами, линейкой, термометром, вольтметром...). Однако в ряде случаев приходится измерять совсем другие параметры, а нужную величину затем вычислять по соответствующим формулам.

Первоначально навыки по проведению измерений и знакомство с самими измерительными приборами и устройствами приобретаются в школе. Эти сведения учащиеся должны получать, главным образом, на уроках физики. К сожалению отведенного программой времени явно недостаточно для того чтобы научить школьников грамотно проводить экспериментальные исследования и уметь оценивать точность полученных результатов. В этой связи следует особо выделить измерения в области электричества, с которым мы каждодневно сталкиваемся.

Создавшуюся ситуацию можно существенным образом исправить путем использования соответствующим образом разработанных элективных курсов.

**Целью** настоящей выпускной квалификационной работы как раз и является создание спецкурса, позволяющего системно ознакомиться с процедурой измерений вообще и с электрическими измерениями в частности.

Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие **задачи** дипломного исследования:

- 1) Ознакомиться с требованиями, предъявляемыми ФГОС к элективным курсам.
- 2) Провести теоретико-методологический обзор учебной, технической и методической литературы по выбранной теме.
- 3) Составить пояснительную записку и рабочую программу курса.
- 4) Разработать содержание курса.

Работа состоит из *введения, основной части из трех глав, заключения и списка использованных источников.*

Во *введении* обоснована актуальность выбранной темы.

*Первая глава* содержит обзор требований, предъявляемых к элективным курсам на предмет их объема, тематики, правилам оформления и тому подобное.

*Во второй главе* дана пояснительная записка к разрабатываемому курсу и его программа.

*В третьей главе* подробно изложено содержание курса.

В *заключении* подведен итог проделанной работе.

## НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ И ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОРГАНИЗАЦИИ ЭЛЕКТИВНЫХ КУРСОВ

*Профильное обучение* – средство дифференциации и индивидуализации обучения, позволяющее за счет изменений в структуре, содержании и организации образовательного процесса более полно учитывать интересы, склонности и способности учащихся, создавать условия для обучения старшеклассников в соответствии с их профессиональными предпочтениями и намерениями в отношении продолжения образования.

*Элективные курсы* – курсы, входящие в состав профиля, способствующие углублению и индивидуализации профильного обучения. Работа элективных курсов призвана удовлетворить образовательный запрос (интересы, склонности) ученика (его семьи).

Элективные курсы выполняют следующие *функции*:

- изучение ключевых проблем современности;
- ознакомление с особенностями будущей профессиональной деятельности, «профессиональная проба»;
- ориентация на совершенствование навыков познавательной, организационной деятельности;
- дополнение и углубление базового предметного образования;
- компенсация недостатков обучения по профильным

При изучении элективных курсов появляется возможность реализовать современную тенденцию, заключающуюся в том, что *усвоение предметного содержания из цели образования превращается в средство такого эмоционального, социального и интеллектуального развития ребенка, которое обеспечивает переход от обучения к самообразованию.*

## ЭЛЕКТИВНЫЙ КУРС «ИЗМЕРЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН В ПРОФИЛЬНОМ КУРСЕ ФИЗИКИ»

Программа курса «Измерение электрических величин» ориентирована на углубление знаний по физике для учащихся 10 – 11 классов.

Таблица 1

| № | Название темы  | Количество часов |        |          | Форма проведения | Образовательный продукт                             |
|---|--|------------------|--------|----------|------------------|---|
|   |  | Всего            | Лекции | Практика |                  |   |
| 1 | Измерения. Основные понятия и определения  | 1                | 0,5    | 0,5      | Лекция, практика | Конспект  |
| 2 | Виды электроизмерительных приборов и их устройство                                   | 1                | 1      | 0        | Лекция           |   |
| 3 | Самодельные электроизмерительные приборы   | 3                | 0,5    | 2,5      | Лекция, практика | Доклад с последующим обсуждением, создание приборов |
| 4 | Оценка влияния электроизмерительного прибора на параметры цепи                       | 2                | 0,5    | 1,5      | Лекция, практика | Конспект  |
| 5 | Расширение пределов измерения приборов. Многопредельные электроизмерительные приборы | 3                | 0,5    | 2,5      | Лекция, практика | Лабораторная работа                                 |
| 6 | Компенсационные методы измерения тока и напряжения                                   | 3                | 0,5    | 2,5      | Лекция, практика | Лабораторная работа                                 |
| 7 | Измерение электрического сопротивления мостом Уитстона                               | 3                | 0,5    | 2,5      | Лекция, практика | Лабораторная работа                                 |
| 8 | Итоговая конференция   | 1                | 0      | 1        |                  | Выступления с докладами                             |

Курс базируется на концепции профильного обучения. Он призван повысить интерес к точным наукам и расширить возможности социализации учащихся, способствовать формированию технической культуры, что особенно важно для нашей страны ввиду дефицита специалистов инженерного профиля. В ходе изучения данного курса учащиеся не только удовлетворят свои образовательные потребности, но и получат навыки исследовательской деятельности, познакомятся с методами исследования в физике. Навыки, полученные при ра-

боте с измерительными приборами, выполнение практических работ и постановка эксперимента пригодятся в дальнейшей научно-технической деятельности.

***Ожидаемыми результатами данного курса являются:***

1. Приобретение навыков безопасной работы с электрооборудованием.
2. Умение рассчитывать параметры, составлять и собирать схемы включения приборов при измерении различных электрических величин.
3. Начальное формирование сознательного самоопределения учащихся относительно профиля дальнейшего обучения.
4. Умение сотрудничать с товарищами, работая в группе.

### **СОДЕРЖАНИЕ КУРСА**

***Измерить какую-нибудь физическую величину – это значит сравнить её посредством эксперимента с другой физической величиной, принятой за единицу.***

Целью любых измерений является получение результата, то есть оценки истинного значения физической величины. Однако какими бы точными и совершенными не были средства и методы измерения и как бы тщательно не выполнялись сами измерения, их результат всегда отличается от истинного значения измеряемой физической величины, то есть имеет некоторую погрешность. Источниками погрешности являются: несовершенство применяемых методов и средств измерений, непостоянство параметров самих приборов, индивидуальные особенности экспериментатора. Кроме того, на точность измерений влияют внешние и внутренние помехи, климатические условия и порог чувствительности измерительного прибора.

***Истинным значением считают тот предел, к которому приближаются результаты измерений при непрерывном повышении их точности.***

Школьные физические кабинеты, как правило, оснащены электроизмерительными приборами только двух систем – магнитоэлектрической и электромагнитной. В работе рассматривается их устройство и принципы действия.

В ряде случаев возникает необходимость измерить ток больший, чем тот, который вызывает отклонение стрелки на всю шкалу у имеющегося в распоряжении прибора. Показано, что решения такой задачи параллельно зажимам прибора следует подключить резистор, называемый *шунтом*, и таким образом измеряют не весь ток, а его известную часть. Это обстоятельство учитывается при новой градуировке шкалы, и в итоге получим амперметр, с требуемым пределом измерения.

Проведем расчет величины сопротивления шунта. Введем следующие обозначения:  $I$  – новое значение измеряемого тока,  $I_0$  ток полного отклонения,  $r$  – сопротивление амперметра,  $I_{ш}$  – ток через шунт.

В соответствии с первым правилом Кирхгофа

$$I = I_0 + I_{ш}.$$

Поскольку прибор и шунт соединены параллельно,

$$I_{ш} \cdot R_{ш} = I_0 \cdot r.$$

Исключая из этих выражений  $I_{ш}$ , получим,

$$R_{ш} = \frac{I_0 \cdot r}{I - I_0} = \frac{r}{n - 1},$$

где  $n = I/I_0$  – кратность увеличения цены деления шкалы.

Таким образом, *сопротивление шунта к амперметру должно быть в  $n - 1$  раз меньше сопротивления самого прибора.*

### 3.5.2. Расширение предела измерения вольтметра

Вольтметр присоединяется параллельно тому участку цепи, напряжение на котором требуется измерить.

Допустим, что вольтметром с внутренним сопротивлением и максимальным значением измеряемого напряжения  $U_0$  требуется измерить напряжение

$$U = n \cdot U_0.$$

Для выполнения поставленной задачи последовательно с имеющимся вольтметром включают добавочное сопротивление  $R_d$ , величину которого

можно рассчитать, исходя из равенства токов в последовательно соединенных элементах:

$$\frac{U_0}{r} = \frac{U-U_0}{R_d} = \frac{U_0(n-1)}{R_d} \text{ откуда } R_d = r(n-1).$$

Значит, *добавочное сопротивление к вольтметру должно быть в  $n - 1$  раза больше его сопротивления.*

Для того чтобы определить тот или иной электрической параметр с помощью прибора необходимо пропустить ток через его измерительную систему. Это означает, что подключение любого измерительного устройства изменяет режим работы цепи и мы, фактически, получаем сведения не о том, что в этой цепи было, а о том, что в ней стало. Поэтому при измерениях, необходимо соблюдение следующих условий:

- для достоверности измерений амперметром его сопротивление должно быть намного меньше сопротивления цепи, в которую он будет включен.
- для достоверности измерений вольтметром его сопротивление должно намного превосходит сопротивление того участка цепи, к которому он подключён.

Вполне понятно, что далеко не всегда, особенно в рамках школьного физического кабинета, под рукой есть только «правильные» с точки зрения собственных параметров электроизмерительные приборы. В этой связи возникает естественный вопрос: «Можно ли из реальных приборов создать идеальные?». Оказалось, что для этого нужно использовать компенсационные методы измерений.

Компенсационный метод основан на уравнивании двух электрически независимых величин (напряжений или токов) и осуществляется путем

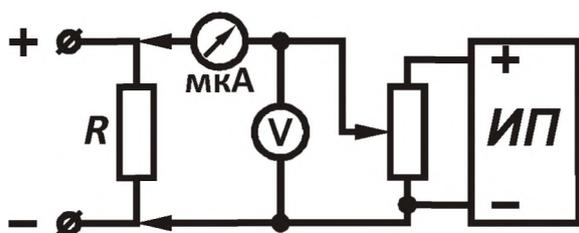


Рисунок 1 – Схема компенсационного измерения напряжения

подключения этих величин в цепь индикатора равновесия. Из них наиболее распространенной является схема компенсации напряжений, которая представлена на рисунке 1. Здесь нужно добиться нулевых показаний

микроамперметра с помощью потенциометра подключенного к источнику питания (ИП). Такое состояние схемы наступит, когда напряжение на резисторе  $U_R$  станет равным напряжению на вольтметре. При этом показание вольтметра и будет соответствовать искомому напряжению. Так как ток, потребляемой измерительной схемой равен нулю, метод позволяет реализовать **вольтметр с бесконечно большим внутренним сопротивлением**.

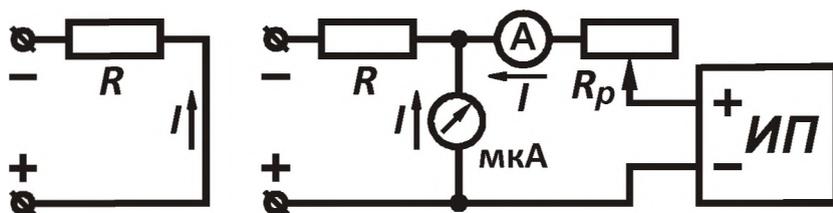


Рисунок 2 – Слева - исследуемая цепь, справа – схема компенсационного метода

Перейдем теперь к компенсационному измерению силы тока. Допустим, что необходимо измерить силу тока  $I$ , протекающего через резистор  $R$

в схеме на рисунке 2 слева. Это можно сделать, включив в разрыв цепи измерительную схему (рисунок 2 справа), в которую входит вспомогательный ИП. При равенстве измеряемого тока току от ИП, напряжение на зажимах индикатора станет равным нулю. При этом величина тока через  $R$  будет соответствовать показанию амперметра. Использование компенсационного метода измерения тока не создает возмущений в исследуемой цепи. Значит, **удалось реализовать амперметр с нулевым внутренним сопротивлением, хотя для измерений взят реальный прибор**.

Наряду с измерениями силы тока  $I$  и напряжения  $U$  часто необходимо определить сопротивление  $R$  участка цепи. Эту информацию, в принципе, можно получить по известным значениям  $I$  и  $U$ , используя закон Ома:  $R = \frac{U}{I}$ .

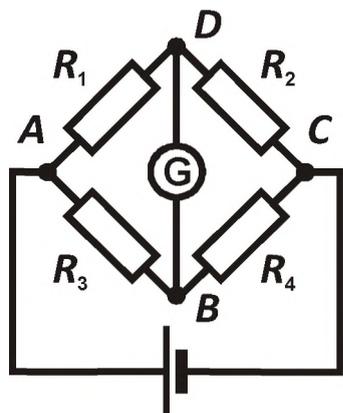


Рис. 23. Мост Уитстона

Оказалось, что гораздо проще это сделать с помощью несложного устройства, которое более чем 150 лет назад предложил английский физик Чарльз Уинстон. В его честь оно названо **мостом Уитстона**. Схема такого моста дана на рисунке 3.

Проведем расчет этой схемы. Допустим, что значения сопротивлений резисторов моста подобраны так, что разность потенциалов между точками  $D$  и  $C$  равна нулю. При этом ток через гальванометр  $G$ , который выполняет функцию индикатора нуля, протекать не будет. Такое состояние моста называют **сбалансированным**. Очевидно, баланс наступит при условии равенства падений напряжения на резисторах  $R_1, R_3$  или  $R_2, R_4$ . Токи, протекающие по верхней и нижней ветвям моста при его балансе равны соответственно  $I_B = \frac{U_{AC}}{R_1+R_2}$  и  $I_H = \frac{U_{AC}}{R_3+R_4}$ ,

где  $U_{AC}$  — напряжение, приложенное между точками  $A$  и  $C$ . Значит, будет выполняться равенство  $R_1 \cdot R_4 = R_3 \cdot R_2$ .

Рассуждая от обратного можно утверждать, что, добившись баланса моста, мы имеем право пользоваться полученным соотношением.

Допустим, мост сбалансирован, но неизвестно сопротивление одного из резисторов, например  $R_2$ . Его величину можно увязать со значениями оставшихся элементов схемы соотношением:  $R_2 = R_x = R_1 \cdot \frac{R_4}{R_3}$ .

Следовательно, что **при использовании мостового метода измерения сопротивлений при заданном отношении  $R_4$  к  $R_3$  достаточно знать абсолютную величину сопротивления только одного резистора**.

Точность данного метода определяется чувствительностью и погрешностью используемого гальванометра, а пределы измерений — максимальной величиной сопротивлений  $R_1$  и отношением  $R_4/R_3$ . Например, если  $R_4/R_3 = 2$  а величина сопротивления  $R_1$  может изменяться только в пределах  $1 \div 100$  Ом, то в этом случае сопротивления  $R_x$  больше 200 Ом измерить невозможно.

Слабое «звено» моста Уитстона состоит в том, что он **не пригоден для определения сопротивлений малой величины**, хотя необходимость в подобных измерениях очевидна, например, при изготовлении шунтов к амперметрам. Это вызвано тем, что неконтролируемые сопротивления соединительных проводов и зажимов прибавляются к величине измеряемого сопротивления.

Часто, особенно в школьных лабораторных практикумах, в мостах используют *реохорды*. Реохордом называют потенциометр, изготовленный из однородной по толщине проволоки из материала с высоким удельным сопротивлением со скользящим по ней контактом. Проволоку натягивают вдоль линейки с миллиметровыми делениями и закрепляют в местах, соответствующих началу и концу шкалы. Концы проволоки соединяют с зажимами для подключения к остальным элементам схемы. Перемещающийся вдоль проволоки скользящий контакт снабжают указателем, позволяющим по шкале линейки определить его местоположение, и при помощи гибкого проводника соединяют его с гальванометром нуль-индикатора. На рисунке 4 дан вариант схемы моста с реохордом.

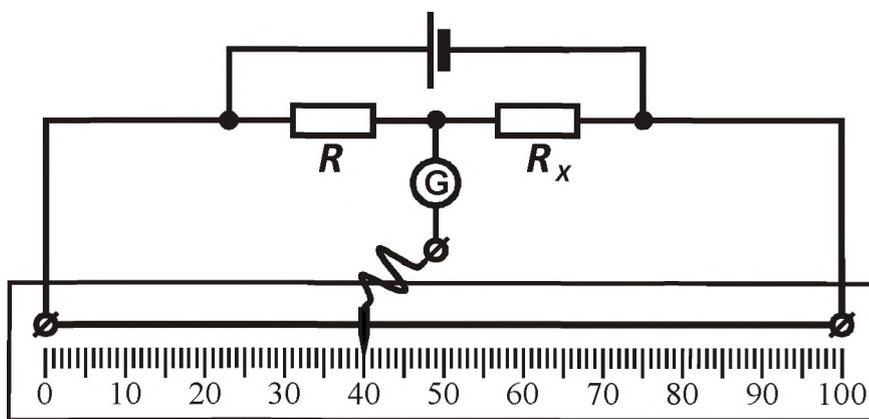


Рисунок 4 – Мост Уитстона с реохордом

Из рисунка легко видеть, что роль резисторов  $R_3$  и  $R_4$ , сопротивления которых входят в расчетную формулу моста Уитстона, теперь выполняют отрезки  $l_1$  и  $l_2$  проволоки реохорда от начала шкалы до подвижного контакта и от подвижного контакта до конца шкалы соответственно.

$$R_x = R \frac{l - l_0}{l}$$

где  $l_0$  – длина линейки,  $R$  – сопротивление калиброванного резистора.

## **Заключение**

Программа курса предусматривает проведение занятий различного типа: лекционных, решения задач, лабораторных работ, а также конструирования простейших приборов.

Важной составляющей курса является ознакомление школьников с видами возможных погрешностей, неизбежно сопровождающих измерения, способами их оценки, основными элементами электроизмерительных приборов, принципами их действия, особенностями конструкции и так далее. Для закрепления полученных знаний программой предусмотрено конструирование простейших измерительных приборов с последующим их использованием в лабораторных исследованиях. Тем самым, на наш взгляд, дополнительно можно заинтересовать учащихся в выборе инженерного характера своей будущей профессии.

Изложение материала, где это целесообразно, сопровождается моделированием при помощи программы «Начала ЭЛЕКТРОНИКИ», которая бесплатно доступна в Интернете. Это сделано с целью показать, что овладение различными методами измерений, выяснение в какой степени подключение электроизмерительных приборов к цепям сказывается на достоверности их показаний вполне можно осуществить не в реальной, а в виртуальной лаборатории. Тем самым на собственном опыте ученики смогут убедиться в преемственности натуральных и компьютерных исследований.

В результате реализации предлагаемого курса в учебном процессе будут получены новые знания и умения, способствующие, в том числе, и формированию культуры эксперимента.

Безусловно, на всеобъемлющий характер настоящая работа претендовать не может, однако, есть надежда, что она сможет послужить основой для создания новых специальных элективных курсов, или же как частично, так и полностью, войти в какие-либо подобные программы.

### Список использованных источников

1. Егорова А. М. Профильное обучение и элективные курсы в средней школе [Электронный ресурс] URL: <https://moluch.ru/conf/ped/archive/21/1617>. (Дата обращения 13.01.2018).
2. Подласый И.П. Педагогика: Новый курс: Учеб. для студ. высш. учеб. заведений. В 2 кн. Кн. 2: Процесс воспитания / И.П. Подласый. М.: Гуманит. Изд. центр ВЛАДОС, 2001. 256 с.
3. Подласый И.П. Педагогика. Новый курс: Учеб. для студ. высш. учеб. заведений. В 2 кн. Кн 1. Общие основы. Процесс обучения / И.П. Подласый. М.: Гуманит. Изд. центр ВЛАДОС, 2001. 576 с.
4. Черникова Т.В. Методические рекомендации по разработке и оформлению программ элективных курсов / Т.В. Черникова. Профильная школа №5, 2005. 46 с
5. Каспржак А.Г. Проблема выбора. Элективные курсы в школе: методический материал / А.Г.Каспржак. М.: Новая школа, 2004. 160 с.
6. Измерение [Электронный ресурс]. URL: <http://ru-wiki> (Дата обращения 15.01.2018)
7. Шкалы измерений в метрологии [Электронный ресурс]. URL: <https://www.metalcutting.ru/content/shkaly-izmereniy> (Дата обращения 11.02.2018)
8. Как мерить штангенциркулем [Электронный ресурс]. URL: <http://fb.ru/article/279253/kak-merit-shtangentsirkulem-instruktsiya-osobennosti-i-rekomendatsii> (Дата обращения 12.02.2018)
9. Погрешности измерений. Классификация погрешностей [Электронный ресурс]. URL: <http://metro-logiya.ru/index.php?action=full&id=541> (Дата обращения 15.02.2018)
10. Виды электроизмерительных приборов [Электронный ресурс]. URL: [http://www.e-ope.ee/\\_download/euni\\_repository/file/3162/pdf](http://www.e-ope.ee/_download/euni_repository/file/3162/pdf) (Дата обращения 25.02.2018)

11. Гост 14265-79 Приборы электроизмерительные аналоговые контактные прямого действия. Общие технические условия [Электронный ресурс]. URL: <https://mooml.com/d/gosty/44214/> (Дата обращения 25.02.2018)
12. Гаманюк В.Б., Недогреева Н.Г. Электроизмерительные приборы и электрические измерения. Методическое пособие. / В.Б.Гаманюк, Н.Г.Недогреева под ред. Б.Н.Железовского. Саратов: Изд-во Издательский Центр «Наука», 2009. 50 с.
13. Условные обозначения на шкалах ЭИП [Электронный ресурс]. URL: <https://studfiles.net/preview/2864879/> (Дата обращения 27.02.2018)
14. Касаткин А.С., Немцов М.В. Электротехника./А.С.Касаткин, М.В.Немцов. М.:Академия, 2005.544 с.
15. Савельев И.В. Курс общей физики. В 3 Т. Т. 2. Электричество и магнетизм/ И.В. Савельев. М.: Наука, 2009. 442 с.
16. Начала ЭЛЕКТРОНИКИ [Электронный ресурс]: электронный конструктор. Алма-Ата, 1998.
17. Гаманюк В.Б. Использование виртуальной лаборатории «Начала электроники» в разработке элективных курсов: учебное пособие / В.Б. Гаманюк, Б.Е. Железовский, Н.Г. Недогреева. Саратов: Изд-во Издательский Центр «Наука», 2013. С. 54.
- 18, Гаманюк В.Б., Недогреева Н.Г. Изучение цепей постоянного тока. Учебно-методическое руководство к лабораторной работе. / В.Б.Гаманюк, Н.Г.Недогреева. Саратов: Изд. Цент «Наука», 2012. с. 24.
19. Компенсационный метод измерения электрических величин [Электронный ресурс]. URL: <http://helpiks.org/6-32874.html> (Дата обращения 02.03.2018)
20. Измерительный мост [Электронный ресурс]. URL: [Электронный ресурс]. URL: <http://helpiks.org/6-32874.html> (Дата обращения 07.03.2018)
21. Померанцев Л.В. Своими руками / Л.В. Померанцев. Практическое руководство по изготовлению самодельных приборов. Горький, Горьковское книжное издательство, 1953. 272 с.