

ЖК 72

У-Р 444/—
МИНИСТЕРСТВО ПРОСВЕЩЕНИЯ УССР

КИЕВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
ИМ. А. М. ГОРЬКОГО

А. И. ЖИЛА

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ СОВРЕМЕННОЙ
ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ В ШКОЛЬНОМ
ФИЗИЧЕСКОМ ЭКСПЕРИМЕНТЕ

(732 — Методика преподавания физики)

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени
кандидата педагогических наук

414 (рук)



76

НБ НПУ

імені М.П. Драгоманова



100313047

Київ — 1969

МИНИСТЕРСТВО ПРОСВЕЩЕНИЯ УССР
КИЕВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
ИМ. А. М. ГОРЬКОГО

На правах рукописи

А. И. ЖИЛА

53671
ЖИЛА

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ СОВРЕМЕННОЙ
ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ В ШКОЛЬНОМ
ФИЗИЧЕСКОМ ЭКСПЕРИМЕНТЕ

(732 — Методика преподавания физики)

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени
кандидата педагогических наук

КИЕВ — 1969

Работа выполнена на кафедре методики преподавания физики Киевского государственного педагогического института им. А. М. Горького.

Научный руководитель — кандидат педагогических наук, доцент А. И. Бугаев.

Официальные оппоненты:

Доктор физико-математических наук, профессор Малов Н. Н.

Кандидат педагогических наук Гончаренко С. У.
Внешняя рецензия — Сумской педагогический институт, кафедра физики.

Автореферат разослан « 14 » марта . . . 1969 г.

Защита диссертации состоится « . . . » 1969 г. на заседании Ученого Совета физико-математического факультета Киевского государственного педагогического института им. А. М. Горького.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

Просим Вас и сотрудников Вашего учреждения, интересующихся темой диссертации, принять участие в заседании Ученого Совета или прислать отзывы по адресу: УССР, г. Киев-30, бульвар Шевченко, 22/24, Ученому секретарю Совета.

Ученый секретарь Совета

«Нарастающий поток научной информации надо... передать учащимся так, чтобы подготовить их к той новой технике, к новым технологическим процессам, с которыми они будут иметь дело, вступив в жизнь».

(Из речи Л. И. Брежнева на Всесоюзном съезде учителей).

В настоящее время, когда в нашей стране во всю ширь разворачивается гигантский процесс формирования материально-технической базы коммунизма, характерным для всех отраслей народного хозяйства является быстрое и широкое внедрение в производство новой, высокопроизводительной и вместе с тем все более сложной техники, сложной как по количеству объединяемых в одном комплексе машин и механизмов, так и по характеру осуществляемых с ее помощью процессов.

Усложнение объектов техники, ускорение и все возрастающая интенсификация производственных процессов, непрерывное повышение требований к качеству продукции и ряд других факторов выдвигают задачу создания высокоэффективных систем контроля, решение которой неразрывно связано с широким внедрением в практику работы предприятий средств измерительной техники. Пульты управления современных предприятий и их отдельных агрегатов включают десятки, а иногда и сотни контрольно-измерительных приборов, информирующих оператора о функционировании различных узлов оборудования и о значении параметров, определяющих ход технологического процесса.

Широкое внедрение в производство средств измерительной техники связано также с автоматизацией технологических процессов. Основным и наиболее ответственным звеном в системе автоматического регулирования является измерительный элемент, измеряющий параметр, который необходимо стабилизировать или изменять по определенной программе. Функцию такого звена в большинстве случаев выполняет схема, используемая в измерительной технике, более того, в качестве измерительного элемента часто используется обычный измерительный прибор, снабженный некоторыми конструктивными допол-

нениями. Особенно возрастает число измерений с переходом к электронным управляющим машинам, когда для обеспечения оптимального режима работы оборудования требуется информация о ходе технологического процесса во всех его звеньях.

Оснащенность предприятий средствами измерения непрерывно увеличивается и вследствие все более широкого развертывания лабораторных исследований, проводимых непосредственно в заводских лабораториях и связанных с контролем качества материалов, полуфабрикатов и готовых изделий, с налаживанием и испытанием машин и аппаратов, составляющих продукцию предприятий, или же используемых на данном производстве.

Технический прогресс, быстро расширяя сферу использования средств измерения в народном хозяйстве, вместе с тем делает все более значительной, сложной и ответственной долю труда человека, связанную с измерениями и уходом за измерительной аппаратурой. Комплексная механизация производственных процессов и все более полная их автоматизация приводят к тому, что человек все более и более освобождается от непосредственного участия в производственном процессе и становится по отношению к нему как надзиратель и регулятор, вследствие чего в его трудовой деятельности первостепенное значение приобретают операции, связанные с контролем технологических процессов, надзором за работой производственного оборудования, испытанием машин и механизмов, проверкой, наладкой и регулированием средств автоматизации и контроля и многие другие операции, требующие широкого применения средств измерительной техники.

Следовательно, знание основ современной измерительной техники становится все более важным элементом подготовки людей к трудовой деятельности в любой отрасли народного хозяйства, не говоря уже о подготовке к работе в научно-исследовательских и технических лабораториях, в общей системе технической оснащённости которых измерительная аппаратура имеет первостепенное значение. При этом имеются все основания утверждать, что и впредь с развитием науки и техники значение измерений в практической деятельности людей будет непрерывно и быстро возрастать. Поэтому наша средняя, общеобразовательная школа, одной из главных задач которой является трудовая и политехническая подготовка молодежи в соответствии с возрастающим уровнем развития науки и техники (1—123, 2) должна шире и глубже знакомить учащихся

¹ Программа Коммунистической партии Советского Союза, М., Политиздат, 1968.

² Материалы XXIII съезда КПСС, М., Политиздат, 1966.

с основами современной измерительной техники, чем это делается сегодня. Решающую роль в этом деле должен сыграть школьный курс физики, который знакомит учащихся с закономерностями, лежащими в основе большинства методов измерения, и главным образом учебный эксперимент по физике, который таит в себе широкие возможности для практического использования современных методов измерения в процессе преподавания.

Вместе с тем, более широкое использование в учебном эксперименте средств и методов современной измерительной техники становится все более необходимым как фактор, содействующий повышению научного уровня преподавания, дальнейшей интенсификации учебного процесса, возбуждению интереса учащихся к физической науке, активизации их деятельности на уроках и в конечном счете решению школой ее основной задачи — вооружению учащихся прочными и глубокими знаниями основ науки, в частности, физики.

В методике уже многое сделано для привлечения на службу школьной физики новейших достижений измерительной техники. Тем не менее в ряде разделов курса еще наблюдается значительный отрыв применяемых в эксперименте средств и методов исследования от современной техники измерений. При постановке демонстраций и работ физических практикумов еще довольно часто используются методы измерения, уже давно потерявшие свое практическое значение, которые, кроме того, усложняют процесс исследования, требуют излишней затраты времени на экспериментирование и при всем этом дают настолько скудный экспериментальный материал, что в лучшем случае он только грубо иллюстрирует изучаемые закономерности, а не служит основой для их установления. Это в первую очередь относится к разделу «Электричество» и особенно к таким вопросам программы, как: «Электромагнитные явления» (пропедевтическая часть курса), «Электрическое поле», «Магнитное поле тока», «Электромагнитная индукция», «Переменный ток» и др.

При изучении электростатики широко используется механический электрометр, который в свое время сыграл важную роль в деле развития учения об электричестве, но теперь, кроме школы, больше нигде не используется. Более того, этот прибор не является безупречным и в методическом отношении, хотя бы потому, что он не реверсивен, т. е. не реагирует на знак измеряемого заряда. В силу этого недостатка при поста-

новке многих демонстраций учитель вынужден прибегать к косвенным методам определения полярности зарядов, вследствие чего опыты усложняются и нередко главное внимание учащихся сосредотачивается не на изучаемых закономерностях, а на приемах экспериментирования. Кроме того, применяемые на практике методы определения полярности позволяют констатировать только тот факт, что в одном случае заряды одноименны, а во втором—имеют разные знаки, и вопрос о действительной полярности зарядов остается не выясненным. Малоэффективными являются также опыты, в которых электрометр используется в качестве измерителя разности потенциалов. Из-за малой чувствительности прибора и вследствие неравномерности его шкалы многие соотношения между величинами, изучаемые в электростатике, не могут быть установлены экспериментально и только иллюстрируются при помощи этих демонстраций.

Школе необходим измеритель напряженности электрического поля, пригодный для исследования силовой структуры полей, для экспериментальной проверки формулы напряженности поля точечного заряда и для установления связи между напряженностью и разностью потенциалов для случая однородного поля. При изучении этих вопросов в современной практике широко используют электрические маятники, султаны и спектры электрических полей. Каждый из этих методов исследования, взятый отдельно, позволяет осветить только отдельные стороны изучаемых явлений, а до полного изучения структуры полей и установления соотношений между величинами требуется одновременное применение всех этих методов, что сделать невозможно в силу ограниченности времени, отводимого на изучение данной темы. Предложенные рядом авторов измерители напряженности почти непригодны для исследования силовой структуры полей, и, кроме того, они основаны на принципах, не нашедших в практике измерений широкого применения.

Ограниченными возможностями располагает школа для постановки измерений, связанных с исследованием электромагнитных явлений. При изучении этих вопросов ограничиваются использованием стальных опилок и магнитных стрелок, т. е. средств, которые имеют довольно ограниченное применение в науке и технике. Вместе с тем с помощью таких методов экспериментирования невозможно добиться необходимой видимости классных опытов, их высокой выразительности и убедительности. Школе необходим чувствительный измеритель индукции магнитного поля, пригодный для исследования силовой структуры магнитных полей, создаваемых

прямолинейным, круговым и соленоидальным токами, а также для постановки демонстрационных опытов, связанных с изучением магнитного поля Земли, исследованием влияния стального сердечника на поле катушки, изучением магнитного экранирования и многих других вопросов этого раздела программы. В направлении создания школьного магнитометра уже проделана некоторая работа. В литературе описаны приборы с использованием электродинамического и индукционного методов измерения, а также прибор с датчиком Холла. Однако предложенные приборы успешно могут быть использованы только при исследовании сравнительно сильных магнитных полей, тогда как при постановке большинства демонстраций приходится экспериментировать со слабыми полями. Ценная в данном отношении идея использования феррозонда пока что не получила в методической литературе достаточного развития.

Школе требуется измерительная установка для снятия кривых намагничивания ферромагнитных материалов. Лабораторная работа такого содержания предусмотрена в программе факультативного курса для IX класса. Описанные в литературе установки этого типа недостаточно совершенны в методическом отношении и, кроме того, в них используются магнитостатические методы измерения, которые в настоящее время имеют вообще ограниченное применение, а в данной области исследований почти не используются.

Существенного улучшения требует постановка измерений, связанных с изучением электромагнитной индукции. Формула ЭДС индукции подается учащимся догматически, без надлежащего экспериментального обоснования. Опыты, которые при этом ставятся, не дают возможности обнаружить прямую пропорциональную зависимость электродвижущей силы от скорости изменения магнитного потока, так как продолжительность этих опытов незначительна, и гальванометр работает в режиме, близком к баллистическому, при котором показание прибора пропорционально не величине тока, как это иногда пытаются объяснять, а величине заряда, проходящего через поперечное сечение исследуемого контура за время перемещения магнита или катушки с током. А заряд этот, как известно, пропорционален изменению магнитного потока безотносительно ко времени, в течение которого это изменение происходит. Увеличение продолжительности опытов при условии использования гальванометра повышенной чувствительности (например, зеркального) также не дает положительного эффекта. Нелинейность изменения магнитного потока во времени приводит к тому, что гальванометр работает в динамическом режиме, характеризующемся непрерывным изменением показа-

ний прибора. Следовательно, задача состоит в создании установки, которая обеспечила бы возможность получения возрастающего магнитного поля с линейным изменением величины индукции во времени на протяжении значительного временного интервала, или установки, в которой провод известной длины на протяжении длительного промежутка времени движется равномерно в магнитном поле с постоянным значением индукции.

Заслуживает внимания также вопрос о внедрении в практику работы школы приборов для измерения мгновенных значений величины переменного тока и напряжения. Не умаляя значения осциллографического метода исследования в условиях школьного эксперимента, вместе с тем следует отметить и его существенный недостаток. Картина, наблюдаемая учащимися на экране осциллографа, — это готовый результат исследования. Вместо учащегося автомат измеряет мгновенные значения исследуемой величины и строит график ее изменения во времени. В этом случае учащийся не задумывается над тем, как измерить данную величину, в какой последовательности производить измерения, какой знак приписать мгновенному значению, как связать результат измерения со значением фазового угла и многими другими вопросами, которые потребовалось бы ему решить при непосредственных измерениях. Иными словами, процесс поиска решения, имеющий первостепенное значение для сущности изучаемого явления и для прочного запоминания результатов исследований, из познавательного процесса исключается. Следовательно, дополнение осциллографического метода исследования явлений при изучении переменного тока методом, при котором учащиеся непосредственно измеряют мгновенные значения величины тока и напряжения и на основе полученных результатов строят графики этих величин, необходимо считать обязательным.

При постановке демонстраций часто возникает необходимость измерять малые постоянные токи и напряжения. В ряде случаев чувствительность школьных гальванометров недостаточна для таких измерений. Это приводит к необходимости конструирования приборов повышенной чувствительности. В методической литературе последних лет описано значительное количество измерителей такого типа, в которых по-разному решается вопрос сочетания высокой чувствительности с необходимой видимостью отсчетного устройства. Но главное направление в разработке высокочувствительной аппаратуры такого назначения состоит в сочетании демонстрационного гальванометра с усилителем постоянного тока, работающим на электронных лампах или полупроводниковых приборах по схеме с

непосредственной связью между каскадами. На этой основе удается создать простые по конструкции приборы, чувствительность которых легко регулируется в широких пределах. Однако эти установки имеют существенный недостаток. Нестабильность напряжений питания, изменение режимов работы ламп или транзисторов, низкочастотные компоненты их шумов и многие другие факторы обуславливают нестабильность нулевого отсчета, что создает определенные неудобства при постановке демонстраций и, главное, приводит к нарушению одного из основных методических требований к демонстрационным приборам — требования устойчивости, в соответствии с которым прибор должен давать одинаковые результаты вне зависимости от числа повторений опыта. Устойчивость работы высокочувствительных приборов можно в значительной мере повысить, используя метод преобразования постоянного напряжения в переменное, широко применяемый в современной измерительной технике. Именно метод преобразования позволяет сконструировать простой и одновременно устойчивый усилитель постоянного тока, который совместно с демонстрационным гальванометром может быть использован при постановке классных опытов, а в комплекте с техническим вольтметром повышенного класса точности (напр. М 45М) — при постановке соответствующих работ физического практикума.

Следовательно, постановка измерений, связанных с изучением электромагнитных явлений, требует существенного улучшения. Необходимы дальнейшие, более решительные шаги по привлечению на службу школьного учебного эксперимента современных методов измерения, позволяющих более глубоко, наглядно и убедительно раскрыть перед учащимися сущность данного раздела программы. Принимая во внимание эту необходимость и учитывая более высокую оснащенность современными средствами измерения других разделов программы, автор поставил перед собой цель исследовать возможность использования новейших достижений измерительной техники при постановке эксперимента главным образом в курсе электричества и преимущественно при постановке опытов, связанных с изучением электрического и магнитного полей, электромагнитной индукции и переменного тока, т. е. вопросов, особенно важных для формирования представлений об электромагнитном поле. Эти исследования и послужили основой для написания данной работы.

Диссертация состоит из введения, двух разделов и заключительной части.

Во введении обосновывается выбор темы и ставятся задачи исследования.

В первом разделе — «Средства современной измерительной техники как одна из главных основ дальнейшего совершенствования школьного физического эксперимента» — сформулированы и обоснованы основные принципы отбора методов измерения для школьного эксперимента, систематизированы и дополнены главные методические требования к учебным измерительным приборам, сделан краткий обзор применяемых в науке и технике методов электростатических и магнитных измерений, а также методов измерения малых постоянных токов и напряжений, сделан отбор соответствующих методов для постановки демонстраций и работ физических практикумов, изложена методика ознакомления учащихся с сущностью этих методов на уроках физики.

Учитывая роль и значение учебного эксперимента в школьном преподавании и опираясь на общепризнанные критерии отбора учебного и, в частности, технического материала, включаемых в курс физики средней школы, автор пришел к выводу о необходимости подчинить отбор методов измерения следующим четырем основным принципам:

1. Из всего разнообразия методов, используемых на практике для измерения тех или иных физических величин, при постановке эксперимента предпочтение необходимо оказывать методам, нашедшим в последнее время наиболее широкое применение в научных исследованиях, в технике, на производстве и вместе с тем имеющим перспективный характер в современном научно-техническом прогрессе.

2. Условия применения данного метода в науке и технике должны максимально приближаться к условиям, при которых этот метод измерения предполагается использовать в учебном эксперименте.

3. Внедряемые в учебный эксперимент методы измерения должны обеспечивать наиболее простое и вместе с тем как можно более полное и глубокое раскрытие закономерностей физических явлений при разумно наименьшей затрате времени на экспериментирование.

4. Используемые в эксперименте методы измерения должны быть доступны для понимания учащимися. Их сущность в полной мере должна раскрываться на основе физических закономерностей, изучавшихся до использования данного метода на практике, или, по крайней мере, на основе тех, которые будут изучаться на следующих этапах преподавания.

Отбор методов измерения по их значимости в науке и технике отражает один из руководящих принципов развития нашей школы — принцип тесной связи обучения и воспитания с жизнью, трудом, с практикой коммунистического строительства.

ва и подчинен задаче вооружения учащихся знанием основ современной измерительной техники и формирования у них измерительных умений и навыков, необходимых в работе с современной аппаратурой.

Второй принцип отбора логически вытекает из закономерностей развития измерительной техники, а также требований, предъявляемых современной методикой к школьным средствам экспериментирования. В настоящее время, когда в науке и технике широким фронтом осуществляется переход к изучению и практическому использованию процессов и явлений, характеризующихся все более высоким, или, наоборот, очень низким значением параметров, и когда в связи с этим очень быстро расширяются диапазоны измерения большинства физических величин и становятся все более разнообразными требования к показателям измерительных приборов, к их точности, надежности, устойчивости в работе, быстродействию и др., задача контроля и управления процессами уже не может быть успешно решена только путем простого совершенствования имеющейся аппаратуры, основанной на одном или нескольких методах измерения, а в большинстве случаев возникает необходимость в разработке новых методов измерения, оптимально приспособленных к соответствующим диапазонам измерения и обеспечивающих тот или иной комплекс необходимых технико-эксплуатационных показателей аппаратуры. Следовательно, в современной науке и технике для измерения той или иной физической величины применяется все возрастающее число методов измерения, каждый из которых преимущественно используется только в определенном диапазоне значений измеряемой величины и, кроме того, в полной мере удовлетворяет только определенный комплекс требований к технико-эксплуатационным показателям измерительной аппаратуры. Иными словами, каждый из этих методов оптимально приспособлен только к определенным условиям измерения, которые, вместе взятые, можно охарактеризовать как условие применения данного метода на практике.

При изменении этих условий, в одних случаях, ранее применявшийся метод вообще становится непригодным к использованию, в иных — может быть использован, но его применение становится нерациональным, поскольку требуемые в новых условиях показатели аппаратуры реализуются более просто и дешево на основе иных методов измерения. Поэтому при разработке измерительных приборов для школьного эксперимента необходимо учитывать эту приспособленность отдельных методов к вполне определенным условиям измерения, и из большого разнообразия методов, применяемых на практике

для измерения тех или иных физических величин, для школы необходимо отбирать методы оптимально приспособленные к условиям эксперимента. Только в этом случае отбор методов измерения будет сделан технически наиболее грамотно, т. е. будут отобраны методы, обеспечивающие возможность конструирования наиболее простых, устойчивых в работе, удобных для пользования приборов при наименьшей затрате средств на их изготовление.

Третий принцип отбора выражает методическую целесообразность внедрения того или иного метода измерения в практику работы школы с точки зрения повышения эффективности учебного эксперимента как средства наглядности. Это положение непосредственно вытекает из принципа научности изложения, которое, по словам проф. П. А. Знаменского, обеспечивается «...не количеством фактов, не разговорами обо всем и скольжением по поверхности, а глубоким проникновением в сущность немногих выделенных вопросов» (1—15)¹, полностью отвечает общепризнаному положению о том, что эксперимент в школьном преподавании должен служить главным источником познания физических явлений, а также отражает важнейшие требования методики к демонстрационному эксперименту, такие, как наглядность демонстраций, их кратковременность, высокая выразительность и убедительность.

Четвертый принцип отбора выражает допустимость использования в учебном эксперименте того или иного метода измерения с точки зрения общедидактического принципа доступности учебного материала и его изложения для понимания учащимися и принципа сознательного усвоения знаний (в данном случае методов измерения). Первая часть формулы охватывает наиболее приемлемые для методики случаи, когда принцип действия того или иного прибора может быть изучен еще до применения данного метода на практике. Однако, число таких случаев довольно ограничено. Чаще всего методы измерения, отобранные на основе предыдущих принципов, базируются на физических закономерностях, которые изучаются в школьном курсе несколько позднее по сравнению со временем их использования в демонстрационном эксперименте. Вторая часть формулы не отрицает возможности внедрения в практику работы школы и таких методов измерения. Допустимость использования подобных методов обусловлена особой функцией, выполняемой измерительными приборами при постанов-

¹ П. А. Знаменский. Методика преподавания физики, Л., Учпедгиз, 1955.

ке опытов. В отличие от так называемых основных приборов, которые необходимы для воспроизведения тех или иных физических явлений и сами по себе являются объектами изучения, измерительные приборы в большинстве случаев используются только для измерения величины, т. е. при постановке опытов выступают как вспомогательные средства экспериментирования, и для глубокого проникновения в сущность исследуемых явлений, понимание их принципа действия, не является обязательным. При постановке опытов с использованием таких методов измерения достаточно ознакомить учащихся с устройством и принципом действия приборов только в общих чертах и настолько, чтобы они убедились в измерительных качествах этих приборов. Основой для такого утверждения служит многолетняя практика школы, связанная с использованием таких установок, как электрические секундомеры и спидометры в опытах по механике, электрические термометры при изучении тепловых явлений, амперметры и вольтметры магнитоэлектрической системы при изучении закономерности постоянного тока и многие другие.

При разработке и конструировании школьных средств измерения, кроме вышеизложенных принципов отбора, необходимо учитывать и требования методики к конструктивному оформлению и технико-эксплуатационным показателям приборов. Особо важное значение в современных условиях приобретает такое качество аппаратуры, как ее комплектность т. е. наличие в составе прибора дополнительных устройств и приспособлений, благодаря которым существенно расширяется область применения данного прибора. При разработке измерительной аппаратуры необходимо ориентироваться не на приборы специального назначения, а на комбинированные измерители, в которых измерительный усилитель с тем или иным индикаторным устройством может комбинироваться с несколькими измерительными преобразователями.

Далее в работе формулируются и обосновываются требования к школьным измерительным приборам, таким, как электрометр, измеритель напряженности электрического поля, измеритель индукции магнитного поля, установки для снятия кривых намагничивания ферромагнитных материалов, а также измерители малых постоянных токов и напряжений, и на основе обзора наиболее распространенных в современной науке и технике методов соответствующих измерений делается отбор методов, удовлетворяющих этим требованиям и всем остальным критериям отбора. На основе такого анализа автор пришел к убеждению о необходимости внедрения в практику работы школы следующих приборов: измерителей напряжен-

ности электрического поля и электрометров с электромеханическим преобразованием напряженности в переменное напряжение, измерителей индукции магнитного поля с феррозондами, установок для снятия кривых намагничивания типа феррометра, приборов для измерения малых токов и напряжений с преобразованием постоянного напряжения в переменное. В разделе излагается методика ознакомления учащихся и с этими методами измерения.

Во втором разделе — «**Новые школьные измерительные приборы и методика их использования в физическом эксперименте**» — рассматривается устройство, принцип действия, методика изготовления и налаживания простейших, разработанных автором приборов и установок, в которых используются предлагаемые методы измерения. Здесь описаны следующие приборы и установки:

1. Измерительная установка для опытов по электростатике, состоящая из двух реверсивных электрометров и прибора для измерения напряженности электрического поля, действующих на принципе электромеханического преобразования напряженности в переменное напряжение. Установка выполнена в виде основного блока, в котором смонтированы два идентичных усилителя переменного напряжения и три выносных преобразователя, подключаемых к основному блоку с помощью гибких кабелей и разъемов. Два преобразователя используются при сборке схем электрометров, третий — в случае применения одного из плеч установки в качестве измерителя напряженности поля. Как индикаторы выходного напряжения в установке используются демонстрационные амперметры, работающие в режиме гальванометра. Чувствительность приборов регулируется в широких пределах путем плавного и ступенчатого изменения коэффициентов усиления соответствующих усилителей. Установка питается от школьного выпрямителя или от источника, монтируемого в основном блоке. Двухканальная схема прибора и наличие в ее комплекте двух тождественных электрометрических преобразователей обеспечивает возможность одновременного измерения двух величин: величины двух зарядов, величины заряда и напряженности поля, напряженности поля и разности потенциалов, т. е. комбинаций величин, встречающихся при постановке многих опытов по электростатике. Электрометры и прибор для измерения напряженности поля обладают реверсивным свойством, что позволяет непосредственно определять полярность измеряемых зарядов и направление вектора напряженности в различных точках пространства.

2. Высоковольтный генератор для опытов по электростати-

ке, работающий по схеме импульсного преобразователя напряжения и обеспечивающий возможность получения на выходе двух равных по величине и противоположных по знаку (относительно корпуса прибора) постоянных напряжений, плавно регулируемых в пределах от 6 до 20 киловольт. Прибор обладает рядом преимуществ по сравнению с применяемыми на практике установками аналогичного назначения, которые работают по схеме выпрямления высокого переменного напряжения промышленной частоты или по схеме высокочастотного преобразователя напряжения. Предлагаемый генератор более прост в изготовлении и налаживании, в нем отсутствуют трудоемкие и дорогостоящие узлы и детали типа повышающих трансформаторов, высоковольтных полупроводниковых вентилях, трансформаторов высокой частоты и др., работает более устойчиво, не создает помех для радиосвязи и допускает регулировку выходного напряжения более простыми и дешевыми средствами. В приборе используется индукционная катушка, применяемая в системах зажигания автомобильных двигателей, которая включается в анодную цепь выходной лампы генератора. На управляющую сетку лампы действует импульсное напряжение, вырабатываемое мультивибратором. При запираии лампы в цепи катушки возникает колебательное напряжение с большой амплитудой, которое выпрямляется с помощью двух выпрямителей, работающих по схеме с удвоенным напряжением. Регулировка выходного напряжения осуществляется путем изменения частоты колебаний мультивибратора.

Как пример использования рассматриваемых приборов в демонстрационном эксперименте в работе излагается методика постановки десяти опытов: два рода электрических зарядов, одновременное возникновение разноименных и равных по величине зарядов при электризации, явление электростатической индукции, электрическое поле точечного заряда, поля заряженных шаров и параллельных пластин, связь между напряженностью поля и разностью потенциалов, электроемкость системы тел Земля-проводник, зависимость емкости плоского конденсатора от площади пластин и расстояния между ними, емкость батарей конденсаторов.

3. Измеритель индукции магнитного поля, действующий на принципе ферромагнитного преобразования этой величины в переменное напряжение. Прибор состоит из основного блока, в котором смонтирован источник питания и фазочувствительный выпрямитель, и двух выносных феррозондов, подключаемых к основному блоку с помощью гибких кабелей и разъемов. Один из феррозондов используется при исследовании

Магнитного поля кругового тока и поля соленоида, второй — при изучении поля прямолинейного тока и некоторых других вопросов электромагнетизма. В качестве индикатора выходного напряжения применяется демонстрационный амперметр, работающий в режиме гальванометра. Чувствительность прибора регулируется в необходимых пределах путем плавного изменения величины сопротивления в цепи гальванометра. Прибор прост по конструкции, имеет равномерную шкалу, реверсивен, обладает большой чувствительностью и высокой стабильностью нулевого отсчета.

В качестве примера использования прибора в демонстрационном эксперименте в работе рассматривается методика постановки пяти опытов: влияние стального сердечника на магнитное поле катушки, магнитное экранирование, магнитное поле прямолинейного тока, поле кругового тока, магнитное поле соленоида.

4. Прибор для изучения электромагнитной индукции, позволяющий исследовать зависимость величины ЭДС, индуцируемой в прямолинейном проводе, от длины провода, скорости его движения и величины магнитной индукции, а также обобщить найденную закономерность на случай замкнутого контура. В приборе используется магнитное поле, возбуждаемое в пространстве вокруг стального цилиндрического сердечника двумя встречно соединенными катушками, расположенными на торцевых уступах последнего. Вокруг сердечника вращается исследуемый провод жестко соединенный с тремя контактными кольцами, которые делят его на две равные части. ЭДС, индуцируемая в проводе при его вращении, измеряется демонстрационным вольтметром, присоединенным через щетки к соответствующим кольцам. Величина магнитной индукции контролируется по значению тока намагничивания, который измеряется с помощью демонстрационного амперметра.

5. Школьный комбинированный измеритель, предназначенный для измерения малых постоянных напряжений в низкоомных цепях, малых постоянных токов в высоковольтных цепях, для определения величины и направления вектора напряженности электрического поля, а также величины и направления вектора индукции магнитного поля. Прибор может быть использован при постановке демонстраций и работ физических практикумов. В первом случае как индикатор выходного напряжения используется демонстрационный вольтметр с пределами измерения 0—15 вольт, во втором — вольтметр типа М45М с пределами измерения: 0—3—15—150 в или другой аналогичный вольтметр магнитоэлектрической системы. При измерении токов и напряжений возможны два режима рабо-

ты: с отрицательной обратной связью и без такой связи. Первый режим используется преимущественно при лабораторных измерениях, второй — при постановке демонстраций. При включенной обратной связи диапазон измеряемых напряжений состоит из четырехподдиапазонов с пределами измерения: 0—1—10—100—1000 милливольт, а диапазон токов — из двух поддиапазонов с пределами: 0—1—10 мка. При включенной обратной связи чувствительность прибора по току и напряжению увеличивается в сотни раз. Измерение напряженности электрического поля, а также индукции магнитного поля производится по схеме без отрицательной обратной связи. Эти режимы работы прибора используются только при постановке демонстрационных опытов.

В комплект измерителя входят: основной блок прибора, электромеханический зонд для измерения напряженности электрического поля, ферромагнитный зонд для измерения индукции магнитного поля и стабилизированный источник питания. В основном блоке смонтирован избирательный усилитель переменного напряжения и два преобразователя постоянного напряжения в переменное, в одном из которых используется электромагнитный вибратор (типа поляризованного реле), во втором — динамический конденсатор. Зонд для измерения напряженности поля может быть превращен в электрометрический датчик путем навинчивания на его торец специальной насадки. Для всех режимов работы чувствительность прибора регулируется в широких пределах путем ступенчатого изменения коэффициента усиления и плавного изменения величины добавочного сопротивления в цепи вольтметра.

Как пример использования комбинированного измерителя в учебном эксперименте рассматривается методика постановки следующих опытов: возникновение термоЭДС, термостолбик, возникновение ЭДС индукции в прямолинейном проводе, величина ЭДС индукции, несамостоятельный разряд в газах, термоэлектронная эмиссия, фотоэлектрический эффект, максимальная энергия фотоэлектронов, ионизация электронными ударами. Кроме того, рассматривается методика постановки десяти опытов по электростатике, шести опытов по электромагнетизму и двух лабораторных работ, посвященных соответственно градуированию термомпары и снятию характеристик вакуумного фотоэлемента.

6. Комбинированная установка на базе звукового генератора, предназначенная для измерения малых постоянных токов в цепях с большим сопротивлением, для определения величины и направления вектора индукции магнитного поля и для измерений при постановке опытов по проверке формулы

центростремительной силы. В ее состав входят: ферромагнитный зонд для исследования магнитного поля токов, феррозонд для изучения магнитного поля Земли, насадка к центробежной машине с пружинным динамометром и сельсином-датчиком, демонстрационный динамометр с сельсином-приемником и основной блок прибора, в котором вмонтирован звуковой генератор (фиксированной частоты) и реверсивный магнитный усилитель постоянного напряжения. Установка питается от школьного выпрямителя. При измерении токов и магнитной индукции индикатором выходного напряжения служит демонстрационный амперметр, работающий в режиме гальванометра. Прибор успешно может быть использован при постановке демонстраций по электромагнетизму и опытов, связанных с измерением малых постоянных токов. В работе рассматривается методика постановки демонстраций по проверке формулы центростремительной силы.

7. Школьный лабораторный феррометр, применяемый для снятия кривых намагничивания ферромагнитных материалов и для исследования фазовых соотношений в цепях переменного тока. В установке используется метод измерения мгновенных значений переменного тока с помощью прибора магнитоэлектрической системы, включаемого во вторичную цепь, индуктивно связанную с цепью исследуемого тока. Последовательно с прибором включается коммутирующее устройство, периодически замыкающее и размыкающее вторичную цепь на промежутки времени, равные полупериоду тока. Среднее значение вторичного тока, измеряемое прибором пропорционально мгновенному значению исследуемого тока в моменты замыкания вторичной цепи. С помощью фазорегулятора моменты срабатывания коммутирующего устройства постепенно сдвигаются во времени в сторону запаздывания относительно моментов прохождения тока через нулевые значения на определенные интервалы, кратные $\frac{T}{n}$, где n — число точек измерения в интервале времени $(0, T)$. Связь цепи прибора с цепью исследуемого тока осуществляется с помощью катушек взаимной индуктивности. При исследовании фазовых соотношений в цепях переменного тока первичная катушка включается последовательно с потребителем или через активное сопротивление параллельно к нему, и измеряются соответственно мгновенные значения тока и напряжения на данном участке цепи. На основе полученных данных строятся графики изменения этих величин во времени, и по графикам определяется сдвиг фаз между ними. Для снятия кривых намагничивания на исследуемом сердечнике располагаются две обмотки: первичная,

питаемая через катушку взаимной индуктивности переменным током, и вторичная, используемая для питания цепи прибора. При использовании катушки взаимной индуктивности показания прибора пропорциональны мгновенным значениям напряженности поля в сердечнике, а при использовании вторичной обмотки — мгновенным значениям индукции поля.

В качестве прибора магнитоэлектрической системы в установке используется демонстрационный амперметр, работающий в режиме гальванометра. Фазорегулятором служит сельсин, питаемый трехфазным током, или РС-мост с регулируемой активной ветвью. Цепь измерительного прибора коммутируется с помощью электронного ключа или электромагнитного вибратора типа поляризованного реле. В разделе рассматривается методика постановки лабораторных работ по снятию кривых намагничивания стального сердечника и определению сдвига фаз между током и напряжением для индуктивности и емкости.

8. Демонстрационный гальванометр автокомпенсационного типа, предназначенный для измерения малых постоянных токов и напряжений при постановке демонстраций в больших аудиториях вузовского типа. В приборе используется компенсационный метод измерения постоянных напряжений с автоматизированным процессом уравнивания. Прибор имеет круговую равномерную шкалу (диаметром порядка 60 см) с нулевым делением посередине. В следящем устройстве используется асинхронный двигатель типа РД-09, широко применяемый в школьной практике.

Заключительный раздел диссертации «Проверка эффективности предлагаемых методов и средств исследования в школьном преподавании» представляет описание организации и методики проведения педагогического эксперимента, который проходил по таким этапам:

1. Проверка основных методических положений, идей и приборов в экспериментальных классах Луцкой СШ № 15 с участием автора и нескольких учителей и методистов, которые специально приглашались на уроки с использованием такого оборудования.

2. После детального изучения материалов проверки и внесения на основе критических замечаний, предложений и пожеланий соответствующих изменений в конструктивное оформление приборов и методику их применения лучшие образцы приборов рекомендовались для проверки в более широких масштабах, в условиях различных школ при чтении основного и факультативного курсов.

3. С завершением этого этапа экспериментирования автор

получал отзывы учителей, осуществлявших проверку, и высказанные в них рекомендации и пожелания учитывал в своей дальнейшей работе по совершенствованию аппаратуры.

Комплекс задач, которые необходимо было решить путем постановки педагогического эксперимента, в основном сводился к выяснению следующих положений:

1. Целесообразность внедрения в практику работы школы предлагаемых методов и средств измерения с точки зрения повышения эффективности учебного эксперимента как средства наглядности и усиления его роли в деле трудовой и политехнической подготовки учащихся. Влияние таких методов исследования на развитие интереса учащихся к физическому экспериментированию.

2. Доступность рекомендуемых приборов и установок для изготовления в условиях школы с учетом ее технических и материальных возможностей.

3. Отношение к предлагаемым средствам экспериментирования ученых-методистов и широкой учительской общественности.

Чтобы оценить значение новых методов и средств исследования для повышения эффективности учебного эксперимента как средства наглядности и усиления его роли в деле трудовой и политехнической подготовки учащихся, а также выяснить влияние этих методов на воспитание у учащихся интереса к физическому экспериментированию, в опытной школе выбирались два класса, — контрольный и экспериментальный, обучавшиеся приблизительно в одинаковых условиях. Одной из школ, где проводился такой педагогический эксперимент, была Луцкая СШ № 15 (учитель Ольхович Е. А.). 10-а класс был экспериментальным. Учащиеся этого класса при изучении соответствующих вопросов программы знакомились с принципом действия предлагаемых приборов и установок и сами эти приборы широко использовали при постановке демонстраций и работ физических практикумов. 10-б класс был контрольным. Здесь при изучении соответствующих тем программы использовалась общепринятая методика и имеющееся в школе типовое оборудование. В разделе освещаются итоги проведенной проверки и сравниваются знания учащихся контрольного и экспериментального классов по соответствующим темам программы.

Следующим этапом в постановке педагогического эксперимента была популяризация исследования предлагаемых средств и методов. Кроме публикации статей в республиканском научно-методическом сборнике «Методика преподавания физики» и в сборнике «Преподавание физики в школе», автор

неоднократно выступал с докладами и демонстрировал разработанную им аппаратуру на Луцких городских и Волинских областных педагогических чтениях, на занятиях постоянно действующего семинара учителей физики города Луцка и близлежащих районов Волинской области, на отчетно-научных конференциях кафедры Луцкого педагогического института им. Леси Украинки и на занятиях в Луцком и Ковельском филиалах университета педагогических чтений, работающего при Волинском областном институте совершенствования квалификации учителей.

Так, например, в апреле 1965 года автор выступал на областных педагогических чтениях с докладами на тему: «Современные методы измерения как средство повышения эффективности учебного эксперимента по физике», в котором был дан анализ постановки измерений, связанных с изучением ряда тем школьной программы, освещены недостатки такой постановки и поданы соответствующие рекомендации по разработке и конструированию новой аппаратуры с использованием методов измерения, широко применяемых в науке и технике. Как пример реализации некоторых идей вниманию учителей были предложены новые приборы: электрометр с электромеханическим измерительным преобразователем, измеритель напряженности электрического поля и установка для изучения электромагнитной индукции. Приборы и основные идеи, изложенные в докладе, получили положительную оценку со стороны большинства участников чтений.

На занятиях постоянно действующего семинара учителей города Луцка и ряда районов Волинской области на протяжении 1964—1967 гг. автор выступал с докладами, посвященными обзору применяемых в науке и технике методов измерения разности потенциалов, напряженности электрического поля, индукции магнитного поля и некоторых других физических величин, обзору методов снятия кривых намагничивания ферромагнитных материалов, а также отбору соответствующих методов исследования для учебного эксперимента в школе. При этом вниманию учителей были предложены новые приборы и установки: электрометр и прибор для измерения напряженности поля с электромеханическими преобразователями, приборы для измерения малых постоянных токов и напряжений с преобразованием постоянного напряжения в переменное, измеритель индукции магнитного поля с ферромагнитным преобразователем, лабораторный феррометр и некоторые другие, а также поставлены наиболее интересные демонстрации и эксперименты лабораторного типа с применением этих приборов. Предлагаемые средства измерения и методика постановки

опытов с ними всякий раз получали положительную оценку со стороны участников семинара.

На протяжении ряда лет автор выступал с докладами по материалам диссертации, на отчетно-научных конференциях, проходивших в Луцком государственном педагогическом институте им. Леси Украинки. В работе секции физики на большинстве конференций принимали участие учителя школ города и области и студенты старших курсов института. Выполненная автором работа по конструированию новых приборов и разработке методики их использования в школьном эксперименте каждый раз получали положительную оценку со стороны коллег по кафедре и приглашаемых на заседания секции учителей физики и студентов.

Материалы диссертации служили предметом ряда докладов, прочитанных автором в Луцком и Ковельском филиалах университета педагогических знаний. В частности, в апреле 1967 года был прочитан доклад на тему: «Снятие кривых намагничивания ферромагнитных материалов с помощью феррометра», в котором был дан краткий обзор наиболее распространенных методов таких исследований, обоснована целесообразность внедрения в практику работы школы метода феррометра, а также изложен материал по конструированию феррометров школьного типа, ознакомлению с принципом их действия и постановке лабораторной работы по снятию кривых намагничивания стального сердечника. Предложенный автором метод исследования получил общее признание.

Измерительные приборы и установки, рассматриваемые в данной работе, неоднократно экспонировались на Луцких городских и Волынских областных выставках технического творчества учителей и учащихся, а также на областных технических выставках, устраиваемых по инициативе областной организации ВОИР. Измерительная установка для опытов по электростатике, школьный комбинированный измеритель и комбинированная измерительная установка на базе звукового генератора были отмечены грамотами Волынского областного совета ВОИР и призами. По решению методического совета Волынской областной станции юных техников измерительная установка для опытов по электростатике, высоковольтный генератор, измеритель индукции магнитного поля, прибор для изучения электромагнитной индукции и школьный лабораторный феррометр отобраны для сборника «Новые школьные измерительные приборы», который будет опубликован в первом квартале 1969 года.

Публикация статей в журналах, выступления с докладами и сообщениями перед учителями, экспонирование приборов на

выставке технического творчества и некоторые другие мероприятия способствовали возбуждению интереса широкой учительской общественности к новым методам экспериментирования, что дало возможность проверить эффективность предлагаемой методики в условиях многих школ города Луцка и Волынской области. При этом проверялись как приборы, сконструированные самим автором, так и те, которые изготовлялись по его рекомендациям на занятиях физико-технических кружков в школе. С завершением этого этапа экспериментирования автор получил ряд отзывов от учителей, осуществлявших проверку, в которых утверждается высокая эффективность демонстраций и работ физических практикумов с использованием новых приборов, подчеркивается положительное влияние предлагаемых методов исследования на возбуждение интереса учащихся к изучаемому материалу, повышение их активности на уроках, улучшение качества знаний по физике (выдержки из отзывов приведены в работе).

Проведенный педагогический эксперимент позволяет сделать следующие выводы:

1. Рассматриваемые в работе измерительные приборы и установки способствуют повышению эффективности учебного эксперимента как средства наглядности. Демонстрационные опыты с использованием новых средств измерения дают возможность более глубоко, наглядно и убедительно, чем это имеет место в случае применения имеющегося в школе оборудования, раскрыть перед учащимися сущность изучаемых явлений и закономерностей.

2. Новый физический эксперимент возбуждает интерес учащихся к изучаемому материалу, активизирует их мыслительную деятельность на уроках и в связи с этим обеспечивает более глубокое и прочное усвоение ими соответствующих тем и разделов программы.

3. Предлагаемый эксперимент создает благоприятные условия для ознакомления учащихся с современными методами научных исследований, существенно расширяет их политический кругозор, способствует приобретению учащимися многих измерительных умений и навыков, необходимых в работе с современной аппаратурой.

4. Новые средства измерения позволяют поднять уровень культуры экспериментирования как при постановке демонстраций, так и в лабораторных условиях, что имеет важное значение для воспитания у учащихся уважения и интереса к экспериментальным исследованиям.

5. Эксперимент с использованием новых методов и средств измерения вполне доступен для понимания учащимися. Прин-

цип действия приборов в полной мере может быть раскрыт на основе закономерностей, изучаемых в школьном курсе физики.

6. Созданные приборы полностью отвечают требованиям, предъявляемым современной методикой к школьным средствам экспериментирования.

7. Предлагаемые приборы и установки доступны как в материальном, так и в техническом отношении для их изготовления в условиях школы.

Автор надеется, что выполненная им работа принесет некоторую пользу делу повышения качества преподавания физики в школе, осуществлению задач политехнического обучения и трудового воспитания учащихся.

Основные положения диссертации опубликованы:

1. Прибор для измерения скоростей и ускорений (на украинском языке), сб. «Методика викладання фізики», вып. 1, «Радянська школа», К., 1964 (соавтор Церковникий С. А.).

2. Использование сельсинов в демонстрационном эксперименте по физике (на украинском языке), сб. «Методика викладання фізики», вып. 1, «Радянська школа», К., 1964 (соавтор Калапуша Л. Р., Церковникий С. А.).

3. Установки для получения заданных скоростей и ускорений (на украинском языке), сб. «Методика викладання фізики», вып. 2, «Радянська школа», К., 1966 (соавторы Калапуша Л. Р., Церковникий С. А.).

4. Школьный универсальный электронизмерительный прибор (на украинском языке), сб. «Методика викладання фізики», вып. 3, «Радянська школа», К., 1967.

5. Прибор для измерения малых токов на базе магнитного усилителя (на украинском языке), сб. «Викладання фізики в школі», вып. 5, «Радянська школа», К., 1967 (соавтор Церковникий С. А.).

6. Высокочастотный генератор для опытов по электростатике (на украинском языке), сб. «Викладання фізики в школі», вып. 5, «Радянська школа», К., 1967.

