

Н-59

571-

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

---

Н. Н. НЕЧИПОРУК

**НОВЫЕ ПРИБОРЫ ПО МЕХАНИКЕ  
И МЕТОДИКА ИХ ПРИМЕНЕНИЯ  
В ШКОЛЬНОМ ФИЗИЧЕСКОМ ЭКСПЕРИМЕНТЕ**

СПЕЦИАЛЬНОСТЬ: 13.731 — методика физики

Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата педагогических наук по методике  
физики

Киев — 1971

НБ НПУ  
імені М.П. Драгоманова



100313534



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

---

---

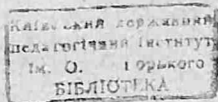
53(07)  
Меч

Н. Н. НЕЧИПОРУК

НОВЫЕ ПРИБОРЫ ПО МЕХАНИКЕ  
И МЕТОДИКА ИХ ПРИМЕНЕНИЯ  
В ШКОЛЬНОМ ФИЗИЧЕСКОМ ЭКСПЕРИМЕНТЕ

СПЕЦИАЛЬНОСТЬ: 13.731 — методика физики

Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата педагогических наук по методике  
физики



Киев — 1971

Работа выполнена в Винницком Государственном педагогическом институте им. Н. Островского. Научный руководитель кандидат педагогических наук, доцент **А. Н. Яворский**.

**Официальные оппоненты:**

доктор физико-математических наук, профессор, заслуженный деятель науки РСФСР **Н. Н. Малов**,  
кандидат педагогических наук, доцент **М. Г. Целинко**.

**Внешняя рецензия:**

Сумский педагогический институт им. А. С. Макаренко.

Автореферат разослан «*15*» *марта* 1972 г.

Защита диссертации состоится «*10*» *мая* 1972 г.  
на заседании Ученого Совета Киевского государственного педагогического института им. А. М. Горького, г. Киев-30, бульвар Шевченко, 22—24.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

**Ученый секретарь Совета.**

Школьный физический эксперимент весьма разнообразен. Это классные демонстрации, фронтальные лабораторные работы, лабораторный практикум, решение экспериментальных задач.

Известно, что эксперимент является неотъемлемой частью курса физики, частью его содержания. Содержание школьного курса физики не остается постоянным, оно зависит от уровня развития техники. Наука и техника непрерывно развиваются. Этим обусловлена необходимость непрерывного усовершенствования эксперимента, необходимость постановки новых опытов, повышения эффективности приборов, применения новых методов, что особенно важно в настоящее время, когда вводятся новые школьные программы по физике.

Повышением эффективности эксперимента достигается очень многое: лучшее понимание учеником отдельных фактов, воздействие на его эмоциональное состояние с целью повышения интереса к предмету, и, что очень важно, получение экономии учебного времени.

Из сказанного видно, что необходимость в повышении эффективности школьного физического эксперимента никогда не исчезнет, и школе всегда будут нужны новые приборы.

В нашей стране школе уделено особое, всестороннее внимание. Огромная забота и внимание к школе отражены в трудах классиков марксизма-ленинизма и в партийных документах, о необходимости оснащения советской общеобразовательной школы современным учебным оборудованием говорится в Директивах XXIII съезда КПСС.

В многочисленной научной и методической литературе очень подробно и полно освещены вопросы, касающиеся постановки школьного эксперимента. Среди многих дидактических положений там детально рассмотрено значение эксперимента, его место в школьном курсе физики и четко указаны требования, предъявляемые к учебным приборам. Поэтому автор счел нецелесообразным касаться названных вопросов.

Результатом огромного внимания к школе является в частности тот факт, что в нашей стране промышленность изготавливает многочисленное и разнообразное учебное оборудование высокого качества.

Если проанализировать обеспечение удачными конструкциями приборов отдельных тем школьного курса физики<sup>1)</sup>, то окажется, что немалые трудности в постановке эксперимента встречается учитель при изложении некоторых разделов механики. Причем, это как раз те разделы, которые трудно усваиваются учащимися: кинематика, динамика, гидродинамика, механические колебания и волны.

Недалеко то время, когда учитель откажется от применения метронома при исследовании движения тел, от сложных и громоздких установок для проверки законов кинематики и динамики, от всевозможных косвенных методов и приемов при определении малых промежутков времени и т. п.

Для поставки эксперимента по механике учителю нужны простые, удобные и во многих случаях автоматически действующие приборы. Желательно, например, применить более удобные и точные методы записи равномерного и равномерно-переменного прямолинейных движений, записи траектории движения тела по параболе и т. п.

Для эксперимента по разделу «Механические колебания и волны» желательны удобные приборы для объяснения фазы, демонстрации наиболее часто применяемых автоколебательных систем (например, в часах), для объяснения сложения гармонических колебаний, объяснения меха-

---

<sup>1)</sup> Румянцев И. М. и др. Технико-педагогические задания на проектирование, конструирование и изготовление учебного оборудования, АПН, М., 1970.

низма образования волн, понятия длины волны, более удобных приемов демонстрации образования разных стадий волны и т. п.

Практика работы в школе показывает, что даже при неплохом оборудовании физического кабинета приборами промышленного изготовления всегда возникает необходимость в изготовлении самодельных приборов и установок. Обращает на себя внимание тот факт, что в методических журналах и сборниках по эксперименту очень часто встречаются описания оригинальных и высокоэффективных самодельных приборов и установок, многие из которых впоследствии передаются для промышленного изготовления или предлагаются учителям для изготовления в условиях школы<sup>1)</sup>. Творческие усилия методистов и учителей в указанном направлении заметно растут.

Желая внести определенный вклад в развитие школьного физического эксперимента, автор диссертации поставил перед собой цель исследовать вопросы унификации применения некоторых приборов, разработать конструкции и методику применения приборов для демонстрации тех явлений механики, воспроизведение которых в школьных условиях связано с определенными затруднениями, но может быть осуществлено с достаточным эффектом на самодельных приборах.

Изучение школьных программ, изучение отечественной и зарубежной литературы, изучение состояния эксперимента по механике в школах Винницкой области, а также постоянный контакт с учителями и личный опыт преподавания физики в школе способствовали разработке той тематики, которая отражена в данном исследовании. При этом автор, исходя из поставленной задачи, руководствовался следующими положениями:

1. Разработка и построение нового прибора не является самоцелью. Его необходимость определяется конкретными условиями и возможными путями повышения эффективности опыта. В тех случаях, когда желаемого результата можно достичь путем применения иного метода или иной ус-

---

1) Гаврилов Е. Г., Снегирев Б. А., Рационализаторская работа учителей, ж. «Физика в школе», № 3, 1966, стр. 48.

тановки на базе имеющегося оборудования, то новый прибор не нужен<sup>1)</sup>.

2. Предлагаемый новый прибор должен быть самодельным, т. е. таким, что его можно изготовить из доступных материалов без машинной обработки деталей.

3. Каждый прибор по своей идее или конструкции должен быть оригинальным.

4. Учебная и методическая ценность прибора должны быть очевидными.

5. Универсальность прибора можно расценивать положительно в том случае, если она не снижает других его качеств (точность при измерениях, эффективность, наглядность, эстетический вид).

6. Приборы для демонстраций должны отличаться (сравнительно с известными приборами) большей выразительностью, простотой и, кроме того, должны давать экономию времени, идущего на подготовку и проведение опыта.

7. Приборы для лабораторных работ должны быть рассчитаны на применение более эффективных (или выгодных) методов нахождения физических величин, или соотношений между ними.

8. Нельзя считать удачной разработку опыта в таком варианте, когда приходится следить за движением тела и одновременно снимать показания приборов. Необходимый результат (или эффект) должен фиксироваться автоматически и наблюдаться после остановки тела.

9. В предлагаемых установках для опытов должно быть предусмотрено применение наиболее распространенного в школах оборудования промышленного изготовления. Характерным для многих современных приборов есть то, что они не обособлены от других приборов физического кабинета.

10. Желательно, чтобы приборы, предназначенные для физического практикума, отличались комплексностью, т. е. чтобы работа с прибором требовала знания целого раздела физики или нескольких разделов и этим обеспечивалась бы эффективность повторения или иллюстрация связи между

---

<sup>1)</sup> Зворыкин Б. С., К вопросу о конструировании учебных приборов ж. «Физика в школе», № 2, 1965, стр. 59.



законами природы, которые изучаются в разных разделах физики.

11. Самодельный прибор не должен отличаться от промышленных образцов приборов такого же типа (надежностью и внешним видом).

12. Рекомендовать прибор для изготовления можно только после проверки его надежности и эффективности в условиях школы.

13. Более сложные и необходимые приборы должны быть построены с расчетом на промышленное их изготовление в будущем.

В данной работе описаны приборы и установки удовлетворяющие, на наш взгляд, перечисленным выше положениям.

Анализ эксперимента по кинематике и динамике показал, что недостаточная эффективность опытов (большая трата времени, излишняя загроможденность рабочего места, трудности в восприятии результатов) объясняется отсутствием дешевого и удобного секундомера — датчика времени, приспособленного для школьных опытов, а также отсутствием эффективного и универсального прибора по кинематике и динамике прямолинейного движения.

Указание путей устранения этого недостатка в эксперименте по кинематике и динамике — первая половина основной задачи, поставленной в диссертации. Поиски путей решения указанной задачи привели к следующему:

1. Принимая во внимание, что разработка дешевого школьного демонстрационного секундомера, удовлетворяющего всем требованиям к нему, оказалась нелегким делом и учитывая, что в методической литературе уделено должное внимание разработке электронных устройств для опытов по механике, связанных с измерением времени<sup>1)</sup> автор, отдавая должное электронике, все же считал целесообразным провести необходимые исследования в области механических и электро-механических устройств, которые исследованы методистами в значительно меньшей мере.

Исследования автора показали, что механизм механического секундомера может быть значительно проще меха-

1) Миргородский Б. Ю., Радиоэлектроника в школьном физическом эксперименте, изд. «Радянська школа», К., 1968.

низма обыкновенных часов, если баланс в часах заменить колеблющейся стальной пластинкой (язычком), а анкерное колесо — эксцентриком. Испытания такого секундомера дали хорошие результаты.

2. В школьной практике можно применить также электрический секундомер вибрационного типа (тип ПВ-53 III, завод Энергоприбор), который примерно в пять раз дешевле электронного секундомера. Если устройство зубчатого редуктора и способ возврата стрелок в исходное положение оставить в данном приборе без существенных изменений, то в демонстрационном варианте его шкала может быть рассчитана на 5 сек, что в основном школьный эксперимент удовлетворяет.

Нужно отметить, что электро-механический секундомер, построенный на базе синхронного электродвигателя (ДСД 60-П-1) более надежен в работе по сравнению с выше упомянутым. Наличие электродвигателя дает возможность применить в механизме коммутацию для записи движения тела и, кроме того, использовать секундомер как датчик времени.

Для настройки секундомера на выбранный промежуток времени и возврата стрелок в исходное положение автор исследовал способ применения в механизме зубчатой рейки. Он дал хорошие результаты.

3. Исследована возможность построения секундомера по типу обыкновенных часов, т. е. с применением свободного анкерного спуска. Оказалось, что такой прибор возможен с ценой деления шкалы равной 0,02 сек., что может удовлетворить школу.

4. Разработан набор дополнительного оборудования к секундомеру — универсальный прибор по кинематике и динамике для проведения опытов, предусмотренных программой средней школы.

Известно, что к прибору по кинематике и динамике предъявлены многие технико-методические требования, осуществить которые в одном приборе трудно, поэтому признаю целесообразным применять по данной теме несколько приборов, отличающихся между собой не только объектами движения (тележка, шарик, грузы, подвешенные на нити), но и другими методическими возможностями.

Исследования автора показали, что демонстрационный прибор по кинематике и динамике прямолинейного дви-

жения целесообразно построить на базе специально приспособленного демонстрационного секундомера — датчика времени. К секундомеру прилагаются две легкие рельсовые дорожки разной длины и набор принадлежностей (деталей), хранящихся в небольшом футляре.

Особенность прибора в том, что он позволяет наблюдать разные объекты движения (тележку, подвешенные к нити грузы, шарик), т. е. объединяет все три известные приборы по данной теме<sup>1)</sup>. Запись движения тележки или подвешенных грузов производится метками краской на линейке рельсовой дорожки (или бумажной ленте) при помощи импульсов тока, даваемых секундомером. Исполнительным элементом при этом является небольшой электромагнит, установленный на тележке или штативе.

Кроме всех названных выше и других, описанных в методической литературе, опытов по данной теме, прибор позволяет: а) записать движение тележки относительно подвижной и неподвижной систем отсчета, т. е. одновременно произвести запись на неподвижной дорожке и движущейся платформе при разных скоростях и разных видах движения упомянутых объектов, б) проверить закон скоростей на основании одной записи движения, в) исследовать свободный полет тела, брошенного вертикально вверх, г) показать свободные колебания, вынужденные колебания и явления резонанса, д) решать многие экспериментальные задачи. Все установки для опытов сравнительно несложны.

5. Описанный в данном исследовании лабораторный прибор по кинематике и динамике отличается от аналогичного прибора промышленного изготовления наличием цилиндрического анкерного спуска в устройстве маятникового хронографа. Этим несколько расширены его возможности.

6. Для определения ускорения силы тяжести методом записи колебаний камертона в данной работе предлагается более простой и более надежный в работе прибор, где применяется запись колебаний свободно падающего камертона на неподвижной пластинке.

7. Существующая методика проверки закона скоростей при равноускоренном движении требует большой затраты

---

<sup>1)</sup> Прибор по кинематике и динамике с вращающимся цилиндром (конструкция И. В. Румянцева), машину Атвуда и желоб Галилея.

времени даже в случае применения секундомера и датчика времени, поэтому автором предложена иная методика проверки и демонстрации данного закона, где отношение мгновенных скоростей тела через равные промежутки времени определяется отношением отрезков пути. Тогда для проверки закона потребуется только одна запись движения тела с отметкой отрезков пути за одно и то же время через одну секунду. Такой опыт предусмотрен автором в демонстрационном наборе к секундомеру и в лабораторном приборе по кинематике и динамике с применением маятника для записи движения тела на гибкой ленте.

8. Наличие секундомера — датчика времени с принадлежностями к нему в какой-то мере решает трудные вопросы постановки эксперимента по кинематике и динамике. Однако, для отдельных опытов (определение ускорения силы тяжести, второй закон динамики, третий закон динамики) найдены иные пути повышения эффективности эксперимента и значительной экономии времени. Так, для определения ускорения свободного падения предложен метод усреднения времени падения многих тел с одной и той же высоты. Тогда для измерения времени падения тела можно применить карманный секундомер.

Для проверки второго и третьего законов Ньютона предложен метод сравнения движений двух тел (или двух систем тел) в течение одного и того же времени, причем разработано несколько вариантов постановки каждого опыта. В этих опытах вообще отпадает необходимость измерения времени, и секундомер не нужен.

9. В разделе «Гидродинамика» обращено внимание на демонстрацию закона Бернулли и применение этого закона в расходомерах — приборах для определения расхода жидкости в трубопроводе, т. е. массы жидкости, протекаемой через сечение трубопровода за единицу времени. Для указанных демонстраций разработана установка (или прибор) с применением дифференциального манометра.

10. С развитием космонавтики, в школах повысился интерес к изучению состояния невесомости и перегрузок. В методической литературе описано много приборов и установок для демонстрации этого явления. Особенность демонстрации данного явления в том, что полет (падение) тела

вместе с платформой в условиях лаборатории может наблюдаться весьма кратковременно, а эффект невесомости или перегрузки почти во всех описанных опытах может наблюдаться только во время движения тела. В таких условиях опыт теряет выразительность. Для устранения этого недостатка предлагается способ, где факт невесомости или перегрузки отмечается звуковым сигналом и, кроме того, специальными указателями.

11. Современный школьный лабораторный прибор для определения деформаций оборудован техническим измерительным индикатором (зубчатым индикатором), широко применяемым в машиностроении.

Демонстрационного измерительного индикатора промышленности не выпускает.

Не трудно заметить, что каждый пружинный динамометр содержит в себе какой-либо измерительный индикатор, поэтому в устройстве названных приборов часто бывает много общего.

Исследования автора в области усовершенствования данных приборов показали, что измерение сил и деформаций в лабораторном и классном эксперименте можно значительно унифицировать, если применить динамометр, построенный на базе технического измерительного индикатора.

В данном приборе чувствительным элементом выбрана стальная пластина, закрепленная одним концом. Измерительный индикатор снабжен съемной двухсторонней демонстрационной стрелкой.

Прибор используется как демонстрационный динамометр с двумя пределами измерений: от 0 до 20Н и от 0 до 2 Н и ценой деления шкалы соответственно 1 Н и 0,1 Н. После установки дополнительных деталей (рычагов и груза) прибор легко превращается в чувствительные демонстрационные весы с ценой деления шкалы 1000 дн или 100 дн. Тогда его удобно применить для измерения сил и давлений в опытах по аэродинамике и для демонстрации определения поверхностного натяжения в жидкостях.

При измерениях давлений в воздушных потоках в качестве чувствительного к давлению элемента применен плавающий вверх дном небольшой сосуд, который присоединяется к названному выше динамометру. Тогда прибор служит

микроманометром с ценой деления шкалы 1 мм водяного столба и пределом измерения 20 мм водяного столба.

Таким образом, универсальный динамометр позволяет отказаться от выпуска аэродинамических весов, микроманометра, динамометра с круглым циферблатом, от изготовления самодельного прибора для демонстрации закона Гука и самодельного чувствительного динамометра для определения коэффициента поверхностного натяжения.

Отметим, что измерительный индикатор универсального динамометра—весов остается пригодным для использования его в лабораторных приборах и установках.

12. Исследования, связанные с унификацией измерений в лабораторных и классных опытах по определению коэффициента линейного расширения и проверке закона Гука показали, что для данных опытов можно создать один прибор, взяв за основу, например, прибор для определения коэффициента теплового расширения.

Среди приборов, выпускаемых промышленностью для изучения криволинейного движения, вращающийся диск с принадлежностями и модели центробежных механизмов нужно признать самыми удачными и самыми необходимыми.

Опыты для изучения движения тела по параболе в меньшей мере обеспечены приборами промышленного изготовления.

Описанные в методической литературе самодельные приборы для демонстрации закона сохранения момента импульса<sup>1)</sup> не лишены недостатков. Во-первых, применяемый там способ перемещения грузов неудачен в том смысле, что там трудно указывать на условие изолированности вращающейся системы тел. Во-вторых, там не предусмотрена та часть опыта, когда начальный момент количества движения системы равен нулю.

Для демонстрации названного выше закона в данном исследовании описан сравнительно простой прибор; по идее напоминающий скамью Жуковского, где положение вращающихся грузов и их момент инерции меняется при помощи

<sup>1)</sup> Буров В. А. и др., Демонстрационный эксперимент по физике в старших классах средней школы, т. I, М., 1967, стр. 107. Поньрко Н. В.; Прибор для демонстрации закона сохранения момента количества движения, ж. «Физика в школе», № 3, 1965; стр. 52.

электрического микродвигателя. Электродвигатель при этом является составной частью вращающейся системы и опыт выглядит убедительнее. Прибор позволяет показать ту часть опыта, когда начальный момент импульса системы равен нулю.

14. Для записи траектории полета тела по параболе в данной работе описан новый прибор. Кроме того, с целью более полного изучения принципа суперпозиции предлагается установка для лабораторной работы школьного практикума, в которой можно проверить, что вращающееся тело падает с укореннем силы тяжести, сохраняя при этом (по инерции) скорость вращения неизменной.

Известно, что многие понятия раздела физики «Колебания и волны» трудно усваиваются учащимися (определение гармонических колебаний, понятие фазы, понятие волны, зависимость длины волны от частоты, интерференция волн, образование стоячих волн и др.). Если попытаться вскрыть причины трудностей, то на первый план нужно поставить факт отсутствия некоторых пособий. В связи с наличием указанных трудностей нельзя не заметить значительных усилий методистов и учителей, направленных на улучшение методики преподавания данного раздела.

В методических пособиях и журнальных статьях можно найти описания многих самодельных приборов, прочесть о методике изложения отдельных тем, о методических приемах, дающих возможность четко определить фазу и другие понятия.

Все же многие вопросы, касающиеся эксперимента при изложении колебаний и волн, полностью не решены. Это явилось причиной того, что автор особое внимание уделил именно этому разделу механики.

Разработка новых приборов по теме «Механические колебания и волны», вторая половина основной задачи, поставленной в диссертации.

Исследования в указанном направлении привели к необходимости работы над созданием следующих приборов:

1. Прибор для демонстрации связи между вращательным движением и гармоническими колебаниями. В основу конструкции прибора положен упрощенный кривошипно-

кулисный механизм. Прибор отличается простотой, наглядностью, компактностью и более широкими демонстрационными возможностями.

2. Прибор для демонстрации автоколебаний в настенных часах с маятником и объяснения обратной связи отличается предельной простотой и хорошей наглядностью.

3. Прибор для демонстрации автоколебаний в наручных часах — значительно упрощенная модель свободного анкерного спуска. На приборе можно исследовать зависимость периода колебаний баланса от его момента инерции и упругости возвращающей пружины. Кроме того, прибор дает понятие о принципе устройства наручных часов.

4. Прибор для демонстрации автоколебаний в поле сил тяжести представляет собой наклонную винтовую дорожку, по которой скатывается металлический шарик. Под действием натянутой пружины шарик автоматически переносится с основания дорожки на ее вершину. Так устанавливаются автоколебания. Прибор успешно используется как механическая модель электрической цепи.

5. Прибор для демонстрации сложения колебаний, направленных по одной прямой, представляет собой три деревянных кружка, соединенные между собой при помощи двух пружинок и нити. Прибор отличается простотой в устройстве и хорошей наглядностью.

6. Универсальный прибор для демонстрации гармонических колебаний рассчитан на демонстрацию одновременных колебаний двух элементов (кружков), имеющих разные амплитуды, разные фазы и одинаковые частоты. На приборе можно показать: а) связь между вращательным движением и гармоническими колебаниями, б) гармонические колебания двух точек с разной разностью фаз, в) разные случаи сложения гармонических колебаний двух точек, направленных по одной прямой, г) разные случаи сложения взаимно перпендикулярных колебаний (фигуры Лиссажу).

7. Прибор для демонстрации механических волн представляет собой набор легкоподвижных деревянных брусочков, соединенных резиновой нитью. На приборе можно показать поперечные и продольные бегущие и стоячие волны, а также отражение волн с потерей и без потери полуволны. Прибор отличается компактностью, простотой в изготовлении и хорошей наглядностью.



8. Разработанная автором волновая машина позволяет показать (кроме известных опытов) разные фазы образования продольной волны, продемонстрировать волны разной длины, показать картину поверхностной волны, затухающие волны и результат наложения двух волн.

Универсальная волновая машина позволяет, кроме перечисленных опытов, показать результат наложения волн, распространяющихся по одной прямой в разных случаях, когда направления их распространения совпадают и когда они противоположны при разном сдвиге фаз в каждом случае.

9. Прибор для объяснения механизма сложения волн состоит из двух проволочных синусоидальных шаблонов, которые при перемещении возбуждают колебания одних и тех же элементов (кружков). На экране прибора при этом можно наблюдать результат сложения волн, имеющих одинаковые или противоположные направления.

10. Прибор для демонстрации механизма образования волн на поверхности жидкости.

Как известно, в случае бегущей волны на поверхности жидкости элементарные частицы среды совершают не колебательные, а вращательные движения, и волна получается несинусоидальной. Этот факт демонстрируется на несложном приборе, идея которого осуществлена впервые.

Исследования автора показали, что при изучении гидроаэродинамики целесообразно применить специальный прибор для демонстрации теоремы Бернулли и технического применения ее в приборах-расходомерах с дифференциальным манометром.

Названный прибор позволяет: а) сравнить не только статические, но и динамические давления жидкости при небольших скоростях течения, б) удобно показать тот факт, что суммы статического и динамического давлений в двух сечениях одного и того же потока одинаковы. Кроме того, при помощи прибора можно проверить формулу динамического давления. Оптическая или теневая проекция при демонстрациях не применяются. На приборе используется водяной дифференциальный манометр, чем обеспечена высокая его чувствительность и возможность постановки опытов при малых скоростях потока, следовательно, и малых напо-

рах. Последнее дало возможность успешно применить прибор в лабораторном практикуме с целью проверки того факта, что разность уровней жидкости в дифференциальном манометре прямо пропорциональна квадрату расхода жидкости. Опыт постановки данной лабораторной работы в школах показал, что она вызывает интерес и расширяет знания учащихся.

Кроме того, в диссертации показана целесообразность использования в эксперименте по гидроаэродинамике универсального динамометра с принадлежностями.

При апробации приборов в условиях школы намечалось проверить: а) эффективность опытов, б) возможность объяснения учащимся принципа устройства и действия прибора, в) простоту и удобство в обращении с прибором, его надежность в работе, г) время, идущее на подготовку и проведение опыта, д) возможность использования некоторых приборов на занятиях разного вида (урок объяснения, лабораторный практикум, решение задач), а также при изучении разных разделов физики, е) наличие в школах материалов для изготовления прибора.

Так как поиск эффективных способов постановки каждого опыта сопровождался, как правило, построением нескольких приборов, то в результате проведения педагогического эксперимента были отобраны наиболее эффективные образцы, большинство из которых упомянуто выше.

На основании материалов экспериментальной проверки разработанных приборов в условиях школы, была написана данная диссертация, состоящая из введения и пяти глав.

Во введении обоснованы цели и задачи, поставленные в диссертации.

В первой главе дан обзор современных приборов по механике и показаны преимущества приборов автора.

Во второй главе «Новые приборы по механике» описано 27 приборов для демонстраций и лабораторных работ из разделов: кинематика, динамика, колебания и волны. В описаниях указано: принцип действия прибора, назначение, возможности и преимущества перед другими образцами приборов такого же назначения. Описания иллюстрированы рисунками. Для более сложных приборов в приложениях даны чертежи деталей и указаны размеры или даны указания к изготовлению.

В третьей главе «Методика использования новых приборов в классном эксперименте» описано 47 названий опытов по таким темам: прямолинейное движение (11 опытов), законы динамики (5 опытов), деформации (3 опыта), криволинейное движение (2 опыта), вращательное движение твердого тела (1 опыт), механические колебания (10 опытов), механические волны (7 опытов), движение жидкостей (8 опытов).

В четвертой главе «Методика использования новых приборов в лабораторном практикуме» описано 12 работ практикума по механике.

В пятой главе работы «Экспериментальная проверка приборов в условиях школы» даны сведения о внедрении описанных в диссертации приборов в школьную практику и сделаны выводы, вытекающие из экспериментальной проверки их эффективности.

В конце работы дан список использованной литературы и список статей автора, в которых опубликованы материалы диссертации.

В приложении № 7 «Методика постановки и решения экспериментальных задач с применением новых приборов» описано 20 экспериментальных задач такого типа, когда правильность решения проверяется опытом.

6. Методика исследования вопроса об эффективности применения новых приборов в условиях школы заключалась в том, что в одном из двух равноценных по успеваемости параллельных классов учебный материал излагался с использованием общеизвестных приборов (контрольный класс), а в другом, кроме того, демонстрировались приборы автора (экспериментальный класс).

В процессе исследования в школе № 5 (учитель ДЯЧУК М. Т.), в школе № 8 (учитель УЛЬЯНОВ А. Г.) г. Винницы и Мизяко-Хуторянской школе Винницкой области) учитель МАКСИМЕНКО И. П.) систематически велись целевые записи тех уроков, на которых применялись проверяемые приборы. Указанные записи, а также контрольные работы, проводимые после прохождения определенной темы, изучались. Полученные при этом результаты обобщались и сравнивались.

Кроме того, автор собирал и изучал отзывы и мнения учителей о его приборах, используя для этого многочислен-

ные семинары, совещания и курсы, проводимые по линии областного института усовершенствования квалификации учителей.

В целевых записях фиксировался характер ответов учащихся, полученные ими оценки, а также замечания о работе приборов автора (время, затраченное на демонстрацию сравнительно со временем для проведения общепринятых опытов, точность определения физической величины, разброс результатов при повторении опыта, «выразительность» опыта и т. д.).

В целевых записях, например, было отмечено, что демонстрация второго закона Ньютона при помощи прибора, построенного автором заняла всего около 12 минут, в то время как демонстрация на приборе промышленного изготовления требует затраты времени около 30 минут.

Значительная экономия времени (в два-три раза) отмечена также в записях после демонстрации закона скоростей и закона путей при равноускоренном движении, после определения ускорения силы тяжести и проверки формулы для периода колебаний маятника, после опытов, формирующих понятие равномерного движения, мгновенной скорости, относительности движений, фазы, а также демонстрации сложения колебаний, фигур Лиссажу, разных стадий образования бегущих волн и т. д.

Сравнение большого числа ответов учащихся (около 500) контрольных и экспериментальных классов показывает, что в знаниях учащихся экспериментальных классов ярче и полнее выражены следующие особенности: 1) термины, названия и понятия, которыми оперируют учащиеся, поняты и осмыслены, 2) положения и законы не механически заучены, а более продуманы и осознаны, 3) учащиеся в большей мере обнаруживают умение применять физические закономерности для объяснения тех или иных явлений жизни (действенность знаний), 4) учащиеся более осмысленно понимают функциональную зависимость между величинами, входящими в ту или иную формулу (закон).

Все это дает право автору полагать, что его приборы способствуют борьбе с формализмом в знаниях учащихся и формированию их научного мышления.

Эффективность приборов можно объяснить следующими их преимуществами, отмеченными во многих целевых

записях уроков: а) большей наглядностью демонстраций. Например, в приборе для демонстрации связи колебательного движения с равномерным движением по окружности учащиеся непосредственно и без затемнения наблюдают вспомогательную вращающуюся точку и ее проекцию, т. е. колеблющуюся точку, что облегчает восприятие физического смысла величин, характеризующих колебательное движение. При демонстрации второго закона динамики имеется возможность количественного сравнения ускорений, при демонстрации волн учащиеся могут одновременно наблюдать несколько гребней, сгущений, узлов стоячей волны и т. д., б) значительно меньшей продолжительностью демонстраций. За короткое время демонстрации внимание и интерес учащихся не успевают ослабевать, а, кроме того, выигранное время дает возможность учителю более подробно и доходчиво изложить соответствующий материал, повторить отдельные эпизоды демонстрации и т. д. Все это содействует большему осмысливанию материала, в) убедительностью демонстраций по причине хорошего совпадения результатов при повторных опытах, например, во всех случаях измерения времени при помощи секундомера язычкового типа и универсального датчика времени, при демонстрации законов динамики прямолинейного движения, закона сохранения момента количества движения, теоремы Бернулли для стационарного потока жидкости и т. д.; г) большими демонстрационными возможностями. На предлагаемых приборах учитель имеет возможность, например, произвести запись движения тележки относительно подвижной и неподвижной системы отсчета, определить время движения тела, брошенного вертикально вверх, проверить закон скоростей равноускоренного прямолинейного движения на основании только одной записи движения, более полно продемонстрировать закон сохранения момента количества движения, состояние невесомости и перегрузок, автоколебания в часах, сложение колебаний и волн, разные виды волн и т. д.

Что же касается оценок, выставленных в экспериментальных и контрольных классах, то о них можно получить представление на основании приведенной ниже таблицы, в которой сведены данные из целевых записей уроков за 4 учебных года. Записи

относятся лишь к урокам, на которых применялись приборы автора.

Оценки, выставленные при текущем опросе учащихся

5		4		3		2		всего оценок
эксп. кл.	контр. кл.	эксп. кл.	контр. кл.	эксп. кл.	контр. кл.	эксп. кл.	контр. кл.	
144	88	276	176	156	253	24	33	в эксп. кл. 600
24%	16%	46%	32%	26%	46%	4%	6%	в контр. кл. 550

Таблица свидетельствует о более высокой успеваемости учащихся по отдельным разделам курса механики, которые излагались с использованием приборов, созданных автором.

Так как разделы, к которым относится таблица, являются наиболее трудными для учащихся (кинематика равнопеременного движения динамика, криволинейное и вращательное движение, колебания и волны), то естественно было предположить, что более глубокое и осмысленное их усвоение должно в известной мере отразиться на улучшении знаний по всему школьному курсу механики.

Для выяснения этого допущения были обобщены оценки контрольных работ по разделу «Механика», проведенных в экспериментальных и контрольных классах за 4 года.

Чтобы выяснить вопрос о равноценности избранных классов по успеваемости, учтены текущие оценки по физике в данных классах, выставленные до проведения педагогического эксперимента (перед применением в экспериментальных классах новых приборов). При этом, для выявления достоверности разницы между значениями средних баллов в избранных для эксперимента классах, применялся двухсторонний критерий Стьюдента.

Кроме того, однородность избранных классов относительно распределения оценок проверена по критерию согласия  $\chi^2$  (хи-квадрат).

Результаты выше упомянутых контрольных работ, проведенных после применения в экспериментальных классах новых приборов (ряды распределения баллов), приводятся ниже:

а) по разделам «кинематика и динамика», «элементы статики», «Энергия».

Классы:	Б а л л			
	2	3	4	5
эксперим.	43	176	300	117
контрольн.	110	280	178	52

б) по разделам «колебания и волны», «криволинейное движение»

Классы:	Б а л л ы			
	2	3	4	5
эксперим.	48	154	279	136
контрольн.	104	282	166	68

Для выявления достоверности разницы между значениями средних баллов в экспериментальных и контрольных классах использовался односторонний критерий Стьюдента. При этом вычислены: 1) Средний балл оценки контрольных работ. 2). Среднеквадратичное отклонение. 3). Среднюю ошибку среднего балла. 4). Коэффициент вариации. 5). Коэффициент сформированности понятий и умений. 6). Коэффициент асимметрии. 7). Показатель относительной точности опыта. 8). Критерий Стьюдента. 9). р-вероятность нулевой гипотезы.

Результаты вычислений приведены ниже в таблице:

	по разделу «кинематика» «и динамика»		по разделу «колебания и волны»	
	эксперим. классы	контр. классы	эксперим. классы	контр. классы
Число учащихся	636	620	617	620
Средний балл	3,772	3,277	3,815	3,319
Средн. кв. отклонение	0,824	0,855	0,864	0,879
Коэффициент вариации	21,485	26,091	22,655	26,486
Коэффициент сформирован. понят.	75,440	65,540	76,300	66,380
М о д а	4	3	4	3
Коэффициент асимметрии	-0,277	0,324	-0,214	0,363
Относит. точность опыта	0,867	1,047	0,912	1,065
Критерий Стьюдента		10,436		10,000
Вероятность нулевой гипотезы		p 0,0005		p 0,0005
Качественная оценка		различие достов.		различ. достов.

Результаты обработки данных педагогического эксперимента подтверждают эффективность использования в педагогическом процессе новых приборов по механике.

Результаты проверки новых приборов в условиях школы дают основание сделать следующие выводы:

1. Описанные в данной работе приборы отвечают требованиям, предъявляемым к приборам для школьного физического эксперимента.

2. Подавляющее большинство приборов доступны для изготовления в условиях школы как с технической, так и с экономической точек зрения. Они просты в изготовлении и долговечны в работе.

3. Все приборы доступны по своему устройству и принципу действия для понимания учащимися.

4. Использование предлагаемых приборов и методики их применения улучшает качество знаний учащихся и дает значительную экономию учебного времени.

5. Для промышленного изготовления можно рекомендовать в первую очередь демонстрационный прибор по кинематике и динамике с применением секундомера-датчика времени, универсальный динамометр с принадлежностями и волновую машину.

Все сказанное выше дает основание надеяться, что выполненная автором работа будет способствовать улучшению методики преподавания физики и принесет пользу учителям физики в их работе.

#### По материалам диссертации опубликованы следующие работы:

1. Использование новых самодельных приборов при проведении физического практикума в 8—9 кл., изд. «Радянська школа», Политехническое обучение в курсе физики (сб. статей), К., 1957, стр. 98—118.

2. Новые приборы для проведения физического практикума в 8—9 классах средней школы, Научные записки Винницкого педагогического института, т. 6, К.; 1958, стр. 51—60 (на укр. языке).

3. Новые самодельные приборы для демонстраций и лабораторных работ по физике в 8—10 классах, изд. «Радянська школа», Политехническое обучение при изучении физики (сб. статей), К., 1958, стр. 124—132 (на укр. языке).

4. К постановке физического практикума в средней школе, Научные записки Винницкого педагогического института, т. 17, К., 1960; стр. 10—23.



5. О рациональных методах постановки двух лабораторных работ, Сборник по методике и технике физического эксперимента, М., Учпедгиз, 1960, стр. 34—37.

6. Самодельный секундомер и опыты с ним, ж. «Физика в школе», № 3, 1961, стр. 60.

7. Прибор по кинематике и динамике, Физический эксперимент в школе, М., Учпедгиз, 1963, стр. 3.

8. Два прибора для демонстрации механических автоколебаний, физический эксперимент в школе, М., 1963, стр. 20.

9. Модель расходомера с дифференциальным манометром, Преподавание физики в школе, Вып. 3, Изд. «Радянська школа», К., 1964.

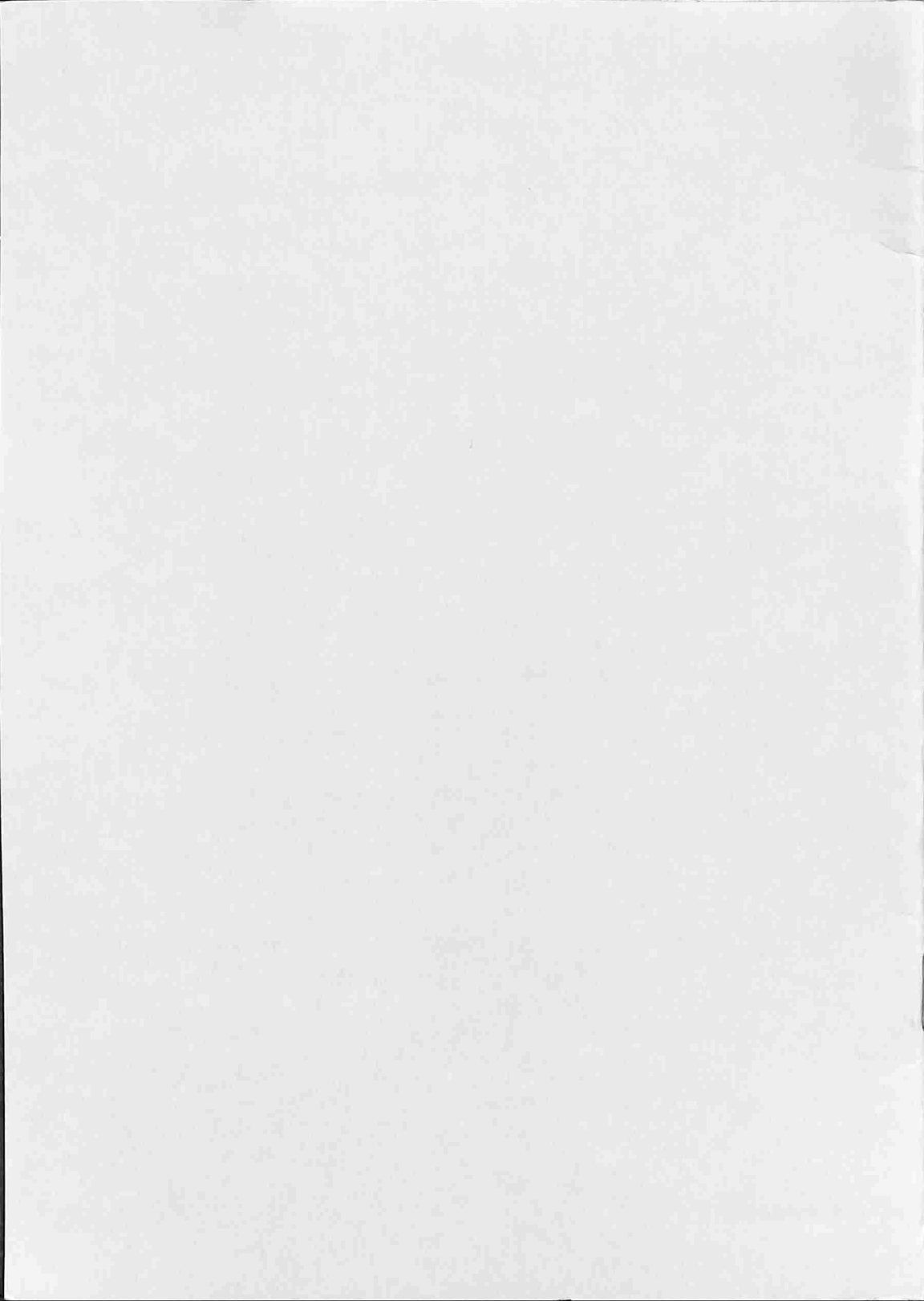
11. Волновая машина, ж. «Радянська школа», № 2, К.: 1966; стр. 101 (на укр. языке).

12. Лабораторно-демонстрационный секундомер язычкового типа и опыты с ним, Преподавание физики в школе, вып. 5, К., 1966; стр. 108—130 (на укр. языке).

13. Учебный прибор для демонстрации поперечных и продольных бегущих и стоячих волн, Бюллетень № 16, Комитет по делам изобретений и открытий при Совете Министров СССР, М., 1967. (Авторское свидетельство № 200321).

14. Приборы для школьного физического эксперимента, изд. «Радянська школа», К., 1971 (на укр. языке).

---



---

БЮ 01207. Подписано к печати 24.II. 1972 г. Печатн. листов 1,5. Формат  
бум. 60 X 84/16. Зак. 1417, тир. 250. Бесплатно.

---

Виноблтипография, г. Винница, Киевская, 4.

