С96

МИНИСТЕРСТВО ПРОСВЕЩЕНИЯ УССР

КИЕВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
имени А. М. ГОРЬКОГО

А. А. СЫРОМЯТНИКОВ

Школьный эксперимент по механическому движению с использованием электрической дуги

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата педагогических наук
(методика преподавания физики)

252 /Сучан/

Київський педагогічний інститут БІБЛІОТЕКА

КИЕВ — 1963

НБ НПУ
імені М.П. Драгоманова
100313874

Развитие общеобразовательной школы в нашей стране, проводимое на основе решений XXII съезда КПСС, требует значительного улучшения преподавания всех школьных предметов, в том числе и физики.

Повышение качества работы школы связано, в частности, с дальнейшей глубокой и детальной разработкой методики преподавания физики и улучшением оборудования физических кабинетов.

Представленная работа является одним из звеньев этой обширной цепи научно-методических исследований. В ней рассматривается школьный эксперимент по механическому движению, основанный на использовании электрической дуги. В процессе исследования был разработан электродуговой способ записи движения и на его основе создан комплекс учебных приборов для проведения лабораторных занятий по механике. В связи с этим в диссертации излагается методика изучения механического движения с использованием электродуговой записи.

В своих исследованиях автор ограничился разработкой, главным образом, тех вопросов, которые связаны с постановкой лабораторных работ и физического практикума.

Диссертация состоит из введения, трех глав и приложения.

В первой главе на основе анализа учебной и методической литературы рассматривается состояние школьного эксперимента по механическому движению. Автор показывает, что известные способы записи, применяемые на уроках физики при изучении кинематики и динамики, имеют ряд существенных недостатков.

1. Записывать с помощью цветной жидкости можно только медленные перемещения, возникающие под действием малых сил. В таких случаях заметно влияют силы трения, которые не остаются постоянными во время движения тела. При малых ускорениях переменная составляющая силы трения может оказывать такое воздействие на процесс движения, что по результатам записи бывает трудно судить о справедливости целого ряда важных закономерностей.

2. Использование хронографов, капельниц и других механических приспособлений для записи движения не позволяет осу-

ществить простым способом синхронизацию начала движения тела и начала отсчета времени. По этой причине учебные приборы по кинематике и динамике обычно не имеют нужных устройств для указанной синхронизации. Вследствие чего приходится часто не учитывать начальный участок записи, что осложняет изучение равноускоренного движения, а иногда приводит к неправильным выводам.

3. Механические способы записи движения не дают возможности достаточно точно и просто определять промежутки времени, прошедшие от момента нанесения одной цветной метки до какой-либо другой. Это прежде всего касается малых интервалов времени порядка сотых долей секунды, знание которых бывает необходимо при определении мгновенной скорости.

4. Большинство устройств, предназначенных для записи цветной жидкостью, действует на движущееся тело с некоторой силой.

5. Известные способы записи не позволяют четко записывать криволинейное и колебательное движения. До настоящего времени методика школьного эксперимента не разработала наглядных пособий для изучения указанных видов движения на основе их записи.

В результате отмеченных недостатков эксперименты по механическому движению, проводимые с помощью известных способов записи, во многих случаях не дают хороших результатов, вследствие чего они не обладают должной убедительностью. Особенно много затруднений приходится испытывать в процессе выполнения лабораторных работ, когда для записи применяются капельницы, щеточки, смоченные чернилами, и т. п. устройства. По этой причине многие учителя физики при изложении вопросов кинематики и динамики часто избегают постановки опытов с использованием цветной жидкости для регистрации изучаемого движения.

Во второй главе исследуется запись механического движения электрическим током и излагается техника эксперимента, основанная на электродуговой записи. На основе исследований автор приходит к выводу, что известную электроискровую запись нельзя широко использовать в средней школе как средство для изучения различных видов механического движения. Электроискровую запись можно применять только в тех случаях, когда не требуется наглядности, а затрата времени на отыскание пробитых искрой отверстий в бумаге не играет существенной роли. Электрическую искру полезно применять для получения графиков. Во всех таких случаях бывает нужна синхронизация начала

записи искрой с началом движения тела. Для осуществления этой синхронизации автор разработал простой усилитель импульсов слабого тока, который впоследствии нашел применение в технике (5).

В результате анализа записи механического движения электрическим током было установлено, что в школьном эксперименте весьма удобно использовать для записи движения электрическую импульсную дугу, которая осуществляется по той же принципиальной схеме, что и активизированная дуга переменного тока, широко применяемая в спектральном анализе. Большая величина тока дуги создает на бумаге прожоги значительных размеров. Ток дуги можно легко использовать и для автоматизации процессов, связанных с управлением движением тел.

В диссертации рассматривается ряд простых схем генератора электрической импульсной дуги. Эти схемы вполне доступны для понимания учащихся старших классов средней школы, так как основной их частью является электрический колебательный контур, изучаемый в 8 классе.

Наиболее универсальной является схема генератора импульсной дуги, содержащая синхронно вращающийся прерыватель, которая позволяет создавать дугу с частотами вспышек 10, 20 и 100 *гц*, а также получать через каждую 0,1 сек. подряд две вспышки дуги с интервалом 0,01 сек. Основной деталью этого генератора является маломощный высоковольтный трансформатор (220/2000 *в*, 40 *ва*), изготовление которого в школе представляет большие трудности. С целью упрощения в работе рассматриваются две бестрансформаторные схемы с удвоением напряжения. Но с помощью этих схем трудно получить для возбуждения дуги высокочастотную искру нужной мощности. Вследствие чего расстояние между электродами дуги нельзя увеличивать более как на 1—1,5 *мм*. По этой причине бестрансформаторные схемы генератора импульсной дуги могут найти применение только в некоторых приборах, предназначенных для решения частных экспериментальных задач.

Определенный интерес для средней школы представляет описанный в работе генератор с кратковременным выключением дуги переменного тока частоты 100 *гц*. Этот генератор после первой вспышки дуги прекращает ее горение, а затем через определенное время с помощью простого реле времени дуга снова включается. Выключение дуги в школьном эксперименте целесообразно производить на время 0,1 или 0,2 сек. За такой промежуток времени тело, начинающее ускоренное движение, приобретает обычно такую скорость, что дальнейшие частые вспышки дуги

уже не вызывают сильное выгорание бумаги и запись может быть легко расшифрована.

Анализ работы генераторов импульсной дуги показал, что абсолютная ошибка интервала времени T, через который повторяется вспышка дуги, не превышает $6 \cdot 10^{-4}$ сек. Вследствие этого по электродуговой записи можно с хорошей точностью определять время t движения тела от одной точки до какой-либо другой точки прожога на бумажной ленте, пользуясь формулой $t = T \cdot n$, где n — количество отрезков пути, проходимых телом за каждый интервал времени между вспышками дуги.

Особое место во второй главе уделено исследованию электродуговой записи. В результате этого исследования была установлена определенная зависимость диаметра прогорающих отверстий в бумаге от скорости ее движения, от величины амплитуды тока дуги, от расстояния между электродами и от количества листов бумаги в пакете, помещенном между электродами дуги. Высокочастотная искра большого напряжения, возбуждающая дугу, способна пробивать не только бумажную ленту, но и пакет тонкой бумаги в 6—8 листов. Вместе с искрой через такой пакет проходит ток дуги, создавая своим тепловым действием хорошо видимые отверстия диаметром около 0,5 *мм*.

Запись механического движения на пакете листов бумаги имеет важное значение для проведения занятий по физике, так как она дает возможность учителю быстро получать документальный раздаточный материал при изучении того или иного вопроса и использовать его для решения экспериментальных и исследовательских задач. Важным преимуществом записи на пакете бумаги является также и то, что на каждом листе получаются совершенно идентичные результаты. А это облегчает учителю руководство классом и контроль при решении задач.

Наши исследования показали, что электрическую импульсную дугу можно использовать в школьном эксперименте как мощный точечный источник света для стробоскопического наблюдения вращательного движения, колебательного движени и волн. Импульсная дуга горит между металлическими электродами, удаленными друг от друга на расстояние 3—5 *мм*. Малая площадь кратера и небольшой объем пламени представляют собою достаточно хороший точечный источник света.

В работе рассматривается стробоскопический прибор для изучения волнового движения. Проекция волн на потолок или стену класса осуществляется при частоте вспышек дуги 20 или 25 *гц*. В этих случаях наблюдаемая картина является четкой и не сопровождается миганиями.

Использование импульсной дуги значительно упрощает конструкцию стробоскопического прибора, так как она позволяет получить четкую проекцию без использования оптических систем для проектирования и механических приспособлений, создающих кратковременные вспышки светового луча. Благодаря безинерционности, малому промежутку времени вспышки (порядка 0,005 сек.) и большой яркости дуги легко выполняются основные требования к стробоскопическому прибору — получение резкого очертания «остановленного» объекта наблюдения и хорошая видимость.

Часть второй главы посвящена описанию новой техники школьного эксперимента, основанной на электродуговой записи механического движения. Здесь рассматриваются приборы для изучения прямолинейного движения (3), приборы для изучения криволинейного движения (4) и приборы для изучения колебаний (6) и волн.

Основная ценность сконструированных наглядных пособий состоит в том, что в результате выполнения на их основе опытов можно находить физические величины с хорошей точностью. Предлагаемые учебные приборы позволяют проводить при выполнении лабораторных работ убедительные количественные исследования. Благодаря этому, как показал педагогический опыт, учащиеся лучше усваивают функциональные зависимости между физическими величинами, у них развивается более четкое представление о связях между изучаемыми явлениями.

В третьей главе излагается методика изучения механического движения с использованием электрической импульсной дуги. При рассмотрении кинематики прямолинейного движения основное внимание уделяется вопросу о мгновенной скорости. Так как в школьном эксперименте за время 0,01 сек. скорость тел весьма мало изменяется, то поэтому, пользуясь электродуговой записью, мы можем на уроках физики вычислять мгновенную скорость по формуле $v=\frac{s}{t}$, где $t=0{,}01$ сек. Сравнительно хорошая точность в определении мгновенной скорости, пути и времени движения тела дает возможность легко экспериментально установить формулу скорости и формулу пути равноускоренного движения.

Методика изучения этих вопросов основана на составлении таблиц по результатам записи и анализе полученных данных.

Электродуговую запись весьма полезно использовать для изучения движения свободно падающего тела. Запись импульсной дугой позволяет легко проверить (по отношениям отрезков пути), что свободное падение действительно есть движение рав-

ноускоренное. На этом основании для вычисления можно применять формулу $s=\frac{gt^2}{2}$. Такие вычисления по данным опыта дают величину ускорения с ошибкой примерно — 1%.

В работе детально рассматривается на основе электродуговой записи методика экспериментального изучения второго закона Ньютона, закона сохранения количества движения, кинетической энергии, закона сохранения и превращения энергии и механического удара. Соответствующие формулы и закономерности устанавливаются путем анализа таблиц, составленных по результатам опытов.

Электродуговая запись дает новые методические возможности при изучении криволинейного движения. В работе излагаются только некоторые, наиболее важные вопросы, необходимые для правильного понимания криволинейного и вращательного движений, которые доступны учащимся средней школы. В связи с этим детально описывается методика изучения движения брошенного тела на основе электродуговой записи.

Важное значение имеет экспериментальное изучение центростремительной силы. Методика преподавания физики разработала целый ряд наглядных пособий для демонстрации зависимости этой силы от массы тела, радиуса окружности и скорости вращения. Но известные учебные приборы не позволяют показать учащимся путем записи движения наличие равенства $f=\frac{mv^2}{2}$. Справедливость этой формулы легко устанавливается путем анализа электродуговой записи.

В диссертации рассматриваются также основные вопросы методики изучения колебаний и волн на базе использования электрической импульсной дуги. Наиболее эффективным методом изучения механических колебаний является их запись, пользуясь которой учащиеся могут сравнительно легко выяснить основные величины, характеризующие это движение,— период, амплитуду и фазу. Запись импульсной дугой позволяет наглядно уяснить каждую стадию колебательного движения и наиболее просто установить количественную сторону изучаемой физической закономерности. Электродуговая запись дает новые возможности и для повышения качества техники эксперимента и для улучшения методики преподавания этой важной темы. Изучение механических колебаний на основе электродуговой записи облегчается благодаря следующим ее особенностям.

1. Эта запись позволяет определять скорость колеблющегося тела на любых участках пути.

2. Записывать дугой можно не только гармонические колебания, но и движения, получающиеся в результате сложения колебаний.

3. Электродуговая запись производится без заметного воздействия на тело, движение которого изучается.

4. По точкам прожога можно легко вычерчивать траекторию движения тела.

В работе показывается, как на основе экспериментальных данных можно подтвердить основные законы колебания маятника, в частности, формулы $T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ и $x=a\sin\frac{2\pi}{T}t$.

В последнем параграфе третьей главы дано описание итогов педагогического эксперимента. Изложенная техника и методика изучения механического движения проверялась на протяжении трех лет в средних школах г. Бердянска. В результате этой проверки было установлено, что предложенная нами методика изучения механического движения на основе электродуговой записи обеспечивает научность и систематичность изложения основных вопросов механики, позволяет учащимся более глубоко и прочно усваивать материал темы. Новая техника эксперимента помогает учащимся активно и сознательно изучать трудные вопросы механики.

Школьный эксперимент с электродуговой записью механического движения неоднократно докладывался автором учительской общественности. Отдельные вопросы диссертации обсуждались много раз на протяжении пяти лет на секциях учителей физики г. Бердянска и некоторых районов Запорожской области. Методика изучения механического движения с использованием электрической дуги докладывалась и обсуждалась на специальном занятии республиканских курсов усовершенствования учителей физики в г. Запорожье (апрель 1960 г.). Основные вопросы диссертации были доложены на Московских «Педагогических чтениях» Академии педагогических наук (январь 1961 г.). Работа автора «Физический эксперимент в школе по механике» была награждена Жюри «Педагогических чтений» поощрительной грамотой.

Конструкция новых учебных приборов по механике и методика изучения механического движения на основе электродуговой записи докладывалась автором на заседании комиссии по физике учебно-методического совета Министерства просвещения РСФСР

(октябрь 1960 г.). Эта комиссия одобрила основные приборы и рекомендовала их к промышленному производству [1].

Приборы, основанные на электродуговой записи, рассматривались на заседании научного отдела Центральной лаборатории учебно-наглядных приборов при Министерстве просвещения УССР. Эта комиссия также одобрила и рекомендовала учебные приборы к промышленному изготовлению [2].

По теме диссертации опубликованы следующие работы:

1. Физический эксперимент в школе по механическому движению, Научные записки Бердянского педагогического института, т. III, 1961.

2. Використання електричної дуги при вивченні механічного руху, Сб. «Викладання фізики в школі», вип. II, «Радянська школа», 1962.

3. Учебный прибор для изучения механического движения. Описание изобретения к авторскому свидетельству № 139154, Комитет по делам изобретений и открытий при Совете Министров СССР, 1961 г.

4. Учебный прибор для изучения механического движения. Описание изобретения к зависимому авторскому свидетельству № 141016, Комитет по делам изобретений и открытий при Совете Министров СССР, 1961 г.

5. Устройство для испытания электрической изоляции проводов. Описание изобретения к авторскому свидетельству № 135143, Комитет по делам изобретений и открытий при Совете Министров СССР, 1961 г.

6. Наглядное пособие для изучения колебательного движения маятника. Описание изобретения к авторскому свидетельству № 147797, Комитет по делам изобретений и открытий при Совете Министров СССР, 1962 г.

---

[1] Протокол заседания комиссии по физике Учебно-методического совета Министерства просвещения РСФСР от 31 октября 1960 г.

[2] Протокол заседания Научного отдела Центральной лаборатории учебно-наглядных приборов при Министерстве просвещения УССР от 20 октября 1960 г.

БФ 06423. Подписано к печати 15/IV 1963 г. Формат бумаги 60×84 1/16. Печ. лист. 0,5. Заказ 438. Тираж 150.

Типография Киевского государственного педагогического института имени А. М. Горького, ул. Франко, 44.