

УДК 53:378.147
ББК В3р+Ч448.026

ГСНТИ 14.35.07

Код ВАК 13.00.02

Пушкарева Надежда Борисовна,

кандидат физико-математических наук, доцент, кафедра физики, Институт фундаментального образования, Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина; 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, д. 19; e-mail: chik63@mail.ru

Чикова Ольга Анатольевна,

доктор физико-математических наук, заведующий кафедрой технологии и экономики, Уральский государственный педагогический университет; 620075, г. Екатеринбург, ул. К. Либкнехта, д. 9а; e-mail: chik63@mail.ru

РЕАЛИЗАЦИЯ ОБЩИХ ДИДАКТИЧЕСКИХ ПРИНЦИПОВ ОБУЧЕНИЯ СТУДЕНТОВ ФИЗИКЕ ПОСРЕДСТВОМ ДЕМОНСТРАЦИОННОГО ЭКСПЕРИМЕНТА С ПРИМЕНЕНИЕМ ДОКУМЕНТ-КАМЕРЫ

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: демонстрационный физический эксперимент; дидактические возможности; дидактические принципы; наглядность; документ-камера.

АННОТАЦИЯ. Проведен анализ дидактических возможностей документ-камеры при обучении студентов университета физике. Документ-камера – это устройство, предназначенное для передачи реальных изображений страниц учебников или тетрадей, иллюстраций или схем, трехмерных предметов, препаратов с микроскопа на интерактивную доску, телевизионный экран или через видеопроектор на большой экран. Определены общие дидактические принципы обучения студентов физике средствами демонстрационного эксперимента с применением документ-камеры: принципы научности, проблемности, наглядности, активизации, доступности, завершенности, развития, воспитательного воздействия. Выделены аспекты реализации дидактического потенциала документ-камеры в современном демонстрационном физическом эксперименте по отношению к учебной деятельности, по организации учебного процесса, по роли в развитии студентов, по техническим возможностям. Описана методика нескольких демонстрационных экспериментов с применением документ-камеры: визуализация силовых линий магнитных и электрических полей, опыт Эрстеда. Сделан вывод о том, что демонстрация стационарных и движущихся изображений и объектов, в том числе способность увеличивать демонстрируемый объект, может служить средством динамической визуализации естественных процессов. Проанализирована роль визуализации в развитии мышления студентов при обучении физике. Отмечено, что способы создания и восприятия визуальной информации с помощью документ-камеры основаны на нейрофизиологических особенностях человека. Даны методические рекомендации по применению документ-камер на лекциях по физике.

Pushkareva Nadezhda Borisovna,

Candidate of Physics and mathematics, Associate Professor, Department of Physics, Institute of Fundamental Education, Ural Federal University n.a. the first President of Russian B.N. Yeltsin, Ekaterinburg, Russia.

Chikova Olga Anatolievna,

Doctor of Physics and Mathematics, Head of Department of Technology and Economics, Ural State Pedagogical University, Ekaterinburg, Russia.

IMPLEMENTATION OF THE GENERAL DIDACTIC PRINCIPLES OF TEACHING THE STUDENTS PHYSICS BY MEANS OF EXPERIMENT WITH DOCUMENT CAMERA

KEY WORDS: experiment in Physics; didactic possibilities; didactic principles; visual aids; document camera.

ABSTRACT. The analysis of didactic possibilities of document camera in teaching students Physics is undertaken. Document camera is a device that displays real images of textbook pages or exercise books, pictures or schemes, three-dimensional objects and microscopic structures on the interactive whiteboard or a large screen. The general didactic principles of teaching students Physics by means of the experiment with document camera are discussed. Among them are the principles of scientific accuracy, problem-based approach, visualization, activation, easy access, completeness, development and educational potential. The aspects of implementation of didactic potential of a document camera in the experiment in Physics are singled out; its relevance for the educational work, for planning the educational process, for the students' development and its technical potential are analyzed. The methodology of several experiments with document camera are described: visualization of magnetic and electric fields lines and Oersted's experiment. A conclusion is made that displaying of static and moving pictures, as well as the ability to zoom them, can be a means of dynamic visualization of the natural processes. The role of visualization in the development of the students' thinking in the course of teaching Physics is analyzed. It is noted that the ways of displaying and perception of the visual images with the help of the document camera are based of the neuro-physiological features of a human. The recommendations on the use of document camera in the lectures in Physics are given.

Демонстрационный физический эксперимент – это один из важнейших методов обучения студентов вузов физике;

он постоянно пополняется новым оборудованием, приемами и средствами выполнения. Номенклатура целей демонстрацион-

ного эксперимента достаточно широка: демонстрация явлений, определяющих содержание того или иного раздела курса физики, демонстрация применения изучаемых явлений и закономерностей, подготовка учащихся к самостоятельному эксперименту, решение экспериментальных задач, организация проблемных ситуаций и т. д. Теория и методика обучения физике средствами демонстрационного физического эксперимента постоянно развиваются, авторы приводят ниже обзор основных достижений в этой области научно-педагогических знаний в контексте темы данного исследования. В частности, Е. А. Румбештой [18; 19] предложена экспериментально-деятельностная модель подготовки учащихся основной школы по физике, позволяющая школьникам наряду с усвоением основных понятий и законов осваивать экспериментальные, информационные, проблемные, деятельностные умения, основанная на теории использования физического эксперимента в развивающем обучении [29]. В. Ю. Грук [4] на основе анализа содержания курса физики показала, что ключевые компетенции – учебно-познавательные (владение способами организации, целеполагания, планирования, анализа, рефлексии, самооценки), информационные (владение способами добывания знаний, поиска, анализа и отбора необходимой информации, ее преобразования из одних знаковых форм в другие, сохранения и передачи с использованием современных средств), коммуникативные (владение способами взаимодействия с окружающими и удаленными событиями и людьми, умениями работать в группе, представить себя) могут быть сформированы у учащихся в наиболее полном объеме при проведении физического эксперимента.

М. О. Верховцева [3] указывает, что учебный физический эксперимент (УФЭ) в обучении физике является основным инструментом для получения информации, средством наглядности, фактором развития учащихся и способом познания окружающего мира. УФЭ позволяет формировать образы, отражать явления, процессы, законы реального мира, опираясь на чувственное познание. М. О. Верховцева предлагает методическую модель УФЭ. В этой модели элементами служат задания по формированию знания о роли эксперимента в научном познании и практической жизни, о видах физического эксперимента (наблюдении и опыте), о требованиях к современному эксперименту, о методологическом принципе наблюдаемости, о сущности процедуры измерения, о специфике измерений и др. Также в данную методическую модель

обычно входит комплекс заданий по отработке экспериментальных умений методологического характера, в которых необходимо описать наблюдение или опыт, уметь отметить /описать различие между тем, что ожидалось получить, и тем, что в действительности получилось в ходе эксперимента, выделить существенное и второстепенное, сделать предсказание дальнейшего хода эксперимента, самостоятельно выдвинуть гипотезу (сделать вывод), объясняющую полученный результат, использовать графики и таблицы.

Актуальность поиска новых подходов к оптимизации обучения средствами физического эксперимента, направленных на развитие личности учащихся, отмечает Д. В. Ананьев [2], для этого необходимо:

- совершенствовать демонстрационный эксперимент, повышая его информативность, оперативность, экономичность и наглядность;

- совершенствовать процесс подготовки и осуществления демонстрационного эксперимента;

- продолжать совершенствование методики и технологии проведения фронтального эксперимента;

- совершенствовать модель урока как процесса совместной исследовательской деятельности учащихся и учителя [2].

Доминирующая роль демонстрационного эксперимента в обучении физике отмечается и зарубежными учеными-педагогами [31; 32; 34]. П. В. Казарин [24] отмечает, что при обучении в вузе система демонстрационного физического эксперимента успешно реализует обще дидактические принципы научности и наглядности обучения, принцип необходимости внутри предметных связей и генерализации обучения, обеспечивает методическую вариативность учебного процесса. Наглядность является одним из важнейших дидактических принципов обучения. Сочетание наглядности со словом учителя способствует более успешному усвоению материала. Широкие возможности для использования принципа наглядности в обучении физике появились в связи с развитием компьютерных технологий, с помощью которых осуществляется развитие и саморазвитие потенциальных возможностей обучаемых и их творческой инициативы [6; 7]. А. П. Усольцев и Т. Н. Шамало [26] выделяют две основные функции наглядности: 1) наглядность должна использоваться как средство формирования образных компонентов мыслительной деятельности и умения оперировать ими (приобретение опыта чувственного познания); 2) наглядность используется как средство активизации в конкретных си-

туациях обучения (активизации внимания, мотивации, процессов понимания и формирования теоретического мышления). Р. В. Майер показал, что методика формирования наглядно-чувственного образа сложного учебного физического эксперимента обеспечит повышение эффективности процесса обучения физике, если:

- в предлагаемом сложном учебном физическом эксперименте будет использована современная экспериментальная техника (мультиметры, осциллографы, компьютеры, лазеры и др.);

- при разработке этой методики будут учтены предложенная дидактическая модель процесса формирования наглядно-чувственного образа эксперимента и принципы визуализации, поэтапной сформированности и обратной связи [12].

Актуальна визуализация в развитии мышления студентов при обучении физике [36]: доминируют стратегии, которые способствуют социальным взаимодействиям и направлены на интегрирование натуральных экспериментов и компьютерного моделирования физических процессов [35]. Для того чтобы физика была понятна студентам, в УФЭ акцент делается на «экспериментальной математизации», когда законы устанавливаются посредством количественной оценки результата экспериментов [33].

Характерным для настоящего времени становится появление в образовании принципиально новых информационных средств обучения, которые способны повлиять на цели, содержание, методы и организационные формы обучения в вузе. Разработка нового оборудования в виде интерактивных досок и компьютерной техники требует переосмысления роли, возможностей и перечня средств обучения, предназначенных для проведения физического эксперимента. Т. Г. Яковлева [30] выделяет основные требования к демонстрационному физическому эксперименту, наиболее важными среди которых являются размеры приборов, их расположение и освещение, обеспечивающие достаточную видимость (обозреваемость) основных частей и деталей установки для всех обучаемых и с любого места аудитории. Без этого опыт теряет свое значение, становится бесполезным и чаще всего приводит сначала к нарушению дисциплины, а затем к потере интереса.

Выполнению вышеперечисленных требований к демонстрационному физическому эксперименту способствует применение новых технических средств обучения физике, а именно – документ-камер. Для иллюстрации последнего утверждения рассмотрим некоторые примеры применения документ-камер AverVision в практике лекцион-

ного демонстрационного эксперимента на кафедре физики Института физического образования УрФУ.

Опыт 1. *Силовые линии* магнитного поля прямого постоянного тока. Прозрачный экран укрепляют на рамке с обмоткой, как показано на рис. 1, а саму рамку подключают к низковольтному источнику напряжения (не более 24 В). На прозрачный столик, закрепленный вокруг рамки, равномерным слоем насыпают железные опилки. Легким постукиванием по экрану добиваются равномерного расположения опилок по линиям магнитного поля. В результате на столике опилки почти мгновенно выстраиваются концентрическими кругами вокруг вертикальных сторон рамки.

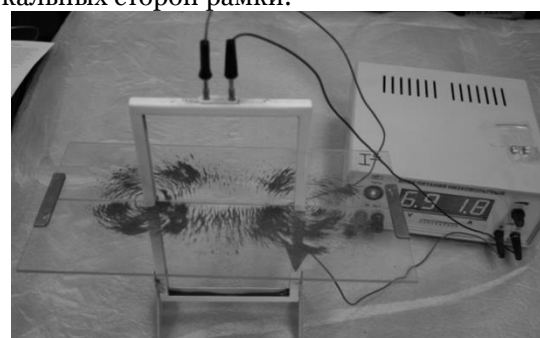


Рис. 1. *Магнитное поле прямого тока*

На экране в аудитории при помощи документ-камеры наблюдают так называемые магнитные спектры – это характерные линии индукции магнитного поля, создаваемые проводниками определенной конфигурации (рис. 2). Железные опилки играют роль микроскопических магнитных стрелок, которые располагаются около электрического тока, как в опыте Эрстеда. Большая совокупность таких стрелок «нарисует» распределение магнитного поля в пространстве вокруг проводника, направление и форму линий индукции. По концентрации опилок можно также судить о величине поля в разных его точках.

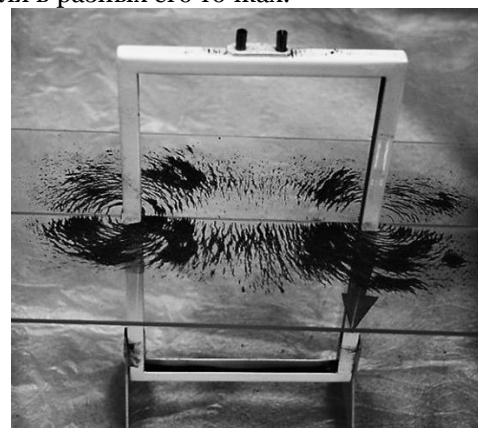


Рис. 2. *Спектр магнитного поля рамки с током*

Опыт 2. Опыт Эрстеда

Для демонстрации опыта необходимы рамка с обмоткой, магнитная стрелка и низковольтный источник напряжения. Рамку с обмоткой устанавливают вертикально. Под верхней стороной рамки на прозрачном подъемном столике располагается магнитная стрелка. Рамку подключают к источнику тока. При замыкании электрической цепи магнитное поле тока, проходящего по проводнику, взаимодействует с магнитной стрелкой, вызывая ее поворот. В итоге стрелка ориентируется по направлению линий магнитного поля (рис. 3).

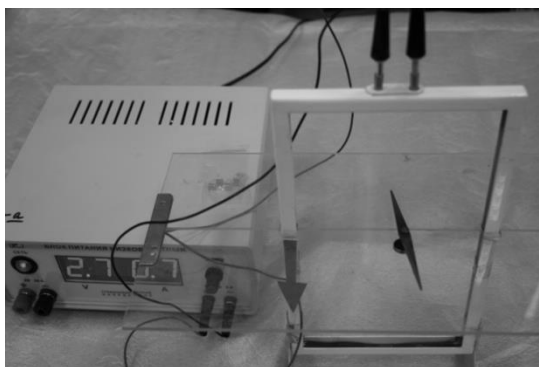


Рис. 3. Опыт Эрстеда

Если изменить направление тока на противоположное, то стрелка повернется на 180° . Магнитную стрелку можно поставить на подставку и вне рамки, например, справа или слева от нее. В этом случае можно наблюдать поворот стрелки при включении тока. Для большей выразительности опытов рамка должна быть параллельна магнитному меридиану Земли. Практически это делают так: стрелке позволяют сориентироваться в магнитном поле Земли, а затем рамку устанавливают вдоль стрелки.

Опыт 3. Силовые линии электростатического поля

Для наблюдения силовых линий электростатического поля двух разноименных точечных зарядов используются два электрода «цилиндр – пластина». Электроды устанавливаются таким образом, чтобы пластины касались металлических частей основания, а цилиндры были посередине кюветы на расстоянии 4-6 см друг от друга. Наливаем масло в кювету (2-3 мм) и равномерно насыпаем тонкий слой диэлектрика (манная крупа) на поверхность масла. Подключаем электроды к источнику электрического напряжения. Плавно увеличивая величину напряжения от 0 до 10 кВ, при помощи документ-камеры получаем на экране изображение силовых линий электрического поля двух точечных зарядов (рис. 4).



Рис. 4. Электростатическое поле двух точечных зарядов

Для наблюдения силовых линий электростатического поля плоского конденсатора также используются два электрода «цилиндр – пластина». Электроды в этом случае нужно поставить таким образом, чтобы цилиндры касались металлических частей основания контактной пластины, а пластины были посередине кюветы на расстоянии 4-6 см друг от друга. Подключаем электроды к источнику напряжения. Плавно увеличивая напряжение от 0 до 10 кВ, получаем на экране изображение силовых линий электрического поля двух плоскостей (рис. 5). Возможны также другие комбинации электродов, например, плоского и точечного, при этом получается изображение результирующего поля плоскости и точечного заряда.

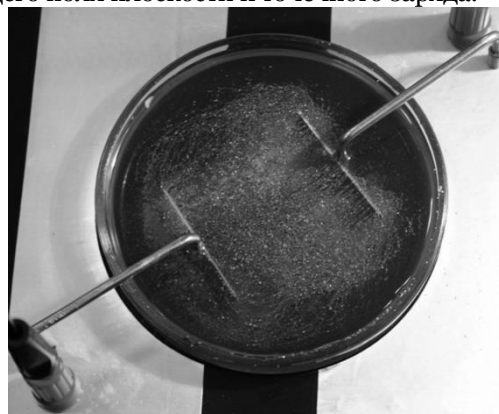


Рис. 5. Поле двух пластин

Широкие возможности применения документ-камер в учебном процессе также отмечают учителя физики школ [1; 5; 27]. Документ-камеры позволяют получать фото- или видеоролик эксперимента, редактировать его, применять встроенную программу графической коррекции изображения, сохранять результаты эксперимента.

Опыт использования видео в практике лекционного физического эксперимента известен и описан в работах [11; 13; 14; 20; 21; 22; 23; 25; 37]. Vera F. and et. [37] отмечают, что учебные видеоэксперименты дают два ключевых элемента в изучении фи-

зической науки, такие как рефлексивный характер процесса обучения и его глубокую связь с практическим опытом. В контексте данной работы обращает на себя внимание опыт использования учебного замкнутого телевизионного комплекса (УЗТК), который состоит из цветной цифровой купольной камеры внутреннего наблюдения модели NOVIsam 98H с варифокальным объективом 2.8~12 мм, импульсного блока питания Spezvision PSU-12-3P DC Output 12 V 3A, переходника BNC, RCA кабеля композитного видео и телевизора. УЗТК – фактически «предшественник» современных документ-камер. Согласно результатам работы А. Ю. Казакова, А. В. Костюнина, Т. В. Ляпиной [9], эффективно использование УЗТК для демонстрации следующих экспериментов: измерение размеров малых тел, исследование давления твердого тела на опору, исследование зависимости силы упругости от удлинения пружины и измерение жесткости пружины, качественное описание процесса неупругого соударения шаров, подвешенных на нитях, изучение поверхностного натяжения жидкости, кипение жидкости, образование пузырьков, кипение воды при комнатной температуре, адиабатный процесс, демонстрация давления газов, параллельное и последовательное соединения проводников, наблюдение силовых линий электромагнитного поля, наблюдение сплошного и линейчатых спектров испускания, интерференция в тонких пленках, демонстрация колец Ньютона, дифракция света на тонкой нити, на дифракционной решетке, поляризация света, применение поляроидов для изучения механических напряжений в деталях конструкций, зоны Френеля (дифракция света), пятно Пуассона, модуляция лазерного излучения на гигагерцовых частотах (10–500 ГГц), усиление света активной средой (отрицательное поглощение), длина пробега α -частиц в воздухе методом сцинтилляций, обращение фазы при прохождении света через фокус линзы, фазовые соотношения при отражении света от границы раздела сред, давление света.

Проведем анализ дидактических возможностей документ-камер, которые после первого же знакомства с ними преподавателей физики вузов становятся столь же необходимыми им, как мел и доска [15; 16; 17]. Документ-камеры – это особый класс устройств, предназначенных для передачи реальных изображений страниц учебников или тетрадей, иллюстраций или схем, трехмерных предметов или даже препаратов с микроскопа на интерактивную доску, телевизионный экран или через видеопроектор на большой экран. Последняя возможность представляется наиболее полезной при

проведении демонстрационного физического эксперимента, когда преподавателю необходимо оперативно донести до всей аудитории некую визуальную информацию. Это может быть демонстрация редкого эксперимента или объемной модели, дополняющих объясняемый материал лекции.

Дидактический анализ технических возможностей документ-камеры позволил установить, что очень важна демонстрация стационарных и движущихся изображений и объектов, в т. ч. способность увеличивать демонстрируемый объект, служить средством динамической визуализации естественных процессов. Особенно это важно на лекциях по физике, когда требуется демонстрация опытов или наблюдение за реальными процессами. Смена ракурса, производимая с помощью документ-камеры, позволяет студентам «погружаться» в среду опыта, рассматривать физический процесс в деталях, видеть вариации в перемене состояния демонстрируемых объектов. Примером реализации этой функции документ-камеры может служить использование иллюстративного материала плакатов и таблиц по физике. Кроме того, это свойство документ-камеры позволяет преподавателю демонстрировать учебные физические опыты, состоящие из нескольких этапов или операций:

- динамическая презентация результатов работы преподавателя и студентов; в этих случаях трансляция реальных действий преподавателя, демонстрирующего физический опыт, на экран создает эффект вовлеченности аудитории в процесс презентации, которая принимает активный, «живой» характер;

- функция записи стационарных и динамических объектов, которой обладает документ-камера, позволяет сохранять увеличенные изображения и видеозаписи физических опытов в виде файлов изображений и видеофайлов с целью их последующей демонстрации и изучения.

О. М. Корчажкина [10] отмечает, что способы создания и восприятия визуальной информации с помощью документ-камеры основаны на нейрофизиологических особенностях человека:

- способ управления информационными объектами в поле визуализации вовлекает в процесс обучения кисти рук пользователя как «осознательные манипуляторы», что способствует более эффективному усвоению последовательности учебных действий за счет создания пространственно-временного контекста;

- моторные действия руками, производимые пользователем при управлении информационными объектами в поле документ-камеры, представляют собой сложную коор-

динированную деятельность, в которую вовлечены практически все системы организма.

Восприятие информации с помощью документ-камеры происходит способом, подобным естественному способу восприятия реального жизненного пространства человека, при этом информация отражается в сознании как целостный объект или целостная совокупность объектов, связанных наглядными временными и пространственными отношениями. Качественная, многоуровневая визуализация учебных объектов способствует быстрому их опознаванию, что ведет к максимальному использованию оперативного поля зрения, т. е. той части общего поля зрения, которая воспринимается и опознается одновременно. В документ-камере как дидактическом инструменте реализованы все основные нейрофизиологические особенности как создания, так и восприятия информации познающим субъектом, что способствует более прочному усвоению содержания информационных объектов и учебных действий.

Рассмотрим условия реализации общих дидактических принципов обучения студентов физике посредством демонстрационного эксперимента с применением документ-камеры.

1. Принцип научности реализуется путем соблюдения логики изложения учебного материала, предъявляемого преподавателем с помощью документ-камеры, а также за счет прямой трансляции учебного материала из первоисточника, что сводит к минимуму или не допускает вовсе фактических или ситуационных ошибок.

2. Принцип проблемности реализуется за счет обеспечения возможности коллективного поиска решения учебной задачи студентами и лектором, а также возможности проследить процесс поиска решения.

3. Принцип наглядности является основным преимуществом документ-камеры перед традиционными средствами обучения, поскольку создает предметно-мотивационную среду занятия, выступает как пространство для создания и демонстрации процессов и явлений, предоставляет студентам условия для выполнения заданий динамического характера, позволяет использовать функцию записи опытов в процессе их выполнения, обеспечивает возможность редактирования и / или трансформации учебного материала во время его демонстрации.

4. Принцип активизации и сознательно-го усвоения учебного материала обеспечивает всем участникам учебного процесса понимание целей и задач предстоящей работы, наиболее полную реализацию возможностей само- и взаимообучения, самоанализа, само-

оценки, самостоятельного мышления и самостоятельной деятельности.

5. Принципы доступности, а также систематичности и последовательности базируются на возможности постепенного усложнения видов предъявления учебного материала (стационарное, динамическое, поэтапное, акцентное, сопоставительное, трансформация, процесс и т. п.), что соответствует поэтапному, последовательному переходу от главного к новым фактам и свойствам изучаемого объекта, явления или процесса и способствует расширению и углублению знаний, формированию новых навыков и умений.

6. Принцип завершенности обучения обеспечивается возможностью демонстрации аналогий, сравнений, сопоставлений, противопоставлений, за счет чего происходит постепенный переход от низших уровней усвоения знаний к более сложным с пошаговой фиксацией усвоенного.

7. Принцип развития учебной деятельности реализуется за счет предоставления богатых возможностей для восприятия и понимания новой информации, что приводит к адекватному и точному осознанию студентами познавательной задачи и актуализации мотивов ее решения.

8. Принцип воспитательного воздействия лекционного занятия реализуется за счет эффективной организации учебно-познавательной деятельности студентов, а также положительного влияния профессиональных и личностных качеств лектора, не ограничивающегося традиционными средствами обучения, а применяющего на занятии современные технические средства обучения.

Выделяют следующие аспекты реализации дидактического потенциала документ-камеры в современном демонстрационном физическом эксперименте [28]:

- 1) по отношению к учебной деятельности:
 - повышение мотивации процесса обучения;
 - активизация работы студентов на лекции при выполнении домашних заданий;
- 2) по организации учебного процесса:
 - дополнительные возможности создания проблемных ситуаций;
 - систематизация процесса учебного поиска;
 - быстрая проверка гипотез студентов;
 - переход от качественных исследований к количественным;
- 3) по роли в развитии студентов:
 - осознание студентами назначения компьютерной техники;
 - показ современных средств познания;
 - повышение научного уровня представления материала;
- 4) по техническим возможностям:

- дополнительные возможности наглядности;
 - расширение диапазона исследований;
 - подробное исследование «тонких» моментов эксперимента.

Таким образом, демонстрационный эксперимент, проводимый с применением документ-камеры, обеспечивает полную реализацию общих дидактических принципов

в процессе обучения студентов физике. Целесообразность применения документ-камеры как средства обучения студентов физике основана на общих принципах дидактики, результатах педагогической психологии и анализе конкретных организационно-методических условий познавательной деятельности студентов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агапова И. С. Документ-камера и физический эксперимент на уроках физики // Учительская газета. 2012. № 12. 20 марта.
2. Ананьев Д. В. Приемы усиления развивающего влияния физического эксперимента // Проблемы учебного физического эксперимента : сб. науч. и метод. работ. Вып. 3. Глазов : ГТПИ, 1997. С. 4-5.
3. Верховцева М. О. Роль современного учебного физического эксперимента в преподавании физики в средней школе // Физическое образование в вузах. 2012. Т. 18. № 2. С. 111-118.
4. Грук В. Ю. Физические лаборатории на базе реального эксперимента // Физическое образование: проблемы и перспективы развития : мат-лы VII междунар. науч.-метод. конф. М. : МПГУ, 2008. Ч. 1. С. 61-63.
5. Документ-камера : инструктивно-метод. мат-лы для педагога. М. : Бизнес Меридиан, 2011. 28 с.
6. Ельцов А. В., Захаркин И. А., Степанов В. А. Компьютерные технологии при осуществлении школьных физических экспериментов // Физическое образование в вузах. 2009. Т. 15. № 1. С. 91-99.
7. Ельцов А. В., Захаркин И. А. Современные компьютерные технологии в учебном эксперименте по физике // Вестник РГУ1. 2007. № 14. С. 124-130
8. Захаров А. М. Психолого-дидактические условия эффективного использования проекции в учебном демонстрационном эксперименте : монография. Челябинск : ИИУМЦ Образование, 2002.
9. Казаков А. Ю., Костюнин А. В., Ляпина Т. В. Возможности применения телевизионного комплекса в учебном процессе по физике // Учебный эксперимент в образовании. 2012. № 4. С. 19-25.
10. Корчажкина О. М. A document camera in ELT. URL: <http://elt-moscow.ru/2010/04/a-document-camera-in-elt>.
11. Кренцис Р. П., Сидоренко Ф. А., Кротов Д. В. Компьютерное и видеосопровождение лекций по общей физике: новые технологии // Физическое образование в вузах. 1995. Т. 1. С. 47-52.
12. Майер (Акагов) Р. В. Формирование наглядно-чувственных образов при постановке сложного учебного физического эксперимента : автореф. дис. ... канд. пед. наук. Екатеринбург, 1998.
13. Мансуров А. Н. Применение видеопроекции в демонстрационном эксперименте по курсу общей физики // Современный физический практикум : тез. докл. VII учеб.-метод. конф. стран Содружества. СПб., 2002. С. 176.
14. Нельзин А. Е. Использование фото и видеотехники в демонстрационном эксперименте // Вестник Пермского гос. гуманитарно-пед. ун-та. Серия: Информационные компьютерные технологии в образовании. 2010. № 6. С. 42-52.
15. Нестеров А. Документ-камеры для школ // Приложение к Учительской газете «ИКТ в образовании». 2008. № 18. С. 16-17.
16. Нестеров А. Достоинства отдельных моделей документ-камер // Приложение к Учительской газете «ИКТ в образовании». 2008. № 20. С. 22-23.
17. Нестеров А. Новые возможности документ-камеры для педагогов // Приложение к Учительской газете «ИКТ в образовании». 2008. № 22. С. 22-23.
18. Полицинский Е. В., Румбешта Е. А. Активизация познавательной деятельности студентов на лекционных занятиях // Вестник Томского гос. пед. ун-та. 2011. Вып 6 (108). С. 37-41.
19. Румбешта Е. А., Тарасевич И. А. Формирование информационных и коммуникативных компетенций на уроках физики // Вестник Томского гос. пед. ун-та. 2009. Вып. 7 (85). С. 57-60.
20. Рыжиков С. Б., Старокуров Ю. В. Реализация классического эксперимента «Опыт Галилея» с помощью техники фотофиниша // Физическое образование в вузах. 2002. Т. 8. С. 70-74.
21. Селиверстов А. В., Дунин М. С. Использование устройств видеозахвата в лекционном эксперименте по физике // Физическое образование в вузах. 2002. Т. 8. С. 97-102.
22. Скворцов А. И., Фишман А. И. Измерительный комплекс на базе компьютера в лекционных демонстрациях: I. Анализ механического движения с помощью видеокамеры // Физическое образование в вузах. 2001. Т. 7. С. 85-92.
23. Скворцов А. И., Фишман А. И. Измерительный комплекс на базе компьютера в лекционных демонстрациях: II. Оптический спектрометр // Физическое образование в вузах. 2001. Т. 7. С. 93-102.
24. Степанов Н. С., Казарин П. В., Услугин Н. Ф. Демонстрационные эксперименты на лекциях как способ повышения эффективности учебного процесса (на примере курса общей физики) // Высшее образование сегодня. 2008. № 9. С. 36-39.
25. Трухин В. И., Сандалов А. Н., Сухарева Н. А. Телекоммуникационное сопровождение физического образования // Физическое образование в вузах. 1998. Т. 4. С. 64-78.
26. Усольцев А. П., Шамало Т. Н. Наглядность и ее функции в обучении // Педагогическое образование в России. 2016. № 6. С. 91-99.
27. Фабрикантова Е. В. Дидактические возможности документ-камеры в начальном образовании и пути их реализации // Начальная школа. 2015. № 4. С. 27-31.

28. Фрадкин В. Е. Методические основы использования ИКТ в процессе обучения физике // ИКТ в предметной области. Ч. V. Физика : метод. рекомендации / под ред. В. Е. Фрадкина. СПб. : Региональный центр оценки качества образования и информационных технологий, 2010. С. 6-20.
29. Шамало Т. Н. Теоретические основы использования физического эксперимента в развивающем обучении. Свердловск, 1990.
30. Яковлева Т. Г. Новые возможности демонстрационного эксперимента // ИКТ в предметной области. Ч. V. Физика : метод. рекомендации / под ред. В. Е. Фрадкина. СПб. : Региональный центр оценки качества образования и информационных технологий, 2010. С. 51-54.
31. Carly K., Daniel J. Lyons, Susan M. Fischer, Sian L. Beilock Physical Experience Enhances Science Learning // Psychological Science. 2015. Vol. 26 (6). P. 737-749.
32. Koudelkova V., Dvorak L. High schools students' misconceptions in electricity and magnetism and how to diagnose them // ICPE-EPEC 2013 Conference Proceedings Prague, 2014. P. 898-905
33. Mäntylä T., Hämäläinen A. Obtaining Laws Through Quantifying Experiments: Justifications of Pre-service Physics Teachers in the Case of Electric Current, Voltage and Resistance // Sci&Educ. 2015. № 24. P. 699-723.
34. Panagiotis Lazos G. N. Vlahakis Physics Education in the Greek Community Schools of Istanbul (19th Century) // Scientific Instruments and Experiments in Electrostatics : AIP Conf. Proc. 2016. №1722, 170001.
35. L'opez S. E. A., Veit I. S. Araujo A literature review about computational modeling and simulation in physics education in middle and high school levels // Revista Brasileira de Ensino de Física. 2016. Vol. 38. № 2. e2401.
36. Shaona Zhou, Jing Han, Kathleen Koenig, Amy Raplinger, Yuan Pi, DanLi, Hua Xiao, Zhao Fu, Lei Bao Assessment of scientific reasoning: The effects of task context, data and design on student reasoning in control of variables // Thinking Skills and Creativity. 2016. Is. 19. P. 175-187.
37. Vera F., Rivera R., Fuentes R., Maltrana DR. Study of the free fall motion using experiments in video // Revista eureka sobre ensenanza y divulgacion de las ciencias. 2015. Vol. 12. Issue 3. P. 581-592.

REFERENCES

1. Agapova I. S. Dokument-kamera i fizicheskiy eksperiment na urokakh fiziki // Uchitel'skaya gazeta. 2012. № 12. 20 marta.
2. Anan'ev D. V. Priemy usileniya razvivayushchego vliyaniya fizicheskogo eksperimenta // Problemy uchebnogo fizicheskogo eksperimenta : sb. nauch. i metod. rabot. Vyp. 3. Glazov : GTPI, 1997. S. 4-5.
3. Verkhovtseva M. O. Rol' sovremennogo uchebnogo fizicheskogo eksperimenta v prepodavanii fiziki v sredney shkole // Fizicheskoe obrazovanie v vuzakh. 2012. T. 18. № 2. S. 111-118.
4. Gruk V. Yu. Fizicheskie laboratorii na baze real'nogo eksperimenta // Fizicheskoe obrazovanie: problemy i perspektivy razvitiya : mat-ly VII mezhdunar. nauch.-metod. konf. M. : MPGU, 2008. Ch. 1. S. 61-63.
5. Dokument-kamera : instrukтивно-metod. mat-ly dlya pedagoga. M. : Biznes Meridian, 2011. 28 s.
6. El'tsov A. V., Zakharkin I. A., Stepanov V. A. Komp'yuternye tekhnologii pri osushchestvlenii shkol'nykh fizicheskikh eksperimentov // Fizicheskoe obrazovanie v vuzakh. 2009. T. 15. № 1. S. 91-99.
7. El'tsov A. V., Zakharkin I. A. Sovremennye komp'yuternye tekhnologii v uchebnom eksperimente po fizike // Vestnik RGU. 2007. № 14. S. 124-130
8. Zakharov A. M. Psikhologo-didakticheskie usloviya effektivnogo ispol'zovaniya proektsii v uchebnom demonstratsionnom eksperimente : monografiya. Chelyabinsk : IIUMTs Obrazovanie, 2002.
9. Kazakov A. Yu., Kostyunin A. V., Lyapina T. V. Vozmozhnosti primeneniya televizionnogo kompleksa v uchebnom protsesse po fizike // Uchebnyy eksperiment v obrazovanii. 2012. № 4. S. 19-25.
10. Korchazhkina O. M. A document camera in ELT. URL: <http://elt-moscow.ru/2010/04/a-document-camera-in-elt>.
11. Krentsis R. P., Sidorenko F. A., Krotov D. V. Komp'yuternoe i videosoprovozhdenie lektsiy po obshchey fizike: novye tekhnologii // Fizicheskoe obrazovanie v vuzakh. 1995. T. 1. S. 47-52.
12. Mayer (Akatov) R. V. Formirovanie naglyadno-chuvstvennykh obrazov pri postanovke slozhnogo uchebnogo fizicheskogo eksperimenta : avtoref. dis. ... kand. ped. nauk. Ekaterinburg, 1998.
13. Mansurov A. N. Primenenie videoproektsii v demonstratsionnom eksperimente po kursu obshchey fiziki // Sovremennyy fizicheskyy praktikum : tez. dokl. VII ucheb.-metod. konf. stran Sodruzhestva. SPb., 2002. S. 176.
14. Nel'zin A. E. Ispol'zovanie foto i videotekhniki v demonstratsionnom eksperimente // Vestnik Permskogo gos. gumanitarno-ped. un-ta. Seriya: Informatsionnye komp'yuternye tekhnologii v obrazovanii. 2010. № 6. S. 42-52.
15. Nesterov A. Dokument-kamery dlya shkol // Prilozhenie k Uchitel'skoy gazete «IKT v obrazovanii». 2008. № 18. S. 16-17.
16. Nesterov A. Dostoinstva otdel'nykh modeley dokument-kamer // Prilozhenie k Uchitel'skoy gazete «IKT v obrazovanii». 2008. № 20. S. 22-23.
17. Nesterov A. Novye vozmozhnosti dokument-kamery dlya pedagogov // Prilozhenie k Uchitel'skoy gazete «IKT v obrazovanii». 2008. № 22. S. 22-23.
18. Politsinskiy E. V., Rumbeshta E. A. Aktivizatsiya poznavatel'noy deyatel'nosti studentov na lektsionnykh zanyatiyakh // Vestnik Tomskogo gos. ped. un-ta. 2011. Vyp 6 (108). S. 37-41.
19. Rumbeshta E. A., Tarasevich I. A. Formirovanie informatsionnykh i kommunikativnykh kompetentsiy na urokakh fiziki // Vestnik Tomskogo gos. ped. un-ta. 2009. Vyp. 7 (85). S. 57-60.
20. Ryzhikov S. B., Starokurov Yu. V. Realizatsiya klassicheskogo eksperimenta «Opyt Galileya» s pomoshch'yu tekhniki fotofinisha // Fizicheskoe obrazovanie v vuzakh. 2002. T. 8. S. 70-74.
21. Seliverstov A. V., Dunin M. S. Ispol'zovanie ustroystv videozakhvata v lektsionnom eksperimente po fizike // Fizicheskoe obrazovanie v vuzakh. 2002. T. 8. S. 97-102.
22. Skvortsov A. I., Fishman A. I. Izmeritel'nyy kompleks na baze komp'yutera v lektsionnykh demonstratsiyakh: I. Analiz mekhanicheskogo dvizheniya s pomoshch'yu videokamery // Fizicheskoe obrazovanie v vuzakh. 2001. T. 7. S. 85-92.

23. Skvortsov A. I., Fishman A. I. Izmeritel'nyy kompleks na baze komp'yutera v lektsionnykh demonstratsiyakh: II. Opticheskiy spektrometr // Fizicheskoe obrazovanie v vuzakh. 2001. T. 7. S. 93-102.
24. Stepanov N. S., Kazarin P. V., Uslugin N. F. Demonstratsionnye eksperimenty na lektsiyakh kak sposob povysheniya effektivnosti uchebnogo protsessa (na primere kursa obshchey fiziki) // Vysshee obrazovanie segodnya. 2008. № 9. S. 36-39.
25. Trukhin V. I., Sandalov A. N., Sukhareva N. A. Telekommunikatsionnoe soprovozhdenie fizicheskogo obrazovaniya // Fizicheskoe obrazovanie v vuzakh. 1998. T. 4. S. 64-78.
26. Usol'tsev A. P., Shamalo T. N. Naglyadnost' i ee funktsii v obuchenii // Pedagogicheskoe obrazovanie v Rossii. 2016. № 6. S. 91-99.
27. Fabrikantova E. V. Didakticheskie vozmozhnosti dokument-kamery v nachal'nom obrazovanii i puti ikh realizatsii // Nachal'naya shkola. 2015. № 4. S. 27-31.
28. Fradkin V. E. Metodicheskie osnovy ispol'zovaniya IKT v protsesse obucheniya fizike // IKT v predmetnoy oblasti. Ch. V. Fizika : metod. rekomendatsii / pod red. V. E. Fradkina. SPb. : Regional'nyy tsentr otsenki kachestva obrazovaniya i informatsionnykh tekhnologiy, 2010. S. 6-20.
29. Shamalo T. N. Teoreticheskie osnovy ispol'zovaniya fizicheskogo eksperimenta v razvivayushchem obuchenii. Sverdlovsk, 1990.
30. Yakovleva T. G. Novye vozmozhnosti demonstratsionnogo eksperimenta // IKT v predmetnoy oblasti. Ch. V. Fizika : metod. rekomendatsii / pod red. V. E. Fradkina. SPb. : Regional'nyy tsentr otsenki kachestva obrazovaniya i informatsionnykh tekhnologiy, 2010. S. 51-54.
31. Carly K., Daniel J. Lyons, Susan M. Fischer, Sian L. Beilock Physical Experience Enhances Science Learning // Psychological Science. 2015. Vol. 26 (6). P. 737-749.
32. Koudelkova V., Dvorak L. High schools students' misconceptions in electricity and magnetism and how to diagnose them // ICPE-EPEC 2013 Conference Proceedings Prague, 2014. P. 898-905
33. Mäntylä T., Hämäläinen A. Obtaining Laws Through Quantifying Experiments: Justifications of Pre-service Physics Teachers in the Case of Electric Current, Voltage and Resistance // Sci&Educ. 2015. № 24. P. 699-723.
34. PanagiotisLazos G. N.Vlahakis Physics Education in the Greek Community Schools of Istanbul (19th Century) // Scientific Instruments and Experiments in Electrostatics : AIP Conf. Proc. 2016. №1722, 170001.
35. L'opez S. E. A. , Veit I. S. Araujo A literature review about computational modeling and simulation in physics education in middle and high school levels // Revista Brasileira de Ensino de Física. 2016. Vol. 38. № 2. e2401.
36. Shaona Zhou, Jing Han, Kathleen Koenig, Amy Raplinger, Yuan Pi, DanLi, Hua Xiao, Zhao Fu, Lei Bao Assessment of scientific reasoning: The effects of task context, data and design on student reasoning in control of variables // Thinking Skills and Creativity. 2016. Is. 19. P. 175-187.
37. Vera F., Rivera R., Fuentes R., Maltrana DR. Study of the free fall motion using experiments in video // Revista eureka sobre ensenanza y divulgacion de las ciencias. 2015. Vol. 12. Issue 3. P. 581-592.

Статью рекомендует д-р пед. наук, проф. Б. М. Игошев.