Видеоанализ

как современный инструмент учителя физики. Сравнение программных продуктов, представленных на российском рынке

Илзе Яновна Филиппова Кандидат физико-математических наук, учитель физики ГБОУ СОШ №138 195221, Россия, Санкт-Петербург, проспект Полюстровский д. 33 e-mail: spbsch-138@yandex.ru

Аннотация

Статья посвящена видеоанализу – записи и обработке видеоинформации о движениях. Использование видеоанализа позволяет превратить видеозапись в источник количественных данных о движении. В работе проведено сравнение трех программных сред, в состав которых входит инструмент видеоанализа – отечественной программы «1С: Измеритель», программы Multilab (программное обеспечение цифровой лаборатории «Архимед», Fourier Sys, Израиль) и Measure Dynamics (Phywe, Германия). Показано, что последовательность действий при видеоанализе одинакова во всех программных средах и включает съемку видеоматериала, процедуру масштабирования, разметку видеофрагмента и математическую обработку полученных результатов. Указаны сильные и слабые стороны каждой из перечисленных программ. Приведены примеры использования видеоанализа на уроках физики в школе и в проектной исследовательской работе учащихся.

The article is dedicated to use of video tracking in school. Video tracking is the process of locating a moving object (or multiple objects) over time using a camera and analyzing this motion. Three software packages which contain video tracking tools are compared. They are the Russian program "1C: Meter", the program "Multilab" (software for the digital laboratory "Archimedes", Fourier Sys, Israel), and "Measure Dynamics" (Phywe, Germany). It is shown that the stages of video tracking with using these programs are similar. The stages include the movie making, scaling, tracking of the object motion over time, and mathematical treatment of the result. Author describes in detail how to make use of video tracking in the lessons of physics in the school and gives some examples of application of video tracking for research projects of schoolchild.

Ключевые слова

цифровые лаборатории, видеоанализ движения, физика в школе

computerized science laboratories, video tracking of motion, physics in school

Введение

Широкое внедрение информационных технологий в процесс преподавания в школе является одним из проявлений процесса масштабной информатизации всего общества. В школьных кабинетах обыденным стало присутствие компьютера и мультимедийного проектора.

Распространенными инструментами, используемыми при проведении опытов по физике, химии и биологии стали цифровые измерители (цифровые лаборатории), основное назначение которых отображать данные натурного эксперимента на экране компьютера в виде графиков или цифровых индикаторов, что делает эксперимент информационно более насыщенным и во многих случаях более наглядным.

Часто встречающимися инструментами проведения урока стали также цифровые видео и фото-устройства. Многие учителя имеют в своем арсенале Web-камеру (например, встроенную в цифровой микроскоп или в документ-камеру).

Видеосъемка стала доступным инструментом при проведении урока, дающим возможность документировать ход урока или фиксировать изучаемые явления. Появились электронные библиотеки, ориентированные на учителей-предметников, включающие коллекции видеофрагментов, которые могут быть использованы на уроке. Имеющаяся в арсенале учителя видеокамера делает возможным расширять стандартные коллекции своими экспериментами.

Видео, как правило, используется на уроке в качестве иллюстрации. Однако, оно может быть источником точных данных о проводимом эксперименте. Видеоанализ и является тем самым инструментом, превращающим видео как иллюстрацию в источник данных.

Под видеоанализом будем понимать оцифровку и последующий анализ движения произвольного объекта, зафиксированного в процессе видеосъемки. Видеофрагмент, демонстрирующий плоское движение, с помощью видеоанализа можно превратить в источник количественных данных о движении. Среди современного программного обеспечения, доступного школьному учителю физики, представлены программы, позволяющие это сделать. Рассмотрим некоторые из них.

Возможность обработки видеофрагмента включена в пакет программного обеспечения некоторых цифровых лабораторий.

Модуль видеоанализа входит в состав программного обеспечения цифровой лаборатории (ЦЛ) «Архимед» – программы *Multilab* (производитель – Fourier Sys., Израиль) [1-9]. Заметим, что ЦЛ «Архимед» достаточно широко представлена в российских школах, особенно в Москве и в Санкт-Петербурге.

В программное обеспечение цифровой лаборатории Cobra4 (производитель Phywe, Германия) входит специальная программа видеоанализа – *Measure Dynamics* [7-11].

Продукты фирмы Phywe (демонстрационное и лабораторное оборудование для школ и ВУЗ-ов) только начинают появляться на российском рынке, оборудование для школ пока широко представлено только в Ростове-на-Дону.

Кроме того, видеоанализ входит в программное обеспечение цифровой лаборатории Вернье, которая тоже начинает появляться в России.

На российском рынке присутствуют также отечественные программные продукты, включающие видеоанализ движения. Такой программой является «*IC: Измеритель*»[12-13]. С некоторыми оговорками программное обеспечение пособия «Экспериментальные задачи по механике» (авторы Фишман А.И., Скворцов А.И., Даминов Р.В.) [14] также можно отнести к этому типу программных продуктов.

При всем многообразии программных продуктов, последовательность выполняемых при видеоанализе действий оказывается фактически одинаковой во всех перечисленных программных средах:

- создание собственного видеоматериала;

- оцифровка траектории движения предмета;

- проведение математической обработки экспериментальных кривых;

- создание дидактических материалов об изученном движении.

Рассмотрим подробнее основные действия, выполняемые в процессе видеоанализа.

Стандартная последовательность действий при видеоанализе

Съемка видеофрагмента. Проведение видеоанализа предполагает наличие видеоматериала. Наиболее интересно проводить анализ видеофрагмента – короткой видеозаписи, отснятой собственными силами. Видеофрагменты можно снимать с помощью Web-камеры, бытовой видеокамерой, цифровым фотоаппаратом. Ограничение накладывает только длительность фиксируемых событий.

Частота кадров большинства недорогих Web-камер составляет 15 кадров/с, бытовых видеокамер – 25 кадров/с. В интересах надежности проводимого анализа требуется, чтобы видеокамера успевала зарегистрировать достаточное для последующей обработки число точек (кадров) происходящего события. Непростым вопросом оказывается также вопрос форматов отснятого видео (кодеков, использованных при записи видеофайла). Видеофайл следует подготовить в том формате, с которым потом сможет работать программа видеоанализа. И тут начинаются неприятности.

Для того, чтобы работать с программой *Multilab* (ЦЛ «Архимед») приемлемыми оказываются видеофайлы Apple QuickTime (.mov) и лишь некоторые форматы файлов с расширением AVI.

При использовании *Measure Dynamics* подходящими будут файлы .avi, созданные с использование видеокодека vfw (*video for Windows*).

Чтобы работать с программой «*IC: Измеритель*», приемлемыми будут файлы .wmv и лишь некоторые форматы файлов .avi. А с помощью приложения «Экспериментальные задачи по механике» вообще не предполагается анализировать видеофрагменты, созданные собственными силами, а только входящие в прилагаемую библиотеку видеозаписей.

В этой ситуации в выгодном положении оказываются те программные продукты, которые обеспечивают захват видео с видеокамеры и сохранение фрагмента для последующего видеоанализа в нужном формате. Это относится в первую очередь к программе *Multilab* (ЦЛ «Архимед»), т.к. в ней самой заложена возможность управления съемкой видеофрагмента.

В пакет *Measure Dynamics* входит дополнительная программа захвата видео, которая, кроме того, может осуществлять перекодировку ранее записанных файлов в нужный для видеоанализа формат.

Программа захвата видео входит и в состав программного обеспечения ЦЛ Вернье.

Масштабирование. Чтобы получить физические характеристики движения, зафиксированного на видеофрагменте, необходимо сопоставить точкам кадра расстояния между объектами во время видеосъемки. Это легко сделать, если во время съемки в кадре находится предмет, размер которого известен (например, линейка).

В каждой из перечисленных программ есть инструмент, который позволяет провести масштабирование. Как правило, в меню программ видеоанализа есть кнопка, после нажатия на которую на экране появляется соответствующее диалоговое окно. В этом окне указывается размер предмета, на концы которого нужно поставить метки. Процедура установки меток может состоять в последовательных кликах на два конца предмета известной длины или в перетаскивании концов специального мерного отрезка на концы такого предмета (рис. 1).



Рис. 1. Процедура масштабирования: в программе *Multilab* (слева), в программе *Measure Dynamics* (справа)

Задание начала отсчета и направления координатных осей. По умолчанию система координат располагается в левом нижнем углу кадра, и оси ориентированы параллельно сторонам кадра. Чтобы расположить систему координат в удобное для вас место, следует воспользоваться кнопками с изображением осей координат на панели инструментов (у программы Measure Dynamics эта опция находится в подменю «Измерения»). После нажатия на эту иконку можно перенести начало координат в любую точку щелчком мыши по выбранной точке на кадре. После этого можно ориентировать оси координат в соответствии с задачей эксперимента.

Поворот осей в разных программах организован по-разному.

В программе *Multilab* имеется специальная кнопка в меню программы, в программе *Measure Dynamics* положение начала координат задается щелчком левой кнопки мыши, поворот происходит при нажатой правой кнопке.

В программе «*IC: Измеритель*» начало координат задается щелчком мыши в нужной точке, поворот осей происходит при зажатой левой клавише мыши. Важно, что возможность перемещения начала координат и поворота осей осуществлена во всех программах видеоанализа. Необходимость поворота может быть вызвана условиями видеосъемки, т.к. добиться нужной ориентации кадра с необходимой точностью во время съемки, как правило, непростая задача. Кроме того, можно ориентировать одну из осей вдоль направления движения (например – вдоль наклонной плоскости), что может значительно облегчить последующую процедуру обработки данных.

Разметка видеофрагмента (оцифровка траектории). У всех программ обработки видео имеется встроенный плейер проигрывания видеофрагментов. Расположение и вид кнопок управления плейером в разных программах различны. Всегда присутствует кнопка проигрывания фрагмента. Как правило, имеются кнопки перемещения в начало и в конец фрагмента. Кроме того, существенно наличие кнопок покадрового просмотра фрагмента (кадр вперед и кадр назад).

Перед началом оцифровки обязательно нужно выбрать необходимый для оцифровки участок видеофильма. Прежде всего, нажатием на кнопку *Воспроизведение* надо запустить видеосюжет. С помощью кнопки *В начало* в любой момент можно будет вернуться к первому кадру файла. Используя кнопки *Следующий кадр* и *Предыдущий кадр* легко найти кадр, с которого следует начинать оцифровку траектории движения тела.

В целях облегчения поиска нужного кадра у программы *Multilab* имеется функция *Пропуск кадров*. Можно выбрать шаг, с которым просматриваются кадры фрагмента, например, просматривать каждый десятый кадр. Но по умолчанию программы *Multilab* и *Measure Dynamics* настроены на покадровый просмотр.

Когда найден первый физически значимый кадр, начинается собственно работа по оцифровке траектории. При этом в программах «*IC: Измеритель*»

и *Measure Dynamics* на начальный кадр можно переместить ноль отсчета времени. В программах *Multilab* и *Measure Dynamics* разметка ведется следующим образом.

Острие указателя мыши наводится на изображение, щелчок мыши приводит к появлению в таблице данных новой записи: декартовых координат x и y точки, на которую происходил щелчок мыши, и текущего времени (определяется по номеру кадра и по числу кадров в секунду данного видеофрагмента).

В кадре на месте щелчка появляется метка (крестик при использовании программы *Multilab*, точка при работе в программе *MeasureDynamics*).

После этого на экран выводится следующий кадр видеофрагмента. Только в случае работы в программе *Multilab* данные одновременно с разметкой фрагмента отображаются на графиках x(t) и y(t), которые при покадровой обработке видеофильма постепенно дополняется новыми точками.

После завершения оцифровки можно с помощью кнопок видеоплейера *Следующий кадр* и *Предыдущий кадр* просмотреть положение меток на всех кадрах и при необходимости внести корректировку в их положение.

В программах «*IC: Измеритель*» и программном обеспечении «Экспериментальных задач по физике» автоматически после нанесения метки кадр не переводится, приходится это делать вручную нажатием на соответствующую кнопку видеоплейера программы.

Возможность автоматической разметки видеофрагмента. Уникальную возможность автоматического распознавания объекта на кадрах видеофрагмента и определение его координат с занесением результатов в таблицу представляет программа *Measure Dynamics*.

Чтобы провести автоматический анализ, достаточно на одном из кадров указать объект. Важно, что этот кадр не обязан быть первым в серии. Дальше программа автоматически размечает весь видеофрагмент. При автоматическом распознавании используется анализ формы предмета, размера и цвета.

Для успешного проведения автоматического анализа программой *Measure Dynamics* требуется, чтобы видеофрагмент соответствовал определенным требованиям. Изучаемый объект должен четко определяться на фоне (рекомендуется монохромный фон), должен быть достаточно контрастным. Разработчики рекомендуют снимать видеофрагмент таким образом, чтобы в кадре было минимальное количество одновременно движущихся деталей. Автоматическая разметка экономит время обработки видеофрагмента, делают методику более привлекательной в глазах детей (обычная процедура ручной разметки весьма трудоемка, особенно, если требуется отследить движение предмета в течение достаточно длительного промежутка времени).

Именно экономия времени делает использование программы *Measure Dynamics* более предпочтительным при реализации видеоанализа во время урока, когда на счету каждая минута.

Измерение длин и углов. В программах «1С: Измеритель» и Measure Dynamics имеются инструменты измерения длин и углов по кадру видеофрагмента или по изображению на фотографии.

На рис. 2 приведена процедура измерения расстояния в программе Measure Dynamics. При выборе этого действия на видеокадре появляется отрезок, концы которого следует совместить с точками кадра, расстояние между которыми измеряется. Чтобы измерить расстояния между точками в программе «1С: Измеритель», в меню выбирается инструмент Отрезок и поочередно делается щелчок мышью на концы измеряемого отрезка. Данные о результатах измерения высвечиваются в поле, расположенном под меню (рис. 2) и заносятся в таблицу данных.

В этих двух программах также идентична процедура измерения углов. В программе *Multilab* не заложена возможность измерения расстояния между двумя точками в кадре и угла между двумя линиями в кадре, что ограничивает возможности использования этой программы в некоторых исследовательских задачах.



Рис. 2. Измерение длины отрезка в программах Measure Dynamics и «1С: Измеритель»

Работа с графиками движения тел. Если задача, решаемая методом видеоанализа, предполагает анализ графиков, то наиболее выгодно проводить видеоанализ программой Multilab, т.к. процедуру оцифровки траектории программа сопровождает построением графиков движения.

На рис. 3 приведен типичный вид окна программы *Multilab* после проведения разметки видеофрагмента.

В центре расположено окно видео, в котором отображается только текущий кадр видеофрагмента (в кадре видна метка, поставленная во время разметки).

Правый верхний угол занимает окно графиков, правый нижний – окно таблиц. Под окном видео располагаются кнопки меню видеоанализа (основные: масштабирование, работа с координатными осями, кнопки видеоплейера), под окном графиков располагаются кнопки меню графиков. Одна из наиболее важных – кнопка *Курсор*. После ее нажатия на графике появляется значок курсора, положением которого можно управлять мышью или клавишами управления курсора на клавиатуре. В строке под графиком отображаются две координаты курсора. Одновременно с изменением положения курсора на графике меняется изображение в окне видео: в окне выводится именно тот кадр видеофайла, которому соответствует текущее положение курсора на графике (рис. 3).



Рис. 3. Вид окна программы *Multilab* после завершения разметки видеофрагмента

При работе в программе *Measure Dynamics* окно графиков по умолчанию заполнено дополнительным меню программы, поэтому визуально за ходом разметки можно следить только по таблице, которая постепенно заполняется результатами измерения. Активация окна графиков происходит только после выбора

соответствующей функции в подменю результатов измерения. Вид полного окна программы с активированным окном графиков приведен на рис. 4.



Рис. 4. Вид окна программы *Measure Dynamics* после активации окна графиков и добавления фильтра «след» (траектория)

Отметим, что цвет данных в таблице, меток на видеофрагменте и цвет линий на графике совпадают. При этом определяющим является цвет данных в таблице.

График движения средствами программы "1С: Измеритель" может быть построен лишь иллюстративно. Чтобы провести его анализ, предлагается данные разметки экспортировать в программу электронных таблиц *Microsoft Excel*.

Экспорт в электронные таблицы возможен и из Multilab и Measure Dynamics, однако в самих этих программных средах заложен достаточный, а в случае программы Multilab даже несколько избыточный, математический аппарат, с помощью которого можно провести дополнительную обработку данных не выходя за рамки программы обработки видео.

Математическая обработка результатов измерения. Графики скорости и ускорения. При исследовании движения нас, помимо графиков движения, часто интересуют графики скорости и ускорения.

В программе *Multilab* заложен широкий спектр математических процедур, в том числе – расчеты производной, что дает возможность по зарегистрированному графику движения рассчитывать графики скорости и ускорения. Пример графика скорости, полученный из графика движения, представленного на рис. 3, приведен на рис. 5.

Обратите внимание на гибкость заполнения окон информации в программе *Multilab*. Настройками вида окна можно центральное место предоставить информации, которая на конкретном этапе работы наиболее важна.

Во время разметки очень важно, чтобы видеофрагмент имел максимальный размер, поэтому целесообразно центральное окно занимать видеофрагментом. Во время дальнейшей обработки графическая информация может оказаться более значимой. Тогда главное окно можно предоставить графику.

Есть возможность иметь только один вид представления информации – таблицу, график или видео. Обычно в однооконном режиме программу *Multilab* используют при регистрации данных с помощью цифровых датчиков.

В случае работы в программе *Measure Dynamics* расчеты мгновенных значений скорости и ускорения происходит по мере заполнения таблицы. Если имеется

необходимость отобразить график скорости, то данные для его построения уже записаны в таблицу. Пример графика скорости приведен на рисунке 6.



Рис. 5. Одновременное отображение графиков движения и скорости в программе *Multilab*



Рис. 6. График скорости в программе Measure Dynamics

Одновременное отображение графиков скорости и движения на одном поле в программе *Measure Dynamics* затруднено тем, что разметка разных физических величин производится на одной оси и одновременно одно деление на графике означает 1 м и 1 м/с. Масштабы кривых при этом могут оказаться несопоставимыми. В программе заложена также возможность открывать одновременно несколько окон графиков, как это сделано на рис. 7.



Рис. 7. Одновременное отображение графиков движения и скорости в программе *Measure Dynamics*

Аппроксимация полученных кривых. В подборе аппроксимационной функции для графиков в двух программах Multilab и Measure Dynamics реализованы значительно отличающиеся подходы. В программе Multilab с помощью курсора указывается, какую из присутствующих на графике кривых предполагается аппроксимировать, и из списка выбирается тип функции.

В качестве аппроксимационной функции могут быть использованы линейная, полиномы второй, третьей, четвертой, пятой или шестой степеней, степенная функция или экспонента.

При изучении движения наиболее часто возникает необходимость аппроксимации линейной функцией или полиномом второй степени.

На рисунках 8-9 показаны этапы проведения аппроксимации графика движения, приведенного на рис. 3 и рис. 5, полиномом второй степени.



Рис. 8 Процедура аппроксимации графика движения полиномом второй степени в программе Multilab:

Особенность решаемой видеозадачи заключалась в том, что график движения представляет собой несимметричную кривую, т.к. движение вверх и вниз по наклонной плоскости происходит с разным ускорением из-за наличия силы трения. Это привело к тому, что разные участки кривой пришлось аппроксимировать независимо.

Для указания области, к которой следует применить выбранный вид математической обработки, в программе Multilab служит операция Два курсора.

С помощью этого же инструмента можно вырезать часть данных и заполнить ими все поле графика (сравните графики, приведенные на рис. 3 и 5 с рис. 8 и 9).

При аппроксимации указывается вид функции, после выполнения процедуры аппроксимации под окном графиков высвечивается математическая запись полученной формулы. В данном случае наиболее важным было найти значение старшего коэффициента полинома второй степени.

Уравнение движения равноускоренного движения – полином второй степени, в котором старший коэффициент (при t²) – половина величины ускорения. Видно, что значения коэффициентов полиномов, соответствующих на графике движению вверх и вниз по наклонной плоскости, отличаются значительно.

Выполняющий данную операцию ученик должен выбрать из списка (по подсказке учителя) вид функции и записать полученные коэффициенты.

Реализованный в программе *Measure Dynamics* подход при подборе аппроксимирующей функции больше похож на моделирование. Ученику предлагается подобрать коэффициенты аппроксимирующей функции из общих соображений. Попробуем описать подход к поиску вида аппроксимирующей функции на примере графика скорости, приведенного на рис. 6 и 7.

На этом графике выделяется область, в которой скорость тела линейно изменяется с течением времени. Вид аппроксимирующей функции можно задать формулой d^*x+a . Числовые значения коэффициентов d и a можно ввести вручную или сделать варьируемыми с помощью специального инструмента программы. В последнем случае строчка записи для линейной функции выглядит следующим образом:

< d; -12; -8; -10; 2 > *x + < a; 5; 10; 7; 2 >

Эта формула означает, что границы изменения свободного члена a от 5 до 10; начальное значение 7, число знаков после запятой – два. Коэффициент d при x (по оси абсцисс отложено время) изменяется от -12 до -6, начальное значение -10, число знаков после запятой – два. После введения формулы такого вида на экране появляется новое диалоговое окно управления параметрами функции, в котором для каждого изменяемого параметра имеется специальная полоса с движком. Смещение положения верхнего движка (рис. 9) приводит к изменению величины коэффициента d, что приводит к изменению наклона аппроксимирующей прямой, смещения нижнего – к изменению свободного члена, что сопровождается сдвигом прямой по вертикали. Аппроксимация можно считать завершенной, когда прямую удается совместить с линейным участком графика скорости.



Рис. 9. Подбор коэффициентов аппроксимирующей функции для графика скорости в программе *Measure Dynamics*

С помощью приведенного выше аппарата подбора коэффициентов легко продемонстрировать ученикам назначение каждого из коэффициентов полинома, выбранного с целью описать экспериментальные кривые, что делает эту процедуру менее формальной и абстрактной.

В данном примере вид аппроксимирующего полинома, соответствующему зависимости скорости от времени, оказался v = -10.65t + 7.35. Эта запись показывает, что измеренное ускорение движения шарика (коэффициент при *t*) примерно на 9 процентов отличается от ускорения свободного падения.

Добавление информации в видеофрагмент. Программа Measure Dynamics имеет гигантское преимущество перед остальными рассмотренными программами по возможности внесения дополнительной информации на кадры видеофрагмента. В программе заложены возможности рисования траектории движения (см., например, рис. 7 и 9).

Кроме того, на кадры видеофрагмента можно наложить стрелки, соответствующие векторам скорости и/или ускорения. Длины этих стрелок будут отражать направление и длину данной величины в соответствие с результатами, занесенными в таблицу измерений. Начало стрелок по умолчанию совпадают с точкой метки (т.е. с положением предмета в кадре).

В программу заложена возможность сохранения нового видеофрагмента, состоящего из кадров исходного видеофрагмента с наложенными графическими объектами. Из таких кадров можно формировать «изображение серии», на котором прослеживается изменение положения объекта, а также изменения характеристик движения (см., например, рис. 10) с течением времени. Такое изображение по значимости можно сравнить с графиком движения, т.к. между соседними кадрами проходит 0.04 с, (если съемка велась стандартной видеокамерой).



Рис. 10. Изображение вектора скорости на кадрах видеофрагмента в программе *Measure Dynamics*



Рис. 11. Движение игрушечного поезда по кольцевой железной дороге. (Радиус-векторы соответствуют положениям поезда на разных кадрах)

Вторая возможность – расположить начало графического изображения характеристики движения в определенной точке кадра (например, в центре окружности, по которой двигается тело), а конец совместить с текущим положением предмета в кадре. Тогда на каждом кадре возникает изображение радиус-вектора (рис. 11).

Еще одной дополнительной функцией *Measure Dynamics* является заложенный в нее алгоритм создания стробоскопических изображения фрагмента – на первый кадр видеофрагмента накладываются все последующие. Пример стробоскопического изображения движения приведен на рис. 12.



Рис. 12. Стробоскопическое изображение движения, созданное с использованием программы *Measure Dynamics*

Стробоскопическое изображение движения особенно важно при демонстрации особенностей движения тела сложной формы.

На рис. 13 приведен пример стробоскопического изображения движения молотка. На одном и том же изображении можно проследить движение разных точек молотка. Видно, что центр тяжести (зеленая метка) двигается как материальная точка, т.е. его траекторией движения является парабола. Конец рукоятки молотка (желтая метка) при этом описывает весьма сложную кривую. В сочетании с возможностью автоматической разметки видеофрагмента данная функция делает программу *Measure Dynamics* весьма полезной, т.к. позволяет быстро и качественно анализировать наблюдаемые движения.



Рис. 13. Стробоскопическое изображение движения молотка в программе *Measure Dynamics*

Для удобства сравнения возможностей трех рассмотренных выше программ видеоанализа наиболее важные их функции сопоставлены в таблице 1.

Функция	1С:Измеритель	Multilab	Measure Dynamics
Доступность	Доступна	Приобретается	Приобретается
	для бесплатного	совместно	совместно
	скачивания с сайта	с цифровой	с цифровой
	Единой коллекции	лабораторией	лабораторией Cobra4
	LIOP: http://school-	«Архимел» (Fourier-	(Phywe, Германия)
	collection.edu.ru/	Sys, Израиль)	5 1 1 1
Съемка		J, <u>_</u>	Программа захвата
видеофрагмента			видеофрагмента
пол управлением	_	+	в формате убу входит
подуправленнем		,	в поставляемый пакет
видеоанализа			ПО
Масштабирование	+	+	+
Bozwowuocti	1		
управления			
управления	1		
положением и	+	+	÷
ориентацией системы			
координат			
Ручная разметка	+	+	+
видеофрагмента			
Автоматический			
переход на новый	_	+	+
кадр при ручной			-
разметке			
Автоматическая			
разметка	-	-	+
видеофрагмента			
Автоматическое			
представление данных			
о разметке	+	+	+
видеофрагмента			
в виде таблицы			
Возможность			
экспорта данных	+	+	+
в Microsoft Excel			
Представление			
данных в виде	+	+	+
графиков движения			
Представление			
ланных в виле			
графиков скорости	_	+	+
и ускорения			
Аппроксимация			
графиков			
математическими	-	+	+
функциями			
Стробоскопинеское			
	-	_	+
Иаложание			
паложение			
Трафической	-	_	+
информации на кадры			
видеофрагмента			
Создание			
видеофрагментов			
с наложенной	_	-	+
графической			
информацией			

Таблица 1. Сравнительные характеристики программ видеоанализа

Пример использования видеоанализа на уроке

Видеоанализ традиционно используется автором при объяснении понятия ускорения свободного падения на уроке «Свободное падение тел» в 9 классе. Фрагмент такого урока, проведенного в 2008 году с использованием видеоанализа в программе *Multilab*, приведен на видеозаписи, размещенной на странице <u>http://www.youtube.com/watch?v=qbCD2yaXQ1k</u> и на сайте автора [2]. На видеозаписи зафиксирован процесс записи падения шарика с помощью Web-камеры. Затем показана стандартная процедура обработки: масштабирование, ориентация системы координат и ручная разметка видеофрагмента. Полученный график движения аппроксимирован полиномом второй степени. Старший коэффициент полинома оказался равен 5.25 м/c², что дало значение 10.5 м/c² для ускорения свободного падения. Вся процедура видеоанализа занимает около 5 минут времени урока.

Примеры использования видеоанализа в организации учебно-исследовательской деятельности учеников

Учебно-исследовательская деятельность учеников является одной из важнейших педагогических технологий развивающего обучения, позволяющей увлечь ученика изучаемым предметом, раскрывающая его творческие способности.

Использование видеокамеры в качестве инструмента регистрации данных о движении исследуемых объектов нравится ученикам и стимулирует к выполнению проектной работы.

Использование видеоанализа в проектной деятельности может быть организовано в виде выполнения специальных видеопроектов. Опыт автора по организации проектной деятельности учеников изложен в ряде публикаций[2-11].

Исходя из программы изучения физики в школе, можно заключить, что наиболее удачный период реализации видеопроектов – это 10 класс, т.к. именно в 10 классе законы движения изучаются в полной мере, и ученики уже достаточно хорошо овладели математическим аппаратом, необходимым для грамотного использования законов кинематики и динамики.

При выполнении видеопроектов ученики 10 класса делятся на рабочие группы по 2-3 ученика. Каждой группе предлагается своя тема исследования.

На первом этапе выполнения проекта ученики снимают видеофрагменты экспериментов, формируют из них видеофайлы.

На втором этапе – получают графики движения.

На третьем этапе происходит обработка графиков движения в целях получения характеристик движения.

На четвертом этапе от учеников требуется представить решение исследуемой задачи в общем виде, указать все закономерности процесса (законы сохранения импульса и энергии, закономерности движения тела под действием силы тяжести, проблемы ламинарного и турбулентного течения и т.д.) и доложить предварительные результаты своей работы перед классом.

Необходимость выступить перед одноклассниками на промежуточном этапе выполнения проекта является важным стимулом к серьезной проработке теоретических аспектов поставленной задачи. Как правило, после выступления перед классом у учеников не возникает проблем с подготовкой к теоретической части отчета о выполнении проекта.

На завершающем этапе формируется отчет о выполненном исследовании в виде документа в формате HTML или презентации PowerPoint, помощь в создании отчетов оказывают консультации учителя информатики. Материалы наиболее удачных исследований, как правило, представляются на различные конкурсы и ученические конференции (доклады учеников автора были представлены на XIX открытой Московской естественнонаучной конференции «Потенциал», на VII межрегиональных гимназических чтениях, на III городском фестивале по использованию цифровых естественнонаучных лабораторий «Архимед» г. Санкт-Петербурга и других конференциях и конкурсах).

Важно предложить ученикам исследовательские темы, при изучении которых легко прослеживаются связи явлений окружающего мира с теоретическим материалом, изучаемым в школьном курсе физики. Так, при изучении механики в 10 классе условия некоторых задач можно смоделировать и воспроизвести на опыте. Ниже приводится краткое описание нескольких проектных работ, проведенных под руководством автора его учениками.

«Измерение коэффициента трения скольжения». Проект выполнили в 2007 году с применением программы Multilab ученики 10 класса школы 550 Санкт-Петербурга Пантюхин Ярослав, Павлович Марк и Туренко Павел. В работе было исследовано скольжение пластмассовой пробки по деревянной поверхности наклонной плоскости. Наличие силы трения приводит к различию ускорений, с которым тело двигается вверх и вниз по плоскости. По разнице ускорений определяется коэффициент трения скольжения. Отчет представлен в виде HTML документа на странице сайта автора данной статьи [2], посвященной проектам видеоанализа: <u>http://ifilip.narod.ru/videoan/videoan.html</u>. Измеренный коэффициент трения скольжения оказался равен 0.28.

«Исследование лобового сопротивления, создаваемого воздухом при свободном падении тел». Проект был выполнен в 2010 году учениками 10 класса 138 школы Санкт-Петербурга Весниным Юрием и Ротовым Александром. Было исследовано движение тел разной формы – воздушных шаров, бумажных прямоугольников и зонтиков. Измерение скорости установившегося равномерного движения производилось по данным видеоанализа с применением программы Multilab.

Результаты измерения представлены в презентации, с которой можно ознакомиться на сайте автора [2] на странице публикаций учеников: <u>http://ifilip.narod.ru/publ.html</u>.

Коэффициенты лобового сопротивления оказались максимальны у зонтиков, падающих ручкой вперед, и близки по значению к коэффициенту лобового сопротивления куполообразных парашютов. Несколько меньшим оказалось значение коэффициента лобового сопротивления у прямоугольной пластины.

Для ребят было важно, что величины измеренных коэффициентов лобового сопротивления подтверждают правильность формы используемых на практике парашютов.

При выполнении этой работы ученикам пришлось самостоятельно освоить теорию движения тел в потоке жидкости и газа. Отметим, что этот раздел в последние годы исключен из школьного курса физики, в то время как тема сопротивления воздуха у учеников вызывает очень большой интерес.

Работа была представлена на конференциях разного уровня.

«Исследование абсолютно неупругого удара и модели реактивного движения методом видеоанализа». Проект был выполнен в 2010 году ученицами 10 класса 138 школы Санкт-Петербурга Афимченко Юлией и Шибаевой Александрой.

Реактивное движение в этой работе было смоделировано следующим образом: одна из участниц проекта, стоя на роликовых коньках, бросала тяжелую сумку. Движение сумки и «конькобежца» регистрировалась видеокамерой.

Абсолютно неупругий удар воспроизводился в момент, когда, стоя на роликовых коньках, участница проекта ловила сумку. В проекте был использован видеоанализ с применением программы *Multilab*.

Презентация выполненного проекта представлена на сайте автора: <u>http://ifilip.narod.ru/publ.html</u>. Особенностью данного проекта была необходимость фиксировать на каждом кадре движение двух тел – сумки и «конькобежца».

В программе Multilab разметка кадров в этом случае происходит следующим образом: в меню Budeoahanuз имеется пункт Два тела, в котором можно выбрать опцию Одновременно. После этого программа переходит на следующий кадр только после нанесения двух меток на кадр. Одна метка наносится щелчком левой клавиши мыши, другая – щелчком правой клавиши.

В таблице данных для каждого кадра при этом заносятся 5 чисел -

время от начала съемки (по номеру кадра),

две декартовые координаты первой метки

и две декартовые координаты второй метки.

Цвет меток, наносимых левой клавишей – белый, правой клавишей – красный, что дает возможность при просмотре размеченного фрагмента легко исправить ошибки, если при разметке очередность нажатия клавиш была нарушена.

Полученные результаты показали, что отклонения отношения измеренных видеоанализом скоростей движения от соответствующего отношения масс объектов оказалось в пределах 12%, что говорит о том, что данная видеозадача является весьма неплохой иллюстрацией выполнения закона сохранения импульса.

«Исследование методом видеоанализа лобового соударения двух тел одинаковой массы». Проект был выполнен в 2010 году ученицами 10 класса Розановой Екатериной и Шмаковой Викторией. Исследовалось лобовое соударение двух мячиков для большого тенниса. Мячи были подвешены на длинных нитях. В проекте был использован видеоанализ с применением программы Multilab.

Презентация выполненного проекта представлена на сайте автора: <u>http://ifilip.narod.ru/publ.html</u>. Как и в предыдущем проекте, пришлось на каждом кадре размечать положение двух объектов.

Проведенное исследование показало, что с достаточно большой точностью в данной задаче применима модель абсолютно упругого удара, т.к. потери энергии в результате соударения составляли не более 10%. При этом после соударения первый шар останавливается, а второй приходит в движение со скоростью, незначительно отличающуюся от скорости первого шара в момент соударения.

«Исследование упругих соударений двух тел разной массы с применением видеоанализа». Проект был выполнен 2010-2011 годах учеником 11 класса 138 школы Ротовым Александром. Видеоанализ был проведен в программе Measure Dynamics.

Сама видеозадача представляет собой вариант классической задачи на законы сохранения, часто встречающейся на олимпиадах разного уровня. Два тела разной массы изначально находятся вплотную друг к другу на одной вертикальной линии и начинают свое движение одновременно. Соударения тел с землей и друг с другом абсолютно упругие, тела двигаются вертикально. Необходимо найти на какую максимальную высоту может подлететь верхний легкий шар в результате столкновения с тяжелым. Течение опыта очень зрелищно, этот эксперимент входит в экспозицию многих интерактивных естественнонаучных музеев мира.

Работа получилась особенно интересной тем, что в ходе ее выполнения пришлось пошагово приближать изначально абстрактную модель абсолютно упругого удара к реальной ситуации, искать причины потери энергии и вводить в исходную модель оценку этих потерь.

Результаты этого исследования также представлены на сайте автора: <u>http://ifilip.narod.ru/publ.html</u> и опубликованы в журнале «Физика для школьников» [11].

Заключение

Сравнительный анализ возможностей трех программ видеоанализа «1С: Измеритель», Multilab (программное обеспечение цифровой лаборатории «Архимед») и Measure Dynamics (программное обеспечение цифровой лаборатории Cobra4) показал, что у каждого из перечисленных программных продуктов можно выделить как недостатки, так и преимущества по сравнению с остальными.

Для программы «*IC: Измеритель*» в качестве основного достоинства следует назвать ее доступность. Этот программный продукт включен в Единую коллекцию цифровых ресурсов, что дает возможность учителю бесплатно скачать «*IC: Измеритель*» с сайта <u>http://school-collection.edu.ru</u>.

Основным преимуществом программы *Multilab* является богатство возможностей математической обработки результатов, позволяющее проводить аппроксимацию полученных графиков, преобразовывать данные.

Несомненным преимуществом программы *Measure Dynamics* является наличие автоматической разметки видеофрагмента, значительно экономящей время обработки видеоинформации, что делает последнюю программу особенно интересной для использования на уроке в условии дефицита учебного времени.

Литература

1. Цифровая лаборатория / Архимед, методические материалы М.:ИНТ. – 2007. – 376 с.

2. Филиппова И.Я. Информационные технологии в преподавании физики [Электронный ресурс] // URL: <u>ifilip.narod.ru</u> (Дата обращения: 25.11.2011).

3. Филиппова И.Я. Цифровая лаборатория «Архимед» в работе учителя физики / Материалы IX международной научной конференции «Физика в системе современного образования (ФССО-07)», Том 2, СПб: Изд-во РГПУ им. А.И. Герцена. – 2007. – С. 334-336.

4. Филиппова И.Я., Петрова М.А. Новые видеовозможности на уроке физики [Текст]// ИКТ в образовании. 2008. – № 15(27). – С.22-23.

5. Филиппова И.Я. Методика применения цифровой лаборатории «Архимед» в преподавании физики в школе: методическое пособие 3-е изд. – СПб: Изд-во РЦОКОиИТ, 2009. – 65 с.

 Филиппова И.Я. Видео как составная часть современного урока физики // Материалы X международной научной конференции «Физика в системе современного образования (ФССО-09)», том 2, СПб: Изд-во РГПУ им. А.И. Герцена. – 2009. – C.245-247.

7. Филиппова И.Я. Проекты видеоанализа в исследовательской деятельности учеников // Материалы Всероссийской научно-методической конференции «Современные подходы и системы обучения одаренных детей в Российской школе». – Новосибирск,: изд. СУНЦ НГУ. – 2010. – С.38-39.

8. Филиппова И.Я. Цифровые лаборатории Cobra 4 и «Архимед» на уроке физики // Сборник тезисов XI Международной учебно-методической конференции «Современный физический практикум», Минск. – 2010. – С.286-288.

9. Филиппова И.Я. Использование метода проектов в процессе преподавания физики в школе // Материалы X Международной научно-методической конференции «Физическое образование: проблемы и перспективы развития», часть 1, М: изд-во МПГУ. – 2011. – С.290-294.

10. Филиппова И.Я. Использование оборудования фирмы Phywe (Германия) для проведения лабораторных и демонстрационных экспериментов в школе // Сборник трудов Всероссийского съезда учителей физики в МГУ. М. – 2011. – С.61-62.

11. Ротов А.Ю., Филиппова И.Я. Исследование соударения тел разной массы с применением видеоанализа // Физика для школьников. – 2011. – №3. – С.29-33.

12. Ханнанов Н.К. «Использование «1С:Измерителя» при организации проектной деятельности школьников по оптике[Электронный ресурс] // Тезисы конференции «Новые информационные технологии в образовании» 2011 URL: <u>http://www.1c.ru/rus/partners/training/edu/theses/?y=2011&s=56&t=1440</u> (Дата обращения: 25.11.2011).

13. Ханнанов Н.К. «Использование цифровых инструментов «1С» для организации исследовательских работ школьников в системе дополнительного образования» [Электронный ресурс] // Тезисы конференции «Новые информационные технологии в образовании» 2009. URL: <u>http://www.lc.ru/rus/partners/training/edu/theses/?y=2009&s=28&t=532</u> (Дата обращения: 25.11.2011).

14. Фишман А.И., Скворцов А.И., Даминов Р.В. Экспериментальные задачи лабораторного физического практикума [Электронный ресурс] // Казань: ООО Нью Медиа Дженерейшин. 2006. 1 эл. опт. диск (CD-ROM)