

## МЕТОДИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АНИМАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ ПРИ ИЗУЧЕНИИ МЕХАНИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ В ШКОЛЬНОМ КУРСЕ ФИЗИКИ

Паскевич Н.В., Киндаев А.А.

*ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет», Пенза, e-mail: nellypaskevich1@rambler.ru*

Данная работа посвящена рассмотрению методических возможностей применения компьютерных анимационных моделей на уроках физики при изучении раздела «Механика». В ходе исследования проанализированы различные имеющиеся в настоящее время мультимедийные ресурсы по школьному курсу физики, а также соответствующая учебная и учебно-методическая литература. Проведено анкетирование среди старшеклассников на предмет выявления трудных для понимания тем механики. Выделены особенности, которыми должны обладать компьютерные анимационные модели для наиболее эффективного изучения выявленных в ходе анкетирования сложных вопросов. С целью повышения уровня усвоения соответствующего учебного материала авторами была разработана и внедрена в учебный процесс серия компьютерных анимационных моделей. В статье подробно описаны методические возможности применения указанных мультимедийных средств на примере изучения движения тела, брошенного под углом к горизонту. Предложены способы интерактивной работы с физическими величинами, характеризующими баллистическое движение. Представлены его координатно-графическое описание, а также результаты математической обработки исходных параметров. Смоделированы задачные ситуации, предполагающие проверку правильности их решения виртуально-визуализированным способом. Все методические рекомендации сопровождаются соответствующими наглядными поясняющими рисунками. Проведен анализ результатов входных и итоговых контрольно-измерительных мероприятий, показавший высокую эффективность примененных образовательных мультимедийных технологий.

Ключевые слова: школьный курс физики, методика обучения физике, компьютерные анимационные модели, механика, баллистическое движение тела.

## METHODOLOGICAL POSSIBILITIES OF THE USE OF ANIMATION MODELS IN STUDYING MECHANICAL PHENOMENA IN THE SCHOOL PHYSICS COURSE

Paskevich N.V., Kindaev A.A.

*Penza State University, Penza, e-mail: nellypaskevich1@rambler.ru*

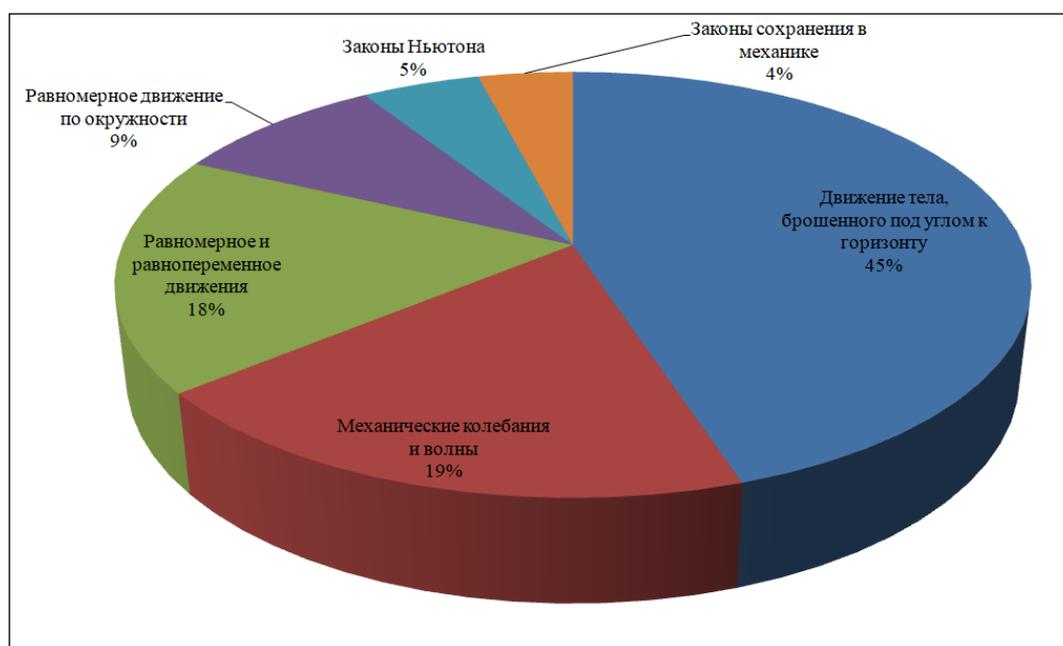
This work is devoted to the consideration of methodological possibilities of using computer animation models in physics lessons when studying the section «Mechanics». In the course of the study, various multimedia resources currently available for the school physics course, as well as relevant educational and methodological literature, were analyzed. A survey was conducted among high school students to identify difficult-to-understand topics of mechanics. The features that computer animation models should have for the most effective study of complex issues identified during the survey are highlighted. In order to increase the level of assimilation of the relevant educational material, the authors developed and introduced a series of computer animation models into the educational process. The article describes in detail the methodological possibilities of using these multimedia tools by the example of studying the movement of a body thrown at an angle to the horizon. Methods of interactive work with physical quantities characterizing ballistic motion are proposed. Its coordinate-graphical description is presented, as well as the results of mathematical processing of the initial parameters. The problem situations are modeled, assuming verification of the correctness of their solution in a virtually visualized way. All methodological recommendations are accompanied by appropriate visual explanatory drawings. The analysis of the results of input and final control and measurement measures was carried out, which showed the high efficiency of the applied educational multimedia technologies.

Keywords: school physics course, methods of teaching physics, computer animation models, mechanics, ballistic motion of the body.

В последнее время у абитуриентов физика становится одним из самых востребованных школьных предметов для поступления в высшие учебные заведения. Так, в 2021 г. Единый государственный экзамен (ЕГЭ) по физике сдавали около 130 тыс. человек [1, с. 2], что сделало

его четвертым по популярности после русского языка, профильной математики и обществознания.

Средний тестовый балл ЕГЭ по физике хотя и увеличился с 54,5 до 55,1, но все же по-прежнему остался невысоким по сравнению с баллами по другим учебным предметам. Анализ результатов выполнения заданий ЕГЭ по содержательным разделам школьного курса физики показал, что наибольший процент выполнения соответствует заданиям по механике и молекулярной физике [1, с. 3]. Однако некоторые темы механики, как и прежде, остаются трудными для восприятия и понимания обучающимися. Это подтвердил проведенный нами опрос среди старшеклассников средних общеобразовательных школ Пензенской области и г. Краснодара. Опрос показал, что к числу таких тем в механике относятся: движение тела, брошенного под углом к горизонту (45%), колебания и волны (19%), равномерное и равнопеременное прямолинейные движения (18%) (рис. 1).



*Рис. 1. Наиболее трудные для изучения темы механики с точки зрения старшеклассников*

Все респонденты (в количестве 90 человек) отметили, что повышению уровня понимания вышеуказанных тем могли бы способствовать мультимедийные материалы, в том числе динамичные анимационные модели, так как изучение механических процессов именно в динамике позволяет разобраться в их физической сути, а на традиционном уроке чаще всего этот материал преподносится в статичном виде (словесно-графическим способом).

Таким образом, целью нашего исследования стали выявление и реализация методических возможностей использования компьютерных анимационных моделей при изучении физики, в частности такого раздела, как «Механика».

**Материал и методы исследования:** анкетирование обучающихся старших классов средних общеобразовательных школ; анализ учебной и учебно-методической литературы, а также существующих мультимедийных курсов школьной физики; анализ возможностей использования компьютерных анимационных моделей на уроках физики, выявление их достоинств и недостатков.

**Результаты исследования и их обсуждение.** Под обучающей компьютерной анимационной моделью по физике мы понимаем программное средство учебного назначения, позволяющее представить реальный физический процесс или явление в упрощенном виде с сохранением существенных деталей, принципов и механизмов функционирования физической системы. Кроме того, такая модель, реализованная с помощью современных технологий, должна обеспечивать интерактивный характер ее использования, а также визуализацию математического инструментария, служащего для описания тех или иных физических закономерностей.

Анимационные средства на уроках физики стали использоваться давно и, казалось, должны были бы получить к настоящему времени повсеместное распространение. Однако, как показывает анализ ситуации в школах Пензенской области и г. Краснодара, это не так. Во-первых, причинами этого являются отсутствие необходимого оборудования в классах или отсутствие соответствующего программного обеспечения, проведение уроков физики не в специализированных кабинетах и т.п. Также учителя физики общеобразовательных школ указывают на дефицит времени, отсутствие полноценных анимационных средств, которые можно подстроить под конкретный конспект урока, отсутствие навыков быстрого овладения интерфейсом современных компьютерных программ, навыков самостоятельного продуцирования необходимых анимационных ресурсов. Во-вторых, недостаточное внедрение анимационных моделей в образовательный процесс по физике связано с малоэффективной методикой их применения. С одной стороны, недостаточная продуманность построения самой модели не позволяет воспользоваться всеми преимуществами этого наглядного средства, с другой – учитель не вполне готов к органичному синтезу и совместному использованию традиционных и современных дидактических ресурсов. Все это указывает на необходимость создания удобных в применении анимационных средств и продуманной эффективной методики их использования учителем физики на уроке.

Проанализировав наиболее популярные интерактивные курсы по физике [2-4], представленные как на отдельных компакт-дисках, так и в сети Интернет, мы выделили особенности, которыми должны обладать компьютерные анимационные модели для эффективного обучения физике:

– возможность быстрой подготовки учителем к уроку, их транспортабельность;

- понятный интерфейс, позволяющий возвращаться из текущего состояния в исходное, делать так называемый шаг назад;
- высокая наглядность;
- возможность экономии времени при изучении нового материала путем быстрого изменения представляемой информации;
- интерактивность, обеспечивающая, в том числе, возможность создания условий для организации этапов «открытия нового знания»;
- динамичность представляемых текстово-графических материалов;
- возможность изучения физических явлений и процессов в целом и по частям;
- возможность демонстрации физических свойств, процессов и явлений, натурный показ которых затруднен или невозможен в условиях школьного кабинета физики;
- возможность влиять на протекание того или иного физического процесса или явления за счет изменения параметров анимационной модели;
- наглядное представление математического инструментария, в том числе функциональных зависимостей физических величин, с помощью динамично меняющихся графиков;
- возможность предоставления дополнительных учебных материалов и др. [5].

В настоящее время существует и доступно для использования (платно и бесплатно) большое количество программ для создания анимаций в образовательных целях. К ним можно отнести Moovly, Adobe Animate, Synfig Studio, Blender и др. Упрощенные анимации можно создавать и в хорошо всем известной программе для презентаций PowerPoint. Мы предлагаем методику применения на уроках физики анимационных моделей, для создания которых нами ранее использовалось программирование на языке Action Script 2.0. Анимационные модели представляют собой автономные исполняемые файлы формата exe.

Авторами статьи разработаны методические рекомендации по использованию таких компьютерных анимаций по механике, как «Равномерное и равнопеременное движение», «Движение тела, брошенного под углом к горизонту», «Математический маятник», «Пружинный маятник» (рис. 2), и иных, предназначенных для обучающихся 9–11-х классов.

Остановимся на методических особенностях использования анимационной модели, служащей для изучения движения тела, брошенного под углом к горизонту. Стоит отметить, что задачи по данной тематике широко представлены в контрольно-измерительных материалах ЕГЭ. Кроме того, баллистическое движение является одной из излюбленных тем у составителей заданий для олимпиад различного уровня. Поэтому обучающимся важно всесторонне изучить поведение тела, движущегося в поле тяготения Земли (а возможно, и другого небесного тела).

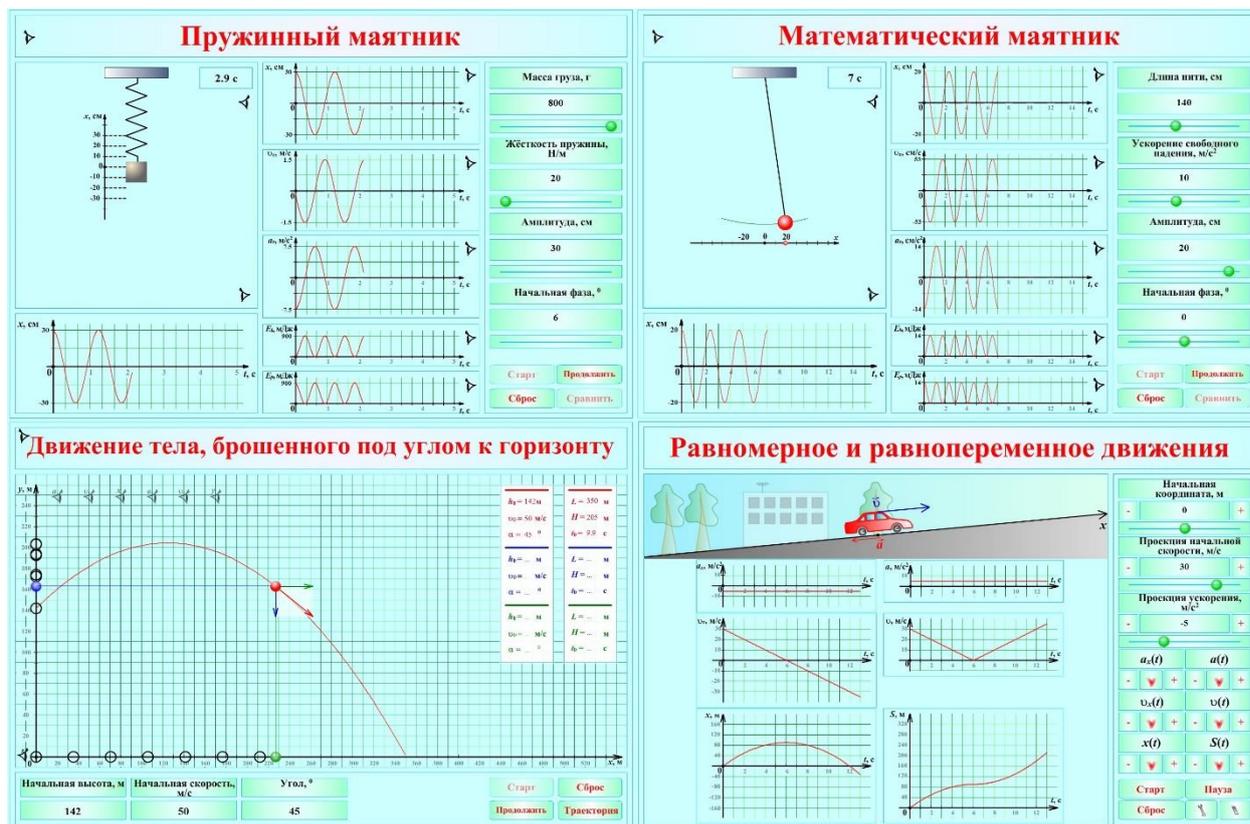
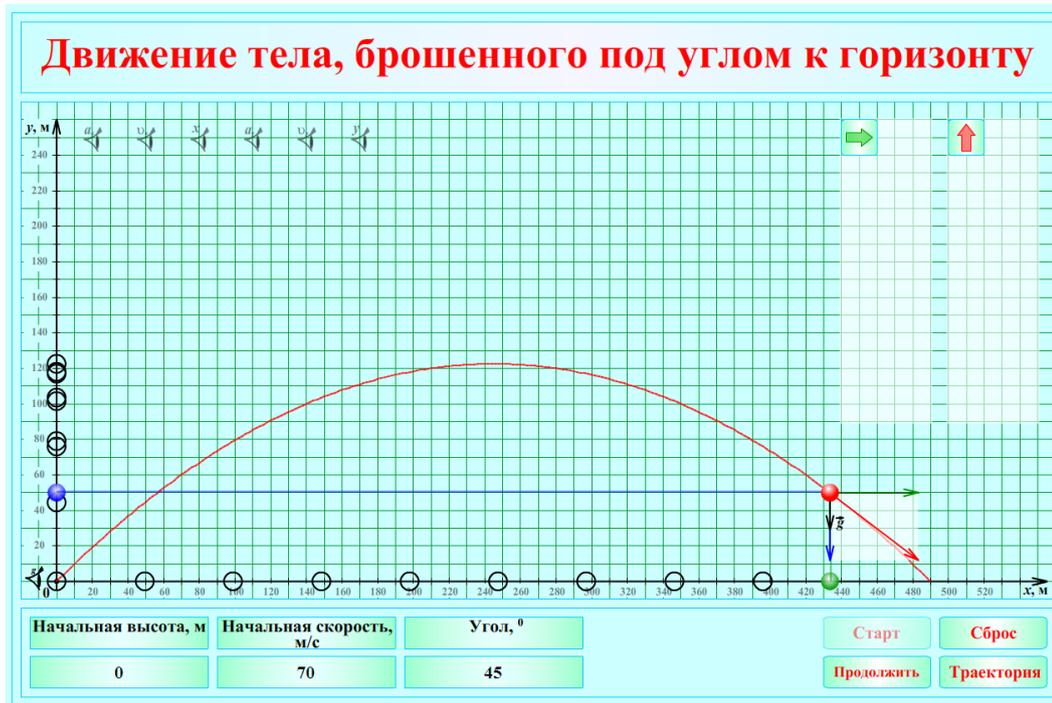


Рис. 2. Анимационные модели по некоторым темам механики

Разработанная анимационная модель имеет следующие возможности: произвольное задание таких параметров, как начальная высота, начальная скорость, угол бросания; запуск/остановка движения в любой момент времени; рисование/стирание траектории; динамичный показ изменения скорости тела и ее составляющих (причем для улучшения восприятия используется визуальное цветовое разграничение представленных элементов); использование «временных отпечатков» тела в направлениях координатных осей для показа равномерности/неравномерности движения; показ/скрытие вектора ускорения свободного падения; показ/скрытие динамично строящихся графиков зависимостей проекций ускорения на оси координат, проекций скоростей и координат тела от времени; сравнение траекторий трех различных движений, а также соответствующих им дальности полета, максимальной высоты подъема и времени полета. Все это является, на наш взгляд, необходимым инструментарием для глубокого понимания особенностей данного механического процесса.

Анимационную модель рекомендуется использовать с первых этапов изучения данной темы, например, начав с показа движения тела при наборе входных данных, обеспечивающих высокую наглядность (например, при  $h_0 = 0$  м,  $\alpha = 45^\circ$ ,  $v_0 = 70$  м/с). При этом следует обратить внимание обучающихся на оставление телом через равные промежутки времени равноотстоящих «отпечатков» вдоль горизонтальной оси (рис. 3) и постоянство горизонтальной составляющей скорости (зеленый вектор), т.е. на равномерное движение тела

в этом направлении, а также на неравномерно распределенные «отпечатки» вдоль вертикальной оси и изменение вертикальной составляющей скорости (синий вектор), т.е. на неравномерное (а именно – равнопеременное) движение тела вдоль оси  $Oy$ .



*Рис. 3. Показ равномерности и неравномерности движения тела вдоль координатных осей*

После этого проводится математическое описание данного процесса. Отметим, что в классах с достаточно высокой предметной подготовкой можно показать как случай бросания с нулевой высоты и «приземлением» на тот же горизонтальный уровень, так и случай с  $h_0 \neq 0$ . В ходе применения кинематических уравнений равномерного и равнопеременного движений для описания поведения тела следует поэтапно обращаться к компьютерной модели, показывая динамически строящиеся графики зависимостей  $a_x(t)$ ,  $a_y(t)$ ,  $v_x(t)$ ,  $v_y(t)$ ,  $x(t)$ ,  $y(t)$  и соотнося происходящий процесс с его математическим (графическим) описанием. На наш взгляд, будет целесообразным встраивание анимации учителем в интерактивное попарное взаимодействие «учитель – обучающийся», «учитель – анимационная модель», «обучающийся – анимационная модель».

На рисунке 4 представлен фрагмент анимации, где графически иллюстрируется зависимость проекции скорости тела на ось  $Oy$  от времени (показан момент прохождения телом верхней точки траектории).

После получения и графической интерпретации всех кинематических уравнений, служащих для описания движения тела, брошенного под углом к горизонту в поле тяготения,

необходимо получить уравнение траектории и показать, что траектория действительно является перевернутой параболой. Затем, как правило, получают аналитические выражения для общего времени полета, дальности полета и максимальной высоты подъема тела.

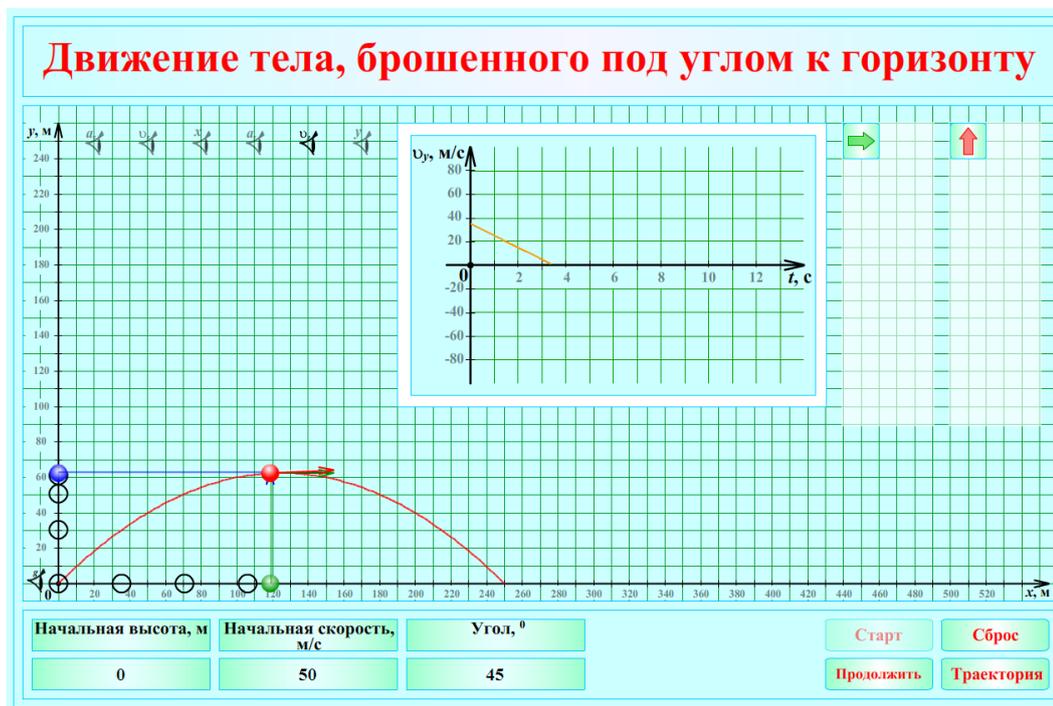


Рис. 4. Показ построения графика  $v_y(t)$   
(момент прохождения телом наивысшей точки)

Чтобы наглядно показать зависимость дальности полета от угла бросания, следует вновь обратиться к анимации и продемонстрировать, как влияет величина угла на перемещение тела в горизонтальном направлении. Например, начав с  $30^\circ$ , можно увеличивать угол с интервалом в  $5^\circ$  и каждый раз обращать внимание на динамику траектории и дальности полета. При первом изучении большинство обучающихся предполагают, что с ростом угла дальность полета все время будет увеличиваться, даже несмотря на то, что аналитическое выражение уже получено и записано ими. Анимационная модель в этом случае как нельзя лучше позволяет добиться правильного понимания механического процесса и соответствующего ему математического описания. Обучающиеся видят, что после превышения значения угла, равного  $45^\circ$ , дальность при той же начальной скорости начинает уменьшаться. В конце иллюстративного ряда на экране целесообразно оставить три траектории, соответствующие углам  $30^\circ$ ,  $45^\circ$  и  $60^\circ$  (рис. 5).

Далее следует предложить обучающимся сравнить дальности полета, соответствующие углам  $30^\circ$  и  $60^\circ$ , обратить их внимание на то, что сумма этих углов составляет  $90^\circ$ ; попросить обучающихся привести дополнительные примеры пар углов, при которых дальности полета будут одинаковы (при той же начальной скорости); проверить правильность предложенных

значений с помощью анимации, проследив за траекторией движения тела в соответствующих случаях.

При изучении баллистического движения также полезно замечать, что траекторию движения тела можно «обращать», поскольку при его запуске с той же по модулю начальной скоростью и под тем же углом к горизонту, но в обратном направлении, тело «повторит» все промежуточные состояния.

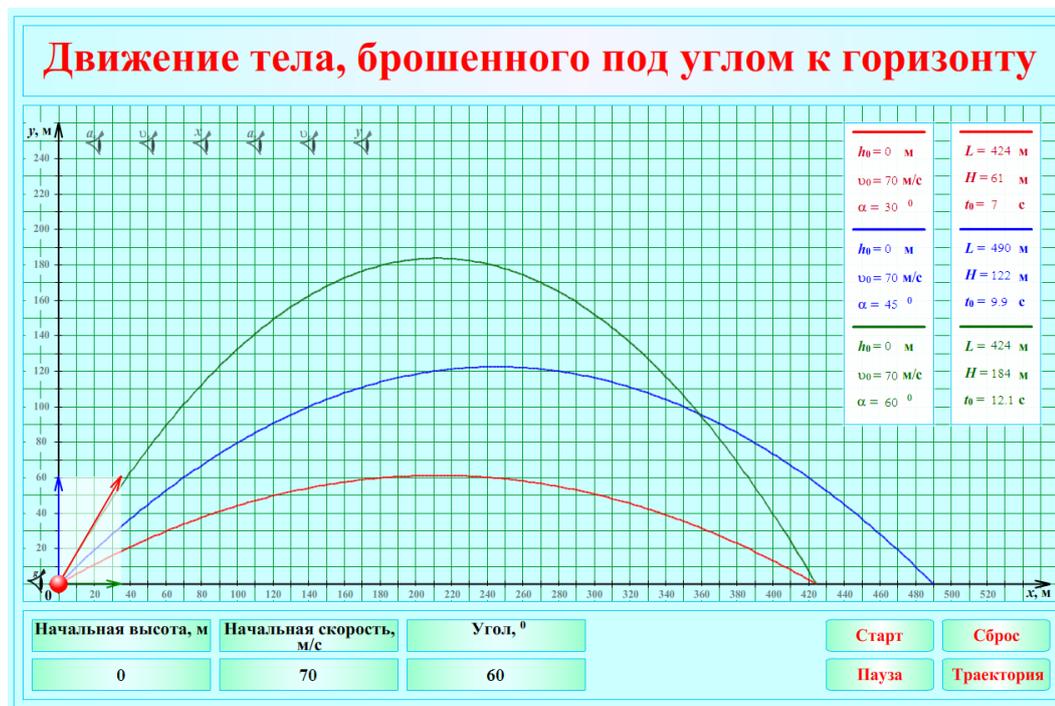


Рис. 5. Зависимость дальности полета от угла бросания

Данная анимационная модель также позволяет предлагать обучающимся задачные ситуации с возможностью проверки результатов решения виртуально-визуализированным образом, в том числе и в усложненных условиях. Например, можно предложить обучающимся рассчитать дальность полета при  $h_0 = 200$  м,  $\alpha = 15^\circ$ ,  $v_0 = 50$  м/с, а затем выполнить совместную с ними наглядную проверку, запустив анимацию при указанных параметрах.

Отметим, что вышеуказанные анимационные модели были использованы при проведении формирующего эксперимента в ходе изучения соответствующих тем раздела «Механика». На начальном этапе среди обучающихся школ Пензенской области и г. Краснодара были отобраны две группы по 45 человек в каждой (контрольная и экспериментальная) с примерно одинаковым уровнем базовых знаний по данным темам. В экспериментальной группе учебный процесс строился с использованием описанных анимационных моделей и разработанных авторами методических рекомендаций по их применению, в то время как в контрольной группе изучение учебного материала осуществлялось традиционным способом. На всем протяжении формирующего эксперимента

проводились различные контрольно-измерительные мероприятия в виде самостоятельных работ, опросов и иного, однако решающей формой контроля, подтвердившей эффективность применения анимационных моделей при изучении механики, стал итоговый тест. Согласно его результатам, количество обучающихся в экспериментальной группе, выполнивших тест на «отлично», оказалось на 7 человек больше, чем в контрольной, а выполнивших на «удовлетворительно» – на 8 человек меньше.

**Заключение.** Таким образом, результаты формирующего эксперимента подтвердили гипотезу о том, что применение разработанных мультимедийных средств позволяет выделять и более глубоко понимать особенности различных случаев механического движения. Кроме того, выявленные методические возможности и преимущества компьютерных анимационных моделей дали возможность не только успешно реализовать их на практике, но и обозначить направления дальнейших исследований, таких как разработка обучающих анимаций по другим разделам физики, а также создание контрольно-измерительных мультимедиа-тестов для определения дидактической эффективности различных, в том числе компьютерных, средств обучения.

### Список литературы

1. Демидова М.Ю. Методические рекомендации для учителей, подготовленные на основе анализа типичных ошибок участников ЕГЭ 2021 года. Физика. [Электронный ресурс]. URL: [https://doc.fipi.ru/ege/analiticheskie-i-metodicheskie-materialy/2021/fiz\\_mr\\_2021.pdf](https://doc.fipi.ru/ege/analiticheskie-i-metodicheskie-materialy/2021/fiz_mr_2021.pdf) (дата обращения: 20.11.2021).
2. Козел С.М. Открытая физика. Часть 1. Версия 2.6. Электронный учебник. [Электронный ресурс]. URL: <https://physics.ru/courses/op25part1/content/#.YbGdHurP2Um> (дата обращения: 21.04.2021).
3. Ханнанов Н.К. 1С: Школа. Физика, 9 класс. Электронное учебное пособие. (CD). М.: «1С-Публишинг», 2015.
4. Ханнанов Н.К. 1С: Школа. Физика, 10 класс. Электронное учебное пособие. (CD). М.: «1С-Публишинг», 2015.
5. Киндаев А.А., Дунаев А.Ю., Пушкарев И.С. Использование средств анимации и видео при проведении занятий по физике // Современное образование: научные подходы, опыт, проблемы, перспективы: материалы XVII Всероссийской с международным участием научно-практической конференции «Артёмовские чтения» (г. Пенза, 21 апреля 2021 г.). Пенза: Издательство ПГУ, 2021. С. 216-219.