

Маркушевич Михаил Владимирович

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ
ДВИЖЕНИЯ НЕСКОЛЬКИХ ТЕЛ, ИНТЕГРИРОВАННОГО
С МЕТОДОМ ПРОЕКТОВ, В СРЕДЕ OPENOFFICE.ORG CALC,
ПРИ ОБУЧЕНИИ ПРЕДМЕТАМ ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОГО
ЦИКЛА В ОСНОВНОЙ И СРЕДНЕЙ ШКОЛЕ**

Ключевые слова: компьютерное моделирование, электронные таблицы, OpenOffice, движение тела, брошенного горизонтально, свободное программное обеспечение, интегрированный метод обучения.

Данная работа посвящена практике применения современного интегрированного метода обучения физике и информатике в основной и средней школе, объединяющему в себе метод компьютерного моделирования и метод проектов. В качестве иллюстрации в статье рассмотрен фрагмент занятия по теме «Исследование движения двух тел, брошенных одновременно горизонтально навстречу друг другу, с помощью использования метода компьютерного моделирования в свободных электронных таблицах OpenOffice.org Calc».

Keywords: computer modeling, spreadsheets, OpenOffice, movement of the body thrown horizontally, freeware, integrated teaching method.

This paper deals with the practice of modern integrated method of teaching physics and computer science in primary and secondary school, combining the method of computer modeling and project method. As an illustration, the article consider a fragment of a lesson on the topic «A study of motion of two bodies, abandoned both horizontally towards each other, using the method of computer simulation in the free spreadsheets OpenOffice.org Calc».

Одним из очевидных трендов современного образования, обусловленным новыми требованиями стандартов к образовательным результатам изучения предметов физико-математического цикла, к повышению качества образования, развитием содержания школьного образования по физике и информатике,

переходом к новой информационной образовательной среде, увеличением арсенала электронных образовательных ресурсов, используемых в современной школе, является использование таких современных методов обучения как:

1. Компьютерное моделирование (симуляция).
2. Метод информационного ресурса.
3. Разбор проблемных ситуаций в дискуссии.
4. Метод проектов.
5. Фронтальное обучение в диалоговом режиме.
6. Дидактические игры [1].

Среди вышеперечисленных современных методов обучения физике и информатике хотелось бы особо выделить компьютерное моделирование как наиболее универсальный общенаучный метод, который можно использовать интегрировано с другими частнонаучными методами обучения. Причем при интеграции метода моделирования с другими методами обучения основой в любом случае будет оставаться создание и исследование компьютерной модели, но под разными углами зрения на данный процесс.

Хотя в прошлых работах автор рассматривал различные, достаточно сложные, компьютерные модели различных видов механического движения [8], в настоящей работе хотелось бы изучить использование при конструировании урока одновременно как метода компьютерного моделирования, так и метода проектов и, кроме того, продемонстрировать работу с компьютерной моделью движения двух тел, позволяющей оценивать их взаимное положение в пространстве.

Метод проектов – это способ достижения дидактической цели через детальную разработку проблемы, которая должна завершиться вполне реальным, осязаемым практическим результатом, оформленным тем или иным образом (проф. Е.С. Полат) [2]; это совокупность приёмов, действий учащихся в их определённой последовательности для достижения поставленной задачи – решения проблемы, лично значимой для учащихся и оформленной в виде некоего конечного продукта. В рассматриваемом нами примере получается

достаточно сложный конечный продукт, а именно, компьютерная модель, выполненная учащимися в электронных таблицах OpenOffice.org Calc и система выводов о возможности и условиях встречи двух тел в полете, как результат изучения созданной ранее модели.

Основное предназначение метода проектов состоит в предоставлении учащимся возможности самостоятельного приобретения знаний в процессе решения практических задач или проблем, требующего интеграции знаний из различных предметных областей, в нашем случае – из физики и информатики. Если говорить о методе проектов как о педагогической технологии, то эта технология предполагает совокупность исследовательских, поисковых, проблемных методов, творческих по своей сути. Преподавателю в рамках проекта отводится роль тьютора, координатора, эксперта, консультанта.

Для иллюстрации использования метода проектов при преподавании физики и информатики в старших классах приведем исследовательский проект по теме «Исследование движения двух тел, брошенных одновременно горизонтально навстречу друг другу, с помощью использования метода компьютерного моделирования в свободных электронных таблицах OpenOffice.org Calc».

Целью предлагаемого проекта является создание компьютерной модели движения двух тел, брошенных горизонтально, и в процессе ее исследования дать возможность учащемуся прочувствовать изучаемый процесс, понять его не поверхностно, а во всей его полноте и глубине, на доступном старшекласснику уровне. Для этого будем использовать, во – первых метод компьютерного моделирования изучаемого процесса, а во – вторых, некоторый необычный угол зрения на это явление или процесс. Как пишет известный философ науки Томас Кун в своей работе «Структура научных революций»: «...учёный должен научиться заново воспринимать окружающий мир – в некоторых хорошо известных ситуациях он должен научиться видеть новый гештальт» [3]. Постараемся и мы посмотреть на объект нашего изучения по-другому, а потом и научить наших школьников видеть новый гештальт в изучаемом нами процессе.

Важно отметить, что компьютерное моделирование относится к группе методов, которые можно уподобить алгоритмам математики. В этих методах задан строгий порядок исследовательских операций, который приводит к желаемому результату. Рассмотрим более подробно основные этапы разработки и исследования компьютерной модели [4]:

1. Описательная информационная модель.
2. Формализованная модель.
3. Выбор программной среды моделирования.
4. Создание компьютерной модели в выбранной среде.
5. Исследование компьютерной модели в ходе виртуального эксперимента.
6. Анализ полученных результатов виртуального эксперимента.
7. Доработка и корректировка компьютерной модели.

Посмотрим, каким образом описанные выше стадии моделирования реализуются в выбранном нами исследовательском проекте.

Описательная информационная модель

Рассмотрим движения двух тел, брошенных одновременно горизонтально навстречу друг другу, первое – с начальной скоростью V_{01} с высоты H_1 над уровнем земли, второе – с начальной скоростью V_{02} с высоты H_2 над уровнем земли. Расстояние между точками бросков по горизонтали равно L .

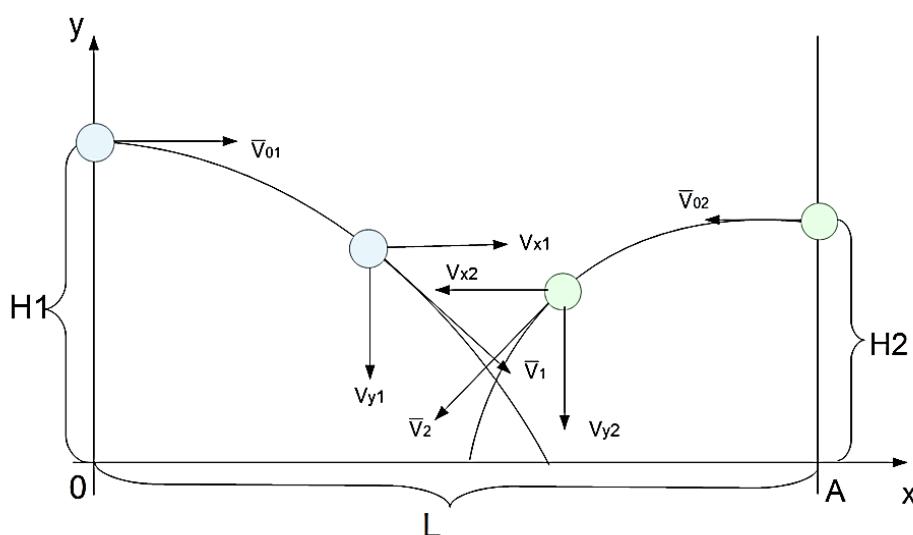


Рис.1. Схема движения двух тел, брошенных
горизонтально навстречу друг другу
Формализованная модель

Для описания движения тела, брошенного горизонтально определимся с системой координат – начало координат 0 разместим под точкой, откуда производится бросок первого тела. Горизонтальную ось x направим вправо, а вертикальную ось y вверх через начальное положение первого тела. Начальную скорость первого тела обозначим V_{01} , высоту, с которой производится бросок первого тела – H_1 , скорость первого тела в произвольный момент времени t – обозначим V_1 , проекцию скорости V_1 на ось x – обозначим V_{x1} , проекцию скорости V_1 на ось y – обозначим V_{y1} . Аналогичным образом обозначим параметры, характеризующие движение второго тела.

Кратко актуализируем знания по кинематике тела, брошенного горизонтально. Координата x_1 первого из рассматриваемых тел будет определяться по формуле 1:

$$x_1 = V_{01}t \quad (1)$$

Координата y_1 первого тела будет определяться по формуле 2:

$$y_1 = H_1 - \frac{gt^2}{2} \quad (2)$$

Проекция скорости тела, брошенного горизонтально, на ось x в любой момент времени движения будет постоянна и равна V_{01} .

Проекция скорости первого тела, брошенного горизонтально, на ось y будет определяться по формуле 3:

$$V_{y1} = -gt \quad (3)$$

Модуль скорости тела V будет определяться по формуле 4:

$$V_1 = \sqrt{V_{01}^2 + g^2 t^2} \quad (4)$$

Координата x_2 второго тела будет определяться по формуле 5:

$$x_2 = L - V_{02}t \quad (5)$$

Координата y_2 определяется по формуле 6:

$$y_2 = H_2 - \frac{gt^2}{2} \quad (6)$$

Проекция скорости второго тела на ось у и модуль скорости второго тела вычисляются аналогично тем же параметрам для первого тела по формулам 7 и 8:

$$V_{y2} = -gt \quad (7)$$

$$V_2 = \sqrt{V_{02}^2 + g^2 t^2} \quad (8)$$

Выбор программной среды моделирования

Какую же программную среду рационально выбрать для компьютерного моделирования физических процессов, рассматриваемых в разделах кинематика и динамика? Очевидно, что наиболее подходящим для данных целей являются:

1. Визуальный язык программирования;
2. Динамические электронные таблицы;

Основным недостатком какого-либо языка программирования является то факт, что для его эффективного использования для компьютерного моделирования им надо владеть практически в совершенстве. К сожалению, такими ИКТ-компетенциями обладают далеко не все учащиеся старших классов.

Электронные таблицы, в свою очередь, к середине 10-го класса обычно уже достаточно хорошо освоены в ходе изучения основного курса информатики [4]. Кроме того, электронные таблицы – значительно более простое программное средство, нежели среда визуального программирования. Таким образом, с точки зрения авторов, целесообразно выбрать именно электронные таблицы в качестве среды для создания компьютерных моделей.

Обычно в нашем распоряжении на рабочих компьютерах в школах находятся электронные таблицы Excel из офисного пакета Microsoft Office, но, в случае их использования для учебного процесса, этот выбор не будет оптимальным, так как MS Excel:

1. Относится к платному программному обеспечению.
2. Обычно поставляется в составе офисного пакета Microsoft Office.
3. Может использоваться только под операционными системами семейства Windows или Mac OS X.

4. Системные требования к Microsoft Office 2013: 1 гигабайт ОЗУ (32-разрядный выпуск); 2 гигабайта ОЗУ (64-разрядный выпуск), 3,0 гигабайта свободного места на жестком диске [5].

Иными словами, при использовании в качестве среды для моделирования электронных таблиц Excel, мы не сможем предлагать учащимся работать с компьютерной моделью дома, так как в случае отсутствия у них данного программного обеспечения предложение купить его или обновить домашний компьютер до 2 гигабайт оперативной памяти будет звучать несколько вызывающее в устах преподавателя физики, а в случае использования учащимися дома операционной системы семейства Linux или FreeBSD, OpenBSD установить Excel будет в принципе невозможно.

Какую же альтернативу можно предложить? Такой альтернативой является свободное кроссплатформенное программное обеспечение, например, электронные таблицы OpenOffice.Calc. Электронные таблицы OpenOffice.Calc представляют из себя достаточно мощный программный инструмент для выполнения вычисления с большим объемом числовой информации, имеют встроенные функции различных типов: статистические, математические, логические и т. п. Выбор авторами именно OpenOffice.Calc обусловлен тем фактом, что этот элемент офисного пакета OpenOffice.org принадлежит к бесплатному программному обеспечению и, кроме того, может быть установлен под наиболее распространенными в нашей стране семействами операционными системами, а именно:

1. Windows;
2. MacOS X;
3. Linux.

Еще одним важным доводом в пользу выбора электронных таблиц OpenOffice.Calc является их нетребовательность к параметрам аппаратного обеспечения, минимальные системные требования для установки следующие [6]:

- 1) 256 мегабайт оперативной памяти (рекомендовано 512 Мб);
- 2) 650 мегабайт свободно на жестком диске;

3) Разрешение экрана – 1024 x 768 или выше.

В настоящий момент на сайте проекта <http://www.openoffice.org/download/> доступна для свободного скачивания версия OpenOffice 4.1.2, распространяемая по лицензии, подразумевающей бесплатное использование как в коммерческих, так в учебных или личных целях.

Обратите внимание на тот факт, что использование в качестве среды моделирования свободных электронных таблиц OpenOffice.Calc дает возможность преподавателю рекомендовать учащимся их установку на домашние компьютеры вне зависимости от того, под какими операционными системами они работают и какого они года выпуска. Кроме того, попутно решается задача формирования правовой грамотности учащихся, развития их информационной культуры, того метапредметного результата обучения, который в ФГОС ООО сформулирован следующим образом: формирование и развитие компетентности в области использования информационно-коммуникационных технологий (далее ИКТ- компетенции) [7].

Возникает надежда, что учащиеся, хорошо знакомые на практике с использованием свободного программного обеспечения в дальнейшем не будут нарушать авторские и другие смежные права и устанавливать на свои компьютеры взломанное проприетарное программное обеспечение, одновременно подвергая их риску заражения различным вредоносным программным обеспечением.

Создание компьютерной модели в выбранной среде

Перейдем непосредственно к созданию компьютерной модели в выбранной ранее нами программной среде – в свободных электронных таблицах OpenOffice.Calc. С учетом формул (1) – (8), в режиме отображения формул наша компьютерная модель может выглядеть следующим образом (рис. 2).

	A	B	C	D	E	F	G
1	$t_1, \text{с}$	0	1	2	3	4	5
2	x_1	$=\$B\$15*B1$	$=\$B\$15*C1$	$=\$B\$15*D1$	$=\$B\$15*E1$	$=\$B\$15*F1$	$=\$B\$15*G1$
3	y_1	$=\$B\$16-4,9*B1^2$	$=\$B\$16-4,9*C1^2$	$=\$B\$16-4,9*D1^2$	$=\$B\$16-4,9*E1^2$	$=\$B\$16-4,9*F1^2$	$=\$B\$16-4,9*G1^2$
4	Vx_1	$=\$B\15	$=\$B\15	$=\$B\15	$=\$B\15	$=\$B\15	$=\$B\15
5	Vy_1	$=-9,8*B1$	$=-9,8*C1$	$=-9,8*D1$	$=-9,8*E1$	$=-9,8*F1$	$=-9,8*G1$
6	V_1	$=SQRT(B4^2+B5^2)$	$=SQRT(C4^2+C5^2)$	$=SQRT(D4^2+D5^2)$	$=SQRT(E4^2+E5^2)$	$=SQRT(F4^2+F5^2)$	$=SQRT(G4^2+G5^2)$
7	г. рад	$=ATAN(\$B\$15/ABS(B5))$	$=ATAN(\$B\$15/ABS(C5))$	$=ATAN(\$B\$15/ABS(D5))$	$=ATAN(\$B\$15/ABS(E5))$	$=ATAN(\$B\$15/ABS(F5))$	$=ATAN(\$B\$15/ABS(G5))$
8	x_2	$=\$B\$20-\$E\$15*B1$	$=\$B\$20-\$E\$15*C1$	$=\$B\$20-\$E\$15*D1$	$=\$B\$20-\$E\$15*E1$	$=\$B\$20-\$E\$15*F1$	$=\$B\$20-\$E\$15*G1$
9	y_2	$=\$E\$16-9,8*B1^2/2$	$=\$E\$16-9,8*C1^2/2$	$=\$E\$16-9,8*D1^2/2$	$=\$E\$16-9,8*E1^2/2$	$=\$E\$16-9,8*F1^2/2$	$=\$E\$16-9,8*G1^2/2$
10	Vx_2	$=\$E\15	$=\$E\15	$=\$E\15	$=\$E\15	$=\$E\15	$=\$E\15
11	Vy_2	$=-9,8*B1$	$=-9,8*C1$	$=-9,8*D1$	$=-9,8*E1$	$=-9,8*F1$	$=-9,8*G1$
12	V_2	$=SQRT(B10^2+B11^2)$	$=SQRT(C10^2+C11^2)$	$=SQRT(D10^2+D11^2)$	$=SQRT(E10^2+E11^2)$	$=SQRT(F10^2+F11^2)$	$=SQRT(G10^2+G11^2)$
13							
14							
15	$V_{01}=$	20 м/с	$V_{02}=$		30 м/с		
16	$H_1=$	200 м	$H_2=$		150 м		
17	$t_{\text{ном}}^{1}$	$=SQRT(2*B16/9,8)$ с					
18	L_{max}^{1}	$=B15*SQRT(2*B16/9,8)$ м					
19							
20	$L=$	400 м					
21							
22							

Рис. 2. Компьютерная модель движения двух тел, брошенных навстречу друг другу, в режиме отображения формул

Исследование компьютерной модели в ходе виртуального эксперимента и анализ полученных результатов

Так как в данном случае мы рассматриваем движение двух тел, то было бы разумно во главу угла, т. е. целью проектируемого нами занятия, поставить изучение их взаимного положения в процессе полета.

В таком случае первым вопросом, который преподаватель должен задать учащимся может быть следующий: «Как соотносятся друг с другом координаты y_1 и y_2 тел, брошенных одновременно горизонтально друг на встречу другу, с разных высот и с разными начальными скоростями?». Для ответа на этот вопрос учащимся необходимо построить соответствующие графики и проанализировать их.

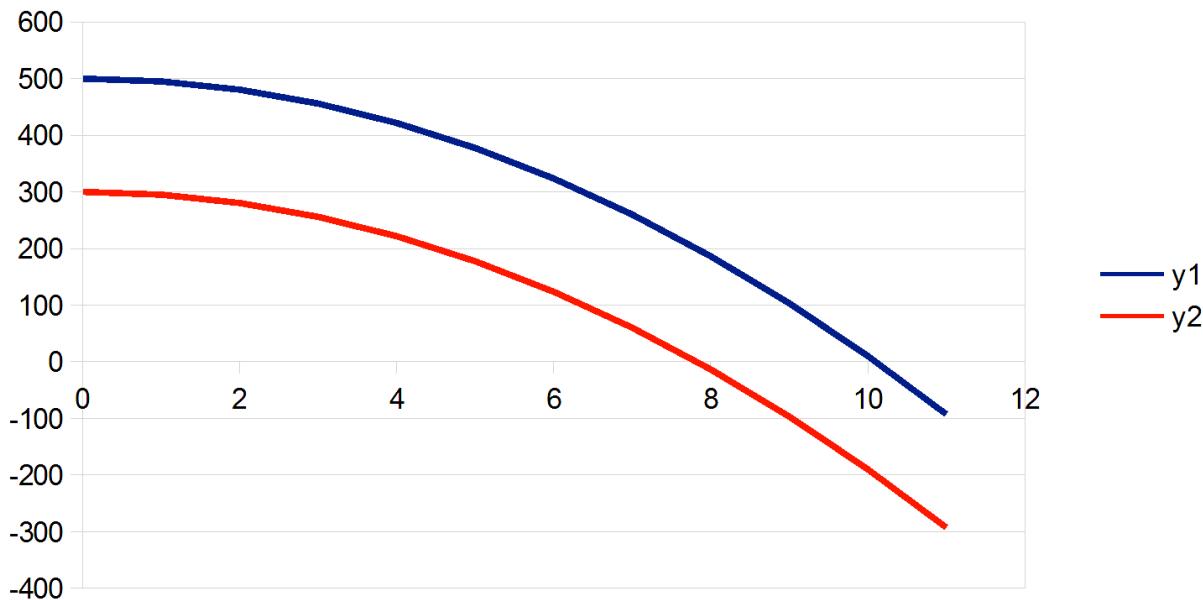


Рис. 3. Графики координат y_1 и y_2 тел, брошенных горизонтально друг другу навстречу с высот 500 и 300 метров и с различными начальными скоростями $v_{01} = 30 \text{ м/с}$ и $v_{02} = 40 \text{ м/с}$ соответственно

В результате анализа графиков, приведенных на рис. 3, учащиеся приходят к выводу о том, что *разница между координатами двух тел, брошенных одновременно горизонтально друг на встречу другу, с разных высот и с различными начальными скоростями в процессе их движения остается постоянной и не зависит от начальных скоростей двух тел до момента их падения на землю.*

Приравняем высоту броска первого тела высоте броска второго тела и построим графики зависимости их координат y_1 и y_1 от времени на одной координатной плоскости. Результат можно увидеть на рисунке 4 ниже.

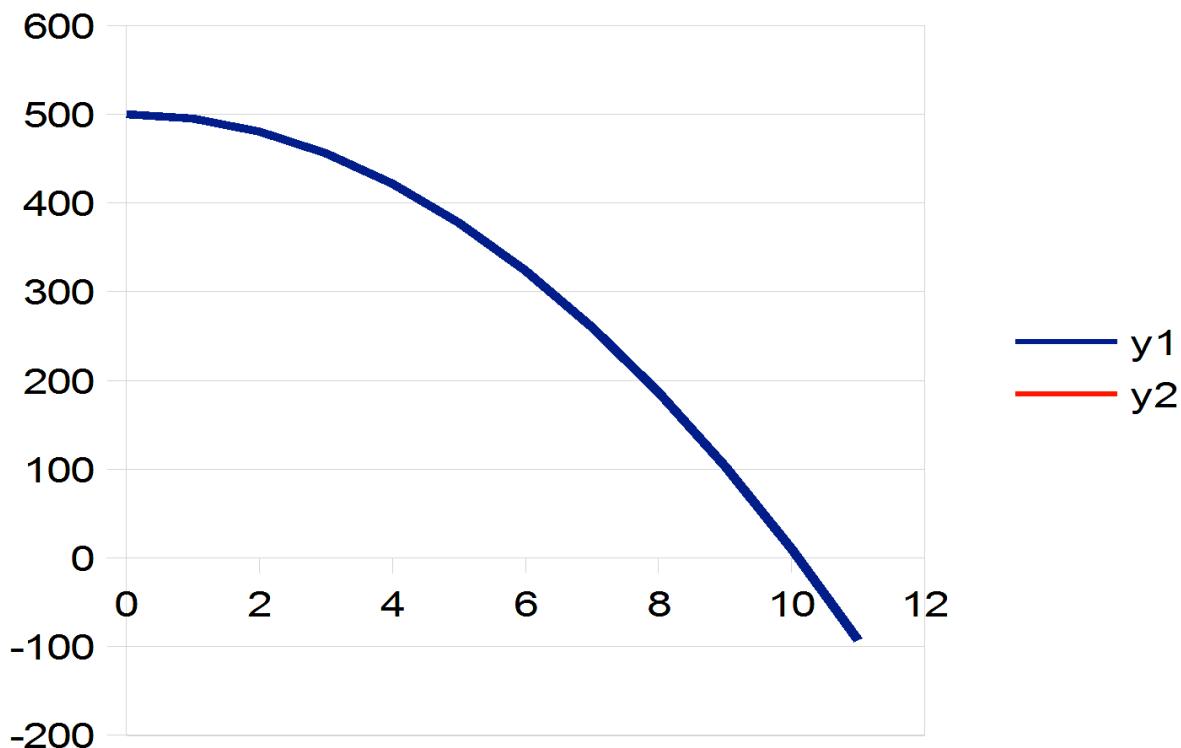


Рис. 4. Графики координат y_1 и y_2 тел, брошенных горизонтально друг другу навстречу с одинаковой высоты 500 метров и начальными скоростями

$$v_{01} = 30 \text{ м/с} \text{ и } v_{02} = 40 \text{ м/с} \text{ соответственно}$$

Как видно из рисунка 4 графики слились. На основании вышесказанного можно сделать следующий вывод: *в случае, когда высоты бросков тел равны друг другу, то, вне зависимости от значений начальных скоростей, их координаты у будут равны друг другу в любой момент времени.*

Следующим вопросом очевидно будет: «Как соотносятся друг с другом координаты x_1 и x_2 тел, брошенных одновременно горизонтально друг на встречу другу, с разных высот и с разными начальными скоростями?». Для ответа на данный вопрос учащимся также необходимо построить соответствующие графики и проанализировать их.

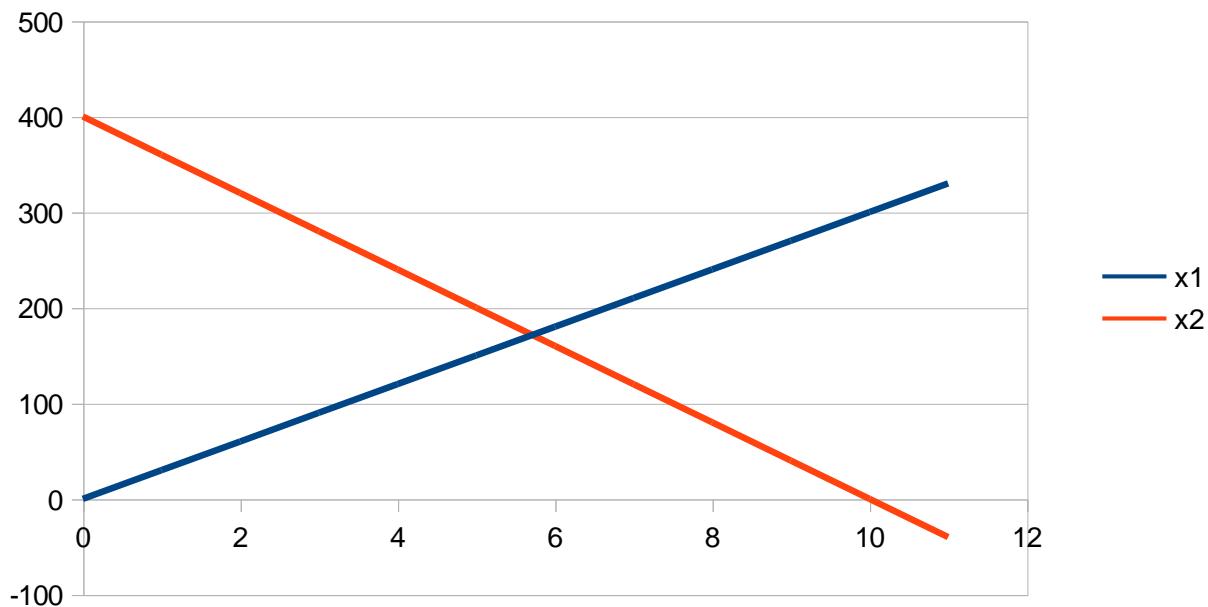


Рис. 5. Графики координат x_1 и x_2 тел, брошенных одновременно горизонтально друг другу навстречу с высот 500 и 300 метров соответственно и с начальными скоростями $v_{01} = 30 \text{ м/с}$ и $v_{02} = 40 \text{ м/с}$ соответственно

Анализируя графики, приведенные на рис. 5, учащиеся делают вывод о том, что координаты x_1 и x_2 данных тел будут одинаковыми в момент времени примерно 6 секунд с начала их движения. Но ведь этого может и не произойти, если тела упадут на землю ранее указанного момента времени. По рис. 3 определим сколько времени тела будут находиться в полете: первое тело – примерно 10 секунд, а второе – примерно 8 секунд. Следовательно, учащиеся могут сделать вывод о том, что *тела успеют пройти точку с одинаковыми координатами x_1 и x_2 до момента их падения на землю*.

И так мы подходим к кульминации нашего занятия, и преподаватель задает следующий вопрос: «В какой момент времени расстояние между изучаемыми нами телами станет наименьшим?».

Доработка и корректировка компьютерной модели

Для того, чтобы ответить на данный вопрос учащимся придется рассчитать зависимость расстояния между телами D от времени полета по формуле (9):

$$D = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2} \quad (9)$$

Для этого в ячейку В14 созданной нами компьютерной модели введем формулу: =SQRT((B8-B2)^2+(B9-B3)^2) и скопируем ее вправо по строке. Затем построим соответствующий график, показанный на рисунке 6 ниже.

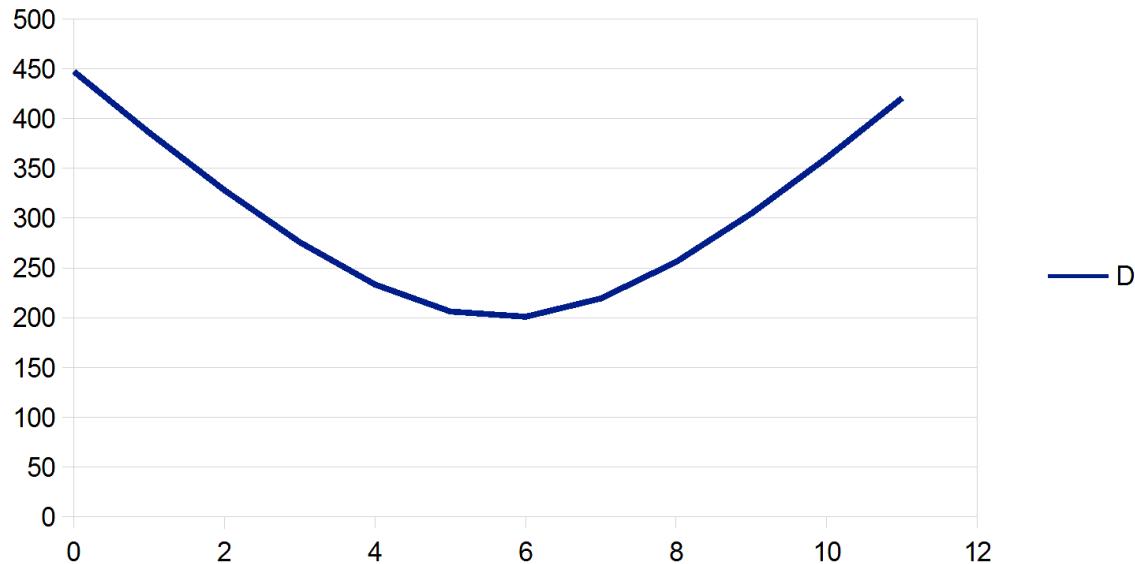


Рис. 6. График зависимости расстояния между телами, брошенными одновременно горизонтально друг на встречу другу, с высот 500 и 300 метров соответственно и с начальными скоростями $v_{01} = 30 \text{ м/с}$ и $v_{02} = 40 \text{ м/с}$ соответственно, от времени

Анализируя вышеприведенный график, а также график, изображенный на рисунке 5, можно сделать вывод о том, что *наименьшее расстояние между телами, брошенными одновременно горизонтально друг на встречу другу с разных высот и разными начальными скоростями в таком соотношении, что в процессе полета происходит уравнивание их координат x , достигается именно в момент уравнивания их координат x .*

Интересно было рассмотреть зависимость расстояния между телами от времени для двух тел, брошенных одновременно горизонтально с разными начальными скоростями, но с одинаковых высот. На основании рисунков 4 и 6 можно сделать вывод о том, что *встреча в полете двух тел, брошенных одновременно горизонтально друг другу на встречу, возможна лишь в том случае, если они брошены с одинаковых высот*. Тогда для двух тел, брошенных с

высоты 600 метров, первое – с начальной скоростью $v_{01} = 50$ м/с, а второе – с начальной скоростью $v_{02} = 30$ м/с, мы получим следующий график зависимости расстояния между ними от времени:

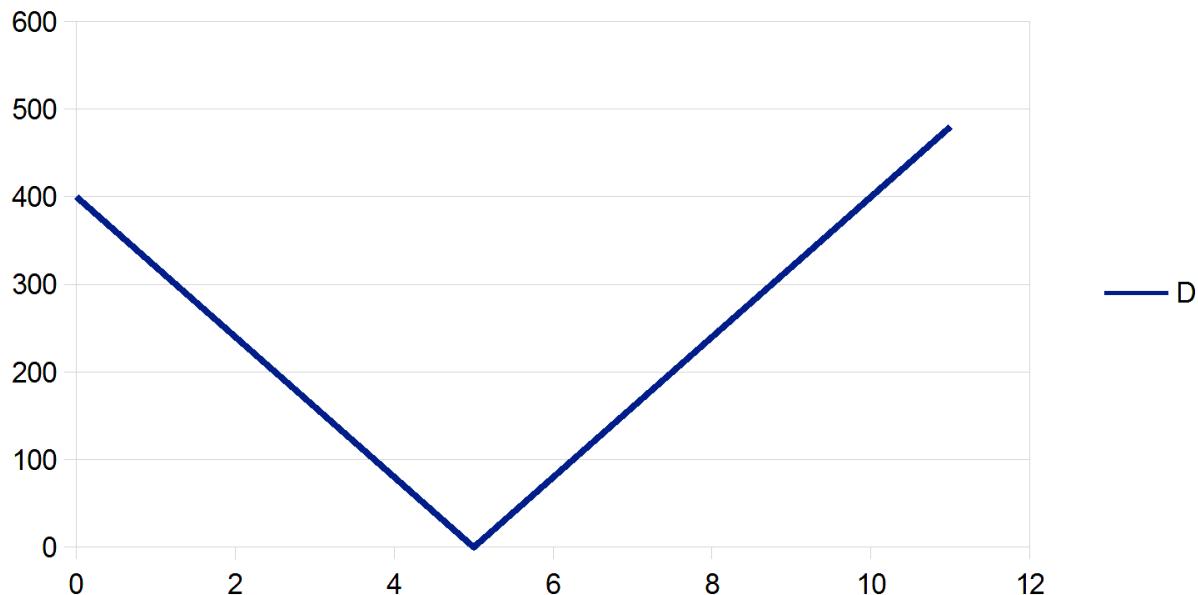


Рис. 7. График зависимости расстояния между телами, брошенными одновременно горизонтально на встречу друг другу с одинаковой высоты 600 метров, первое – с начальной скоростью $v_{01} = 50$ м/с, а второе – с начальной скоростью $v_{02} = 30$ м/с

Анализируя график, показанный на рисунке 7, можно сделать вывод о том, что тела встретятся в полете примерно через 5 секунд с момента начала их движения, так как расстояние между ними в данный момент времени равно нулю. Теперь перед учащимися встает задача перейти от частных рассуждений к общим выводам, используя дедукцию, а именно, сформулировать правило относительно двух тел, брошенных одновременно горизонтально друг на встречу другу с одинаковых высот, но с разными начальными скоростями. Данное правило однозначно вытекает из всех предыдущих виртуальных экспериментов, которые мы проводили с компьютерной моделью двух тел в текущем разделе и выглядит следующим образом:

Два тела, брошенных одновременно горизонтально друг на встречу другу с одинаковых высот, но с разными начальными скоростями, обязательно встретятся в полете в том случае, если будет соблюдено условие соотношения скоростей v_1 и v_2 , высоты броска H и первоначальному расстоянию между точками бросков L :

$$(v_{01} + v_{02}) \sqrt{\frac{2H}{g}} \geq L \quad (10)$$

Классификация интегрированных методов обучения

Рассматриваемый нами интегрированный метод «компьютерное моделирование + метод проектов» можно классифицировать следующим образом:

- по характеру взаимной деятельности учителя и обучающихся их можно отнести к интерактивным методам;
- по типу (характеру) познавательной деятельности – к частично-поисковым или к исследовательским методам;
- по основным компонентам деятельности учителя – к методам формирования интереса к обучению;
- по источникам передачи и характеру восприятия информации – к практическим;
- по дидактическим задачам – к методам, связанным с объяснением и закреплением материала.

С точки зрения автора, именно методы обучения, имеющие приведенную выше интегральную характеристику, больше всего соответствуют взятыму в качестве основы в ФГОС ООО системно-деятельностному подходу, так как мотивируют учащихся к активному, творческому овладению знаниями, формируют пытливый, исследовательский склад ума.

Принцип деятельности заключается в том, что формирование личности ученика и продвижение его в развитии осуществляется не тогда, когда он воспринимает знания в готовом виде, а в процессе его собственной деятельности, направленной на «открытие нового знания».

Список литературы

1. Кузнецов А.А. Общая методика обучения информатике» / А.А. Кузнецов, Т.Б. Захарова, А.С. Захаров. – М.: Изд-во МПГУ, 2015 – С. 210–211.
2. Полат Е.С. Новые информационные и педагогические технологии в системе образования / Е.С. Полат, М.Ю. Бухаркина. – М.: Академия, 2005.
3. Кун Т. Структура научных революций. С вводной статьей и дополнениями / Томас Кун. – М.: Прогресс, 1977. – 300 с.
4. Угринович Н.Д. Информатика и ИКТ: Учебник для 9 класса / Н.Д. Угринович. – 6-е изд. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. – 295 с.
5. Требования к системе для Office 2013 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://technet.microsoft.com/ru-ru/library/ee624351.aspx> (дата обращения: 29.02.2016).
6. Системные требования к OpenOffice.org 3.0 – 3.3 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.openoffice.org/dev_docs/source/sys_reqs_30.html (дата обращения: 29.02.2016).
7. Федеральный государственный образовательный стандарт основного общего образования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://xn--80abucjiiibhv9a.xn--p1ai/%D0%B4%D0%BE%D0%BA%D1%83%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D1%82%D1%8B/938> (дата обращения: 29.02.2016).
8. Маркушевич М.В. Компьютерное моделирование движения тела, соскальзывающего с наклонной плоскости // Информатика в школе. – №4. – 2015.

Маркушевич Михаил Владимирович – учитель информатики ГБОУ г. Москвы «Школа с углубленным изучением английского языка №1352», аспирант кафедры социальной и педагогической информатики ФГБОУ ВПО «Российский государственный социальный университет», Россия, Москва.
