

*А.Н. Дахин<sup>1</sup>, Р.Н. Асылбаев<sup>2</sup>, Т.А. Боднарчук\*<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Новосибирский государственный педагогический университет,  
Новосибирск, Россия*

*<sup>2</sup>Павлодарский педагогический университет имени Әлкей Марғұлан,  
г. Павлодар, Республика Казахстан  
karapaskal99@mail.ru*

## ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ НА УРОКАХ ФИЗИКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММ WxMaxima И MS EXCEL

**Аннотация.** В данной статье рассматривается использование компьютерного моделирования на уроках физики с использованием программ Excel и wxMaxima. Работа сфокусирована на решении проблемы, связанной с телом, брошенным под углом к горизонту. Предоставляется пошаговое руководство по использованию Excel и wxMaxima для построения математической модели задачи и моделирования движения тела с течением времени. Обсуждается важность развития у учащихся навыков физического моделирования и процесс приближения модели к реальному процессу. В статье подчеркиваются преимущества использования компьютерного моделирования в образовании по физике, такие как обеспечение более наглядного и интерактивного процесса обучения, возможность проведения более точных расчетов и симуляций, а также подготовка учащихся к будущей карьере в области науки и техники. Подчеркиваются практические применения этого подхода, такие как предсказание траектории брошенного объекта и понимание поведения физических систем. Данная статья служит ценным ресурсом для учителей физики и студентов, заинтересованных во внедрении компьютерного моделирования в свою учебную практику. Предоставляя четкий и подробный пример того, как использовать Excel и wxMaxima для решения задач по физике, демонстрируется потенциал этого подхода для улучшения понимания учащимися предмета и их вовлеченности в него.

**Ключевые слова:** компьютерное моделирование, физика, wxMaxima, Excel, дифференциальные уравнения, методика обучения физике.

### Введение

Компьютерное моделирование – это мощный инструмент для понимания сложных систем и явлений в физике. Это позволяет учащимся визуализировать абстрактные понятия и взаимодействовать с ними, делая их более доступными и понятными. Использование компьютерного моделирования на уроках физики становится все более популярным в последние годы, и цель данной статьи – изучить его актуальность и преимущества.

Одним из главных преимуществ компьютерного моделирования на уроках физики является то, что оно позволяет учащимся моделировать реальные сценарии, которые в противном случае было бы невозможно воспроизвести в классе. Например, учащиеся могут моделировать движение планет, распространение волн, движение атомов и молекул и т. д. Применение компьютерных моделей позволяет учащимся лучше понять, как работают эти системы и как они взаимодействуют друг с другом.

Еще одним преимуществом компьютерного моделирования является то, что оно позволяет учащимся видеть результаты экспериментов в режиме реального времени. Они могут изменять переменные и наблюдать, как эти изменения влияют на результат, что помогает им развить более глубокое понимание причинно-следственных связей и то, как они применяются к физическим процессам.

Кроме того, компьютерное моделирование может помочь учащимся развить навыки решения проблем, заставляя их создавать модели, которые точно отражают явления реального мира. Это требует от них критического и творческого мышления, а также применения своих знаний о принципах физики [1].

Хотя компьютерное моделирование имеет много преимуществ, существуют также некоторые проблемы, которые необходимо решить. Одна из главных проблем заключается в том, что требуется определенный уровень технических знаний, которыми могут обладать не все ученики. Это может создать барьер для некоторых учащихся и ограничить их способность в полной мере усваивать материал.

Другая проблема заключается в том, что компьютерное моделирование может занимать много времени и требует доступа к специализированному программному обеспечению и аппаратному обеспечению, что на данный момент является невыполнимым для всех школ с ограниченными ресурсами.

Кроме того, существует риск того, что учащиеся могут чрезмерно полагаться на компьютерные модели и не смогут развить более глубокое понимание основополагающих физических принципов. Важно обеспечить, чтобы компьютерное моделирование использовалось в качестве инструмента для улучшения, а не для замены традиционных методов обучения.

Было проведено несколько исследований по использованию компьютерного моделирования на уроках физики. Рассмотрим несколько из них.

В исследовании, опубликованном в журнале *Science Education and Technology* в 2019 году, изучалась эффективность компьютерного моделирования в преподавании физики в средней школе. Исследование показало, что компьютерное моделирование оказало положительное влияние на концептуальное понимание учащимися физики и их способность решать задачи [2].

В другом исследовании, опубликованном в журнале *Physics Education* в 2020 году, рассматривалось использование компьютерного моделирования при обучении законам движения. Исследование показало, что компьютерное моделирование помогло учащимся развить более глубокое понимание законов движения и эффективно улучшило их навыки решения задач [3].

В исследовании 2018 года, опубликованном в Международном журнале *Science and Mathematics Education*, изучалось использование компьютерного моделирования при обучении теме волн. Исследование показало, что компьютерное моделирование помогло учащимся лучше понять поведение волн и улучшило их способность применять эти знания в реальных ситуациях [4].

В исследовании 2016 года, опубликованном в *Journal of Educational Psychology*, было изучено влияние интерактивного компьютерного моделирования на изучение учащимися ньютоновской механики. Исследование показало, что обучающиеся, которые использовали интерактивные компьютерные симуляции, показали больший прогресс в понимании физических концепций, чем те, кто не использовал симуляции [5].

Когда учащиеся занимаются компьютерным моделированием на уроках физики, они могут развить целый ряд навыков, как в математике, так и в информатике. Некоторые из ключевых навыков, которые можно улучшить с помощью компьютерного моделирования на уроках физики, включают:

- 1) навыки математического моделирования;
- 2) навыки анализа данных;
- 3) навыки программирования;
- 4) навыки вычислительного мышления;
- 5) навыки совместной работы.

Эти навыки могут подготовить учащихся к будущей карьере в области науки, техники, инженерии и математики (STEM) и помочь им стать более информированными и вовлеченными гражданами.

### **Материалы и методы**

Изучив специальную литературу по теме исследования, было принято решение в качестве материалов использовать курс физики за 10 класс. Изучен учебник по физике за курс 10 класса [6]. Был исследован урок по теме «Свободное падение тел. Ускорение свободного падения» с использованием программ для компьютерного моделирования, таких как *wxMaxima* (для символьных вычислений) и *Excel* (для численных вычислений).

*wxMaxima* – это бесплатная система компьютерной алгебры с открытым исходным кодом, которая позволяет пользователям выполнять символьные вычис-

ления, манипулировать математическими уравнениями и функциями и создавать визуальные представления данных. При работе с wxMaxima существует несколько ключевых навыков, которыми учащийся должен овладеть.

Перед началом работы в wxMaxima учащиеся должны быть знакомы с базовой компоновкой wxMaxima, включая различные меню, панели инструментов и окна, которые используются для выполнения различных типов вычислений и манипуляций, должны уметь вводить математические выражения и команды, уметь выявлять и исправлять распространенные ошибки (такие, как синтаксические ошибки или неправильное использование команд). Овладев этими навыками, учащиеся смогут научиться использовать wxMaxima для решения широкого спектра математических задач, от базовых вычислений и построения графиков до продвинутых манипуляций с символами и программирования. Эти навыки высоко ценятся во многих академических и профессиональных областях, включая математику, физику, инженерное дело и анализ данных [7].

Следующим инструментом для компьютерного моделирования физических процессов может служить общедоступное офисное программное обеспечение MS Excel.

Excel – это мощное программное обеспечение для работы с электронными таблицами, которое широко используется в различных отраслях, включая финансы, бухгалтерский учет, маркетинг и анализ данных. При работе с Excel существует несколько ключевых навыков, которыми учащийся должен овладеть. Учащиеся должны быть знакомы с базовым оформлением Excel, включая строки, столбцы и ячейки, а также различные функции и формулы, которые можно использовать для манипулирования данными. Должны уметь вводить данные и правильно форматировать их базовые вычисления в Excel (сложение, вычитание, умножение и деление, используя формулы и функции), находить и исправлять распространенные ошибки. Овладев этими навыками, учащиеся смогут научиться использовать Excel для решения широкого спектра задач, от базового ввода данных и вычислений до расширенного анализа и визуализации данных. Эти навыки высоко ценятся во многих отраслях промышленности и могут быть полезны как в академических, так и в профессиональных целях [8].

В данной статье ключевыми методами исследования выступают апробация и сравнение.

Целью апробации исследования является подтверждение надежности его результатов путем тщательного тестирования и оценки. Обычно это делается путем представления исследования группе экспертов в соответствующей области для рассмотрения и критики. Обратная связь, полученная в процессе апробации, затем

может быть использована для улучшения исследования и обеспечения того, чтобы его выводы были надежными и точными.

Сравнение в данной работе используется для оценки и анализа сходства и различия между программами wxMaxima и Excel, а также для выявления более точного и более упрощенного для учащихся расчета задачи при компьютерном моделировании. Для сравнения программ нами было выбрано моделирование движения тела, брошенного под углом к горизонту без учета сопротивления и с учетом сопротивления.

В ходе проведения урока использовались интерактивные и наглядные методы обучения.

Интерактивные методы обучения изучались педагогами и исследователями по всему миру. Основное внимание в этих исследованиях было уделено пониманию эффективности интерактивных методов обучения в улучшении результатов обучения и вовлеченности учащихся.

Некоторые исследования показали, что интерактивные методы обучения могут оказывать положительное влияние на результаты обучения учащихся, особенно по сравнению с традиционными методами обучения, основанными на лекциях. Например, Дж. Дьюи считал, что образование должно быть интерактивным и ориентированным на решение проблем и критическое мышление [9].

Математик и педагог С. Паперт, разработавший язык программирования Logo, который был использован как инструмент для интерактивного обучения, считал, что учащиеся следует поощрять к изучению различных явлений и экспериментам над ними, чтобы развить их глубокое понимание [10].

Рассмотрим компьютерное моделирование, при создании моделей используется численное решение дифференциальных уравнений методами Эйлера и Рунге-Кутты.

Методы Эйлера и Рунге-Кутты – это два численных метода, используемых для решения дифференциальных уравнений. Метод Эйлера – это простой и понятный метод аппроксимации решения дифференциального уравнения, в то время как метод Рунге-Кутты является более точным и эффективным методом, который использует несколько итераций для достижения более точной аппроксимации [11].

Для создания компьютерных моделей необходимо углубленное изучение физики, так как при создании моделей используются дифференциальные уравнения.

Дифференциальные уравнения – это тип математических уравнений, которые описывают взаимосвязь между функцией и ее производными. Они используются для моделирования широкого спектра физических явлений, от движения маятника до ядерного распада.

Чтобы продемонстрировать ученикам важность и необходимость дифференциальных уравнений при создании компьютерной модели какого-либо процесса, нужно после объяснения теоретической части материала заострить внимание на составлении уравнений процесса. В качестве примера можно показать, что второй закон Ньютона является исходным дифференциальным уравнением для многих процессов, связанных с механическим движением. Для простоты возьмем одномерный случай по оси  $Ox$ :

$$ma_x = \sum_i F_{ix}$$

Далее показываем, что ускорение – это первая производная от скорости, а, соответственно, скорость – это производная от координаты по времени.

$$v_x = \frac{dx}{dt}; a_x = \frac{dv_x}{dt} = \frac{d^2x}{dt^2}$$

$$m \frac{d^2x}{dt^2} = \sum_i F_{ix}$$

Тем самым мы получаем линейное дифференциальное уравнение второго порядка.

В качестве другого примера, можно привести процесс радиоактивного распада изотопа.

$$\begin{aligned} \frac{dN}{dt} &= -\lambda N \\ \frac{dN}{N} &= -\lambda dt \\ \int \frac{dN}{N} &= -\lambda \int dt \\ \ln N &= -\lambda t + C \\ t = 0; N &= N_0 \\ C &= \ln N_0 \\ \ln N &= -\lambda t + \ln N_0 \\ N &= N_0 e^{-\lambda t} \end{aligned}$$

Как только учащийся поймет эту базовую концепцию, можно ввести более сложные дифференциальные уравнения, которые описывают сложные явления, такие как поведение системы пружинного маятника и др. Также важно подчеркнуть необходимость начальных и граничных условий при решении дифференциальных уравнений, поскольку они могут оказать существенное влияние на поведение решения.

Наконец, можно показать учащимся, как дифференциальные уравнения используются в реальных приложениях, таких как инженерное дело, физика и биология. Это может помочь увидеть актуальность и важность изучения дифференциальных уравнений.

Перед тем как начать моделирование физических процессов, нужно разобраться в этапах моделирования. Компьютерное моделирование включает в себя следующие этапы:

- 1) постановка задачи;
- 2) определение объекта моделирования;
- 3) разработка концептуальной модели;
- 4) формализация;
- 5) создание алгоритма и написание программы;
- 6) планирование и проведение компьютерных экспериментов;
- 7) анализ и интерпретация результатов.

#### **Результаты и обсуждения**

Занимаясь компьютерным моделированием на уроках физики важно изучить программу школьного курса физики и оценить возможность проведения моделирования в физике по тем или иным темам. Программа школьного курса физики обычно охватывает широкий круг тем, связанных с механикой, электромагнетизмом, термодинамикой, волнами, оптикой и современной физикой. Компьютерное моделирование может быть использовано во многих из этих разделов, чтобы помочь учащимся развить более глубокое понимание основополагающих концепций и более подробно изучить поведение физических систем. Рассмотрим примеры того, как компьютерное моделирование может быть использовано в различных областях школьного курса физики:

– в механике для имитации движения объектов в различных условиях, таких как свободное падение, движение снаряда, круговое движение и простое гармоническое колебание;

– в электромагнетизме для имитации поведения электрических и магнитных полей, а также движения заряженных частиц под воздействием этих полей;

– в термодинамике для моделирования газов, жидкостей и твердых тел в различных условиях, таких как изменение температуры, давления и объема. В обла-

сти волн и оптики для имитации распространения волн, включая световые, звуковые и электромагнитные волны;

– в современной физике для моделирования поведения субатомных частиц, таких как электроны, протоны и нейтроны, а также распространения света и других форм излучения.

В ходе исследования был рассмотрен урок по теме «Свободное падение тел. Ускорение свободного падения», изучаемый в 10 классе общеобразовательной школы. В качестве условия задачи было выбрано движение тела, брошенного под углом к горизонту. Делаем важную пометку на то, что в роли тела мы принимаем движение материальной точки, так как именно материальная точка позволяет нам учитывать меньшее количество параметров, что позволяет упростить решение задачи и сэкономить больше времени на обсуждение результата.

При моделировании тела, брошенного под углом к горизонту без учета сопротивления и с учетом сопротивления, учащимся было предложено выполнить задание в программах wxMaxima и Excel и сравнить, в какой программе было проще, быстрее и комфортнее работать, а также, какая из программ выдает более точную модель с минимумом погрешности.

Разберем задание на движение тела, брошенного под углом к горизонту с учетом внешнего сопротивления и без него.

*Дано:*

$$g = 9.8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}, v_0 = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}}, \alpha = 45^\circ, \Delta T = 0,05 \text{ с}, m = 1 \text{ кг}, r = 0,8.$$

*Решение без учета сопротивления:*

Определив физические параметры объекта, его начальные условия, воспользовавшись законами и уравнениями движения для получения математической модели движения объекта с учетом сил гравитации и сопротивления воздуха, мы получили следующий результат.

Дифференциальные уравнения могут быть получены из закона Ньютона:

$$\begin{aligned} m\vec{a} &= m\vec{g} \\ ma_x &= 0 \\ ma_y &= -mg \\ a_x &= 0 \\ a_y &= -g \end{aligned}$$

Найдя проекции на координатные оси всех сил, действующих на материальную точку, получаем следующую систему дифференциальных уравнений:

$$\begin{aligned}
 v_x &= v_{x0} + a_x \Delta t \\
 v_y &= v_{y0} + a_y \Delta t \\
 v_x(t) &= v_x(t-1) + a_x(t) \Delta t \\
 v_y(t) &= v_y(t-1) + a_y(t) \Delta t \\
 x(t) &= x(t-1) + v_x(t) \Delta t \\
 y(t) &= y(t-1) + v_y(t) \Delta t
 \end{aligned}$$

*Решение с учетом сопротивления r:*

$$\begin{aligned}
 m\vec{a} &= m\vec{g} + r\vec{v} \\
 ma_x &= -rv_x \\
 ma_y &= -rv_y - mg \\
 a_x &= -\frac{r}{m}v_x \\
 a_y &= -\frac{r}{m}v_y - g \\
 a_x(t) &= -\frac{r}{m}v_x(t-1) \\
 a_y(t) &= -\frac{r}{m}v_y(t-1) - g
 \end{aligned}$$

После выполнения решения задачи принимаемся за работу в прикладной программе MS Excel, заполняем электронную таблицу. Результаты вычислений приведены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1. Результаты вычислений без учета сопротивления

t	ax	ay	vx	vy	x	y	v	Ek=mv <sup>2</sup> /2	Ep=mg y	E=Ek+Ep
0	0	-9,8	7,07	7,07	0	0	10	50	0	50
0,05	0	-9,8	7,07	6,58	0,35	0,32	9,65	46,6552268	3,224723	49,87995
0,1	0	-9,8	7,07	6,09	0,70	0,63	9,33	43,5505535	6,209346	49,7599
0,15	0	-9,8	7,07	5,60	1,06	0,91	9,02	40,6859803	8,953869	49,63985
0,2	0	-9,8	7,07	5,11	1,41	1,16	8,72	38,0615071	11,45829	49,5198
0,25	0	-9,8	7,07	4,62	1,76	1,40	8,44	35,6771339	13,72261	49,39975
0,3	0	-9,8	7,07	4,13	2,12	1,60	8,18	33,5328606	15,74683	49,2797

Таблица 2. Результаты вычислений с учетом сопротивления

t	ax	ay	vx	vy	x	y	v	$E_k=mv^2/2$	$E_p=mgy$	$E=E_k+E_p$
0	-8	-17,8	7,07	7,07	0	0	10	20	0	50
0,05	-5,65	-15,45	6,78	6,29	0,33	0,31	9,26	42,8738197	3,08613	45,95995
0,1	-5,43	-14,83	6,50	5,52	0,66	0,59	8,53	36,4249253	5,79357	42,21849
0,15	-5,20	-14,22	6,23	4,78	0,97	0,83	7,85	30,8711771	8,13746	39,00864
0,2	-4,98	-13,62	5,97	4,07	1,27	1,03	7,22	26,134552	10,133	36,26751
0,25	-4,77	-13,05	5,72	3,39	1,56	1,20	6,65	22,1334928	11,7946	33,92809
0,3	-4,57	-12,51	5,48	2,73	1,83	1,34	6,13	18,7933451	13,1363	31,92966

После того как электронная таблица будет построена, необходимо создать диаграмму и проанализировать полученные модели. Создаем два графика: первый – траектория движения тела без учета сопротивления воздуха (рис. 1), второй – график траектории движения тела с учетом сопротивления воздуха (рис. 2).

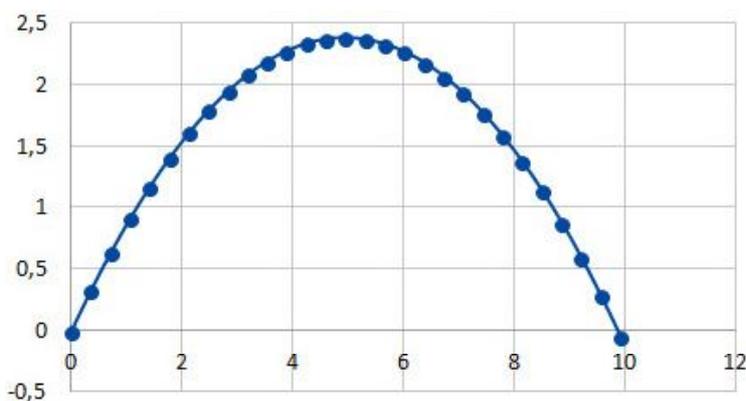


Рис. 1. Траектория движения тела без учета сопротивления

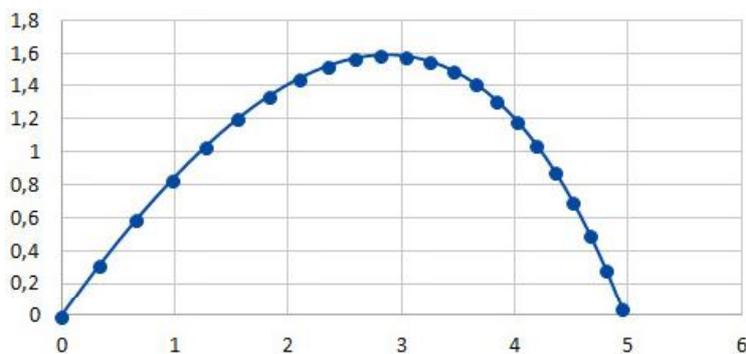


Рис. 2. Траектория движения тела с учетом сопротивления

На рисунке 1 мы можем пронаблюдать, как движется тело, брошенное под углом к горизонту, как оно достигает своей наивысшей точки и затем начинает падать.

Сравнивая рисунки 1 и 2, можем заметить, как отличаются траектории движения тела без учета и с учетом сопротивления воздуха. Мы можем пронаблюдать, что при учете сопротивления наивысшая точка тела находится гораздо ниже относительно первого результата, то же можно сказать и о длине полета. Это происходит потому, что сопротивление воздуха влияет на движение объекта при его перемещении по воздуху.

Без сопротивления воздуха движение объекта определяется исключительно силой тяжести, которая заставляет объект двигаться по параболической траектории. Угол, под которым брошен объект, определяет начальную вертикальную и горизонтальную составляющие его скорости, но эти компоненты не изменяются по мере перемещения объекта по воздуху.

Однако при сопротивлении воздуха на движение объекта влияет сила сопротивления воздуха, которая противодействует направлению движения и замедляет объект. Величина этой силы зависит от скорости, размера, формы и характеристик поверхности объекта, а также от плотности и вязкости воздуха.

В результате на траекторию объекта, брошенного под углом к горизонту с сопротивлением воздуха, влияет сила сопротивления воздуха, заставляя объект следовать по изогнутой траектории, которая обычно ниже и короче, чем параболическая траектория без сопротивления воздуха. Угол, под которым брошен объект, по-прежнему определяет начальную вертикальную и горизонтальную составляющие его скорости, но эти компоненты изменяются по мере перемещения объекта по воздуху из-за влияния сопротивления воздуха.

В целом влияние сопротивления воздуха на траекторию брошенного объекта зависит от многих факторов и может быть сложным для расчета, но обычно это приводит к тому, что объект имеет меньшую дальность полета и меньшую максимальную высоту, чем это было бы без сопротивления воздуха.

После полученных результатов в ходе физического моделирования в программном обеспечении MS Excel, проводим аналогичную работу в приложении для символьного вычисления wxMaxima.

Чтобы выполнить компьютерное моделирование в wxMaxima, необходимо выполнить следующие действия:

1) определить переменные, которые будут использованы в моделировании (начальную скорость, угол броска, массу тела, сопротивление воздуха и временной интервал);

2) использовать законы физики, чтобы составить уравнения движения для те-

ла. Это можно сделать, используя математическое моделирование и законы движения Ньютона;

3) использовать wxMaxima для написания кода, который будет имитировать движение тела на основе заданных уравнений движения. Это можно сделать, используя встроенные возможности программирования wxMaxima;

4) запустить скрипт в wxMaxima, чтобы имитировать движение тела.

Движение тела, брошенного под углом к горизонту, без учета сопротивления воздуха в приложении wxMaxima будет выглядеть следующим образом (рис.3).

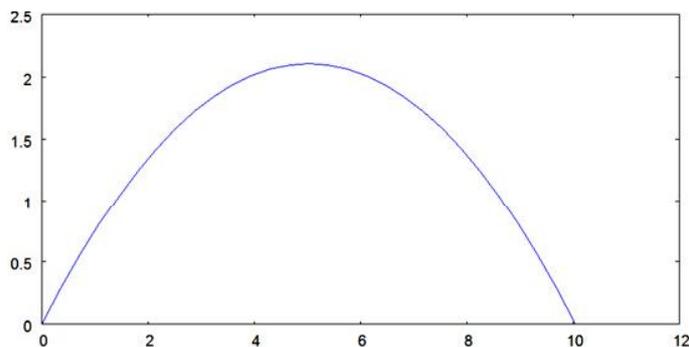


Рис. 3. Траектория движения тела без учета сопротивления

Как мы можем заметить на данном рисунке, траектория движения тела полностью совпадет с ранее смоделированной в программном обеспечении MS Excel, что говорит нам о правильности выполненной работы и целесообразности использования данных программ для обеспечения визуализации различных физических процессов при обучении физики в средней школе.

Далее смоделируем данную задачу с добавлением сопротивления окружающей среды (рис. 4).

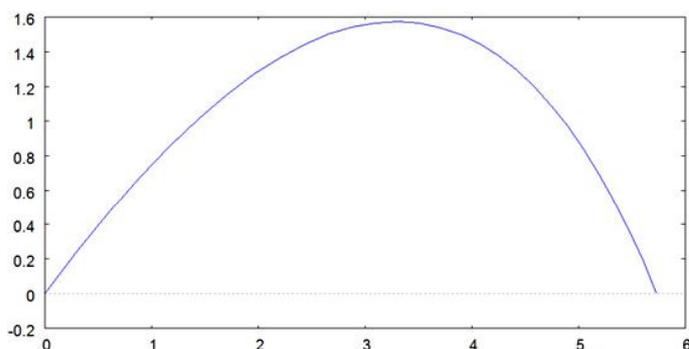


Рис. 4. Траектория движения тела с учетом сопротивления

Траектория движения тела, изображенная на данном рисунке, также полностью повторяет траекторию, смоделированную в MS Excel.

Из получившихся в ходе работы компьютерных моделей можно сделать вывод о том, что wxMaxima и MS Excel можно использовать для проведения компьютерного моделирования физических процессов. Но стоит учитывать их разные сильные стороны и ограничения, поэтому выбор зависит от конкретных потребностей и целей моделирования.

В завершении урока в качестве рефлексии была предложена анкета, состоящая из следующих вопросов:

- 1) *Понравилось ли Вам на уроке работать с компьютерными моделями?*
  - a) *Да*
  - b) *Нет*
- 2) *Легко ли было работать с программами для компьютерного моделирования?*
  - a) *Да*
  - b) *Нет*
  - c) *Не совсем*
- 3) *В какой из предложенных программ понравилось работать больше всего?*
  - a) *wxMaxima*
  - b) *MS Excel*
- 4) *В какой программе сложнее всего было работать?*
  - a) *wxMaxima*
  - b) *MS Excel*
- 5) *Оцените работу в программе wxMaxima:*
  - a) *Отлично*
  - b) *Хорошо*
  - c) *Удовлетворительно*
  - d) *Плохо*
  - e) *Ужасно*
- 6) *Оцените работу в программе MS Excel:*
  - a) *Отлично*
  - b) *Хорошо*
  - c) *Удовлетворительно*
  - d) *Плохо*
  - e) *Ужасно*
- 7) *С каким источником информации Вам было удобнее работать?*
  - a) *С учебником*
  - b) *С презентациями*
  - c) *С компьютерными моделями*

На первый вопрос «Понравилось ли Вам на уроке работать с компьютерными моделями?» были получены следующие ответы (рис. 5):

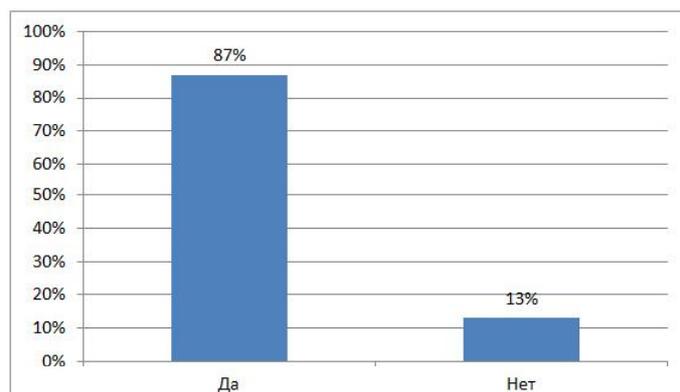


Рис. 5. Результаты ответов учащихся на вопрос «Понравилось ли Вам на уроке работать с компьютерными моделями?»

Как показано на рис. 5 87% учащимся понравилось работать на уроке с компьютерными моделями, а 13% – компьютерные модели не понравились. Такая разница связана с тем, что учащиеся получили новый метод наглядности и визуализации физических явлений на уроке, который ранее ими не применялся. Учащиеся не только могут создать готовую модель, но и менять условие задачи.

На второй вопрос «Легко ли было работать с программами для компьютерного моделирования?» учащиеся ответили следующим образом (рис. 6):

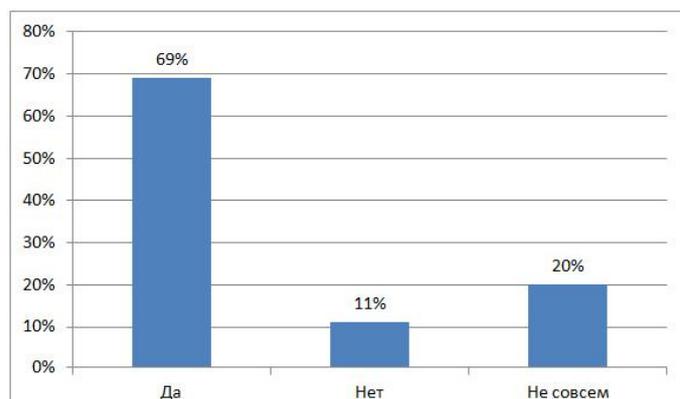


Рис. 6. Результат ответов учащихся на вопрос «Легко ли было работать с программами для компьютерного моделирования?»

Как мы можем увидеть, 69% учащихся не испытывают затруднений при работе с программами для компьютерного моделирования.

На третий вопрос анкеты, «В какой из предложенных программ понравилось работать больше всего?» были получены следующие ответы (рис 7):

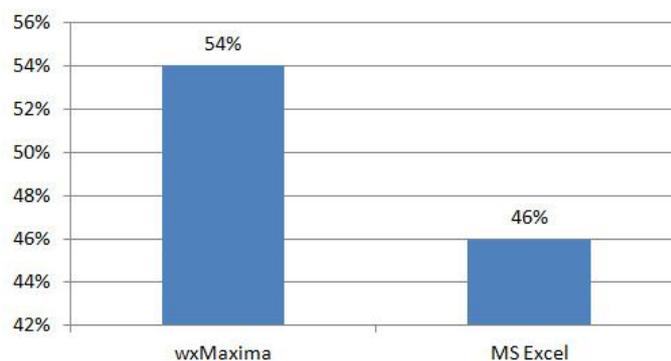


Рис. 7. Результаты ответов на вопрос «В какой из предложенных программ понравилось работать больше всего?»

Существует несколько причин, по которым учащиеся могут предпочесть работу с приложением wxMaxima приложению MS Excel для компьютерного моделирования. Рассмотрим некоторые из них:

1) wxMaxima предоставляет богатый набор математических функций и возможностей, недоступных в Excel, таких, как математическое исчисление, линейная алгебра, дифференциальные уравнения и арифметика комплексных чисел;

2) программа wxMaxima предназначена для того, чтобы помочь пользователям легко выполнять математическое моделирование, не требуя обширных знаний в области программирования или кодирования;

3) по мнению большинства учащихся, работать с wxMaxima более приятно или интересно, в то время как работа с Excel более утомительная.

На четвертый вопрос, «В какой программе сложнее всего было работать?» учащиеся ответили следующим образом (рис.8):

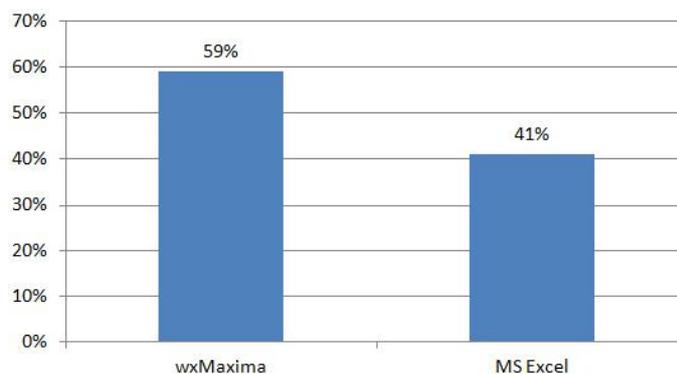


Рис. 8. Результаты ответов учащихся на вопрос «В какой программе сложнее всего было работать?»

На рисунке мы можем заметить, что учащимся сложнее всего было работать с программой wxMaxima. Программа wxMaxima представляет собой командную строку, в которую необходимо вводить математические выражения и самим ими манипулировать, в отличие MS Excel, где есть таблица со встроенными функциями и инструментами. Именно поэтому, не имея достаточной практики в программировании, учащимся работа в данной программе показалась сложнее. В целом wxMaxima больше подходит для проведения симуляций, которые включают сложные математические модели, символьные манипуляции и расширенную визуализацию. В то время как MS Excel больше подходит для проведения симуляций, которые включают простые модели, численный анализ и обработку данных. Однако выбор также зависит от знакомства пользователя с программным обеспечением, наличия плагинов и библиотек, а также совместимости с другими инструментами и форматами, используемыми в проекте.

В ходе ответа на вопрос, «Оцените работу в программе wxMaxima» был получен следующий результат (рис. 9):

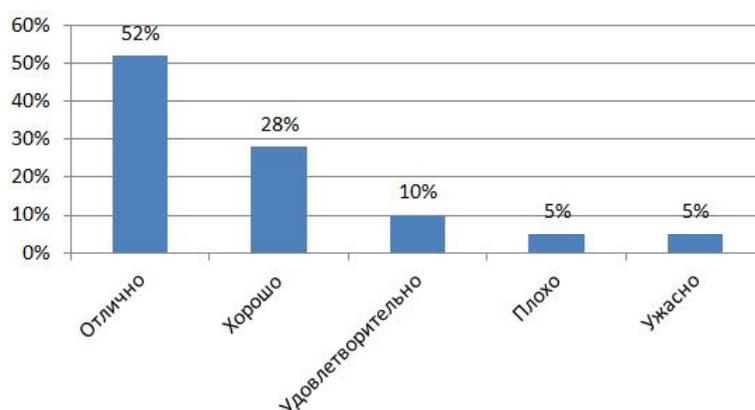


Рис. 9. Результат оценки программы wxMaxima

На данном рисунке видно, что учащиеся очень высоко оценили программу wxMaxima. Это позволяет нам сделать вывод, что программа заинтересовала учащихся и появилась возможность для ее дальнейшего использования на занятиях.

В ходе оценивания программы MS Excel, можем пронаблюдать следующий результат (рис. 10):

Здесь мы можем заметить, что программа MS Excel практически не уступает wxMaxima, так как MS Excel имеет ряд преимуществ, например:

1) многие учащиеся уже знакомы с Excel, что облегчает его изучение и использование для компьютерного моделирования;

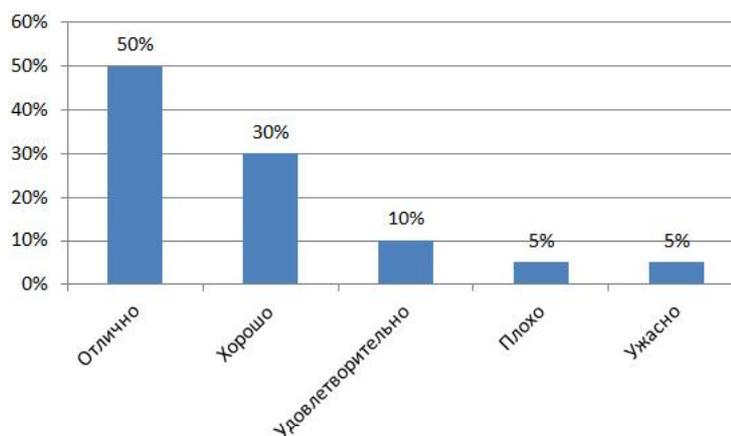


Рис. 10. Результат оценивания программы MS Excel

2) Excel – это универсальное приложение, которое может использоваться для широкого спектра задач компьютерного моделирования, от простых вычислений до сложных симуляций;

3) к Excel имеется доступ на различных платформах, включая настольные компьютеры, ноутбуки, планшеты и смартфоны.

На последний вопрос анкеты «С каким источником информации Вам было удобнее работать?» учащиеся ответили следующим образом (рис. 11):



Рис. 11. Результат ответа на вопрос «С каким источником информации Вам было удобнее работать?»

На рис. 11 можно увидеть, что больше половины учащихся предпочитают на занятиях работать с компьютерными моделями, чем с учебником и презентациями. Этому служит несколько причин:

1) **Интерактивность:** Компьютерные модели позволяют учащимся взаимодействовать с данными и манипулировать ими таким образом, который невозможен с помощью учебника. Они могут изменять переменные, проводить моделирование и визуализировать данные, делая процесс обучения более увлекательным и захватывающим дух.

2) **Визуализация:** Компьютерные модели часто включают в себя такие визуализации, как графики, диаграммы и анимации, которые могут помочь учащимся легче понять сложные концепции. Наглядные пособия также могут помочь усилить процесс обучения и улучшить запоминание информации.

3) **Применение в реальном мире:** Использование для моделирования реальных сценариев и ситуаций, позволяя учащимся применять то, чему они научились, практическим и актуальным образом. Это может помочь повысить мотивацию студентов и их вовлеченность в изучение предмета.

4) **Гибкость:** Компьютерные модели могут быть настроены в соответствии с потребностями отдельных учащихся или классов, что обеспечивает более гибкий и персонализированный процесс обучения. Это может помочь приспособиться к различным стилям обучения и способностям, а также позволить учащимся работать в своем собственном темпе.

В целом компьютерные модели обеспечивают учащимся более интерактивный и увлекательный способ обучения, позволяя им изучать сложные концепции практическим способом. В то время как учебникам все еще есть место в классе, компьютерные модели могут дополнять и улучшать традиционные методы обучения, обеспечивая учащимся более динамичный и гибкий учебный процесс.

### **Заключение**

В заключение следует отметить, что использование компьютерного моделирования на уроках физики имеет много преимуществ, включая способность моделировать сложные системы, визуализировать абстрактные концепции и развивать навыки решения проблем. Однако существуют также некоторые проблемы, которые необходимо решить, чтобы гарантировать, что все учащиеся смогут извлечь выгоду из этого подхода. Тщательно интегрируя компьютерное моделирование в учебные программы по физике, преподаватели могут создавать увлекательные и интерактивные формы обучения, которые улучшают понимание учащимися принципов физики.

Компьютерное моделирование является мощным инструментом для улучшения уроков физики и улучшения понимания учащимися основного курса физики. Используя такие программы, как *wxMaxima* и *MS Excel*, учащиеся могут создавать и анализировать математические модели, которые имитируют физические процес-

сы, например, связанные с движением снаряда, принимая во внимание такие факторы, как сопротивление воздуха, начальная скорость и угол проецирования.

wxMaxima позволяет учащимся изучать сложные математические выражения, манипулировать символьными уравнениями и визуализировать данные в 2D и 3D форматах, что делает его хорошо подходящим для продвинутого моделирования и исследовательских проектов, где точность имеет решающее значение.

С другой стороны, MS Excel предоставляет интуитивно понятный интерфейс для организации и обработки числовых данных, проведения статистического анализа и создания диаграмм и графиков, что является идеальной программой для вводных занятий по физике, где основное внимание уделяется развитию базовых навыков и концепций в знакомой и доступной среде.

В целом использование компьютерного моделирования на уроках физики может помочь учащимся получить более глубокое понимание физических законов и явлений, а также развить важные навыки в решении проблем, анализе данных и критическом мышлении. Используя такие программы, как wxMaxima и MS Excel, преподаватели могут предоставить учащимся динамичный и увлекательный учебный процесс, который подготовит их к будущему обучению и исследованиям в области физики и смежных областях.

#### *Список использованной литературы*

1. **Gould, H., Tobochnik, J.** An Introduction to Computer Simulation Methods: Applications to Physical Systems [Text]. – NY: Addison-Wesley. – 2010. – 789 p.
2. **Kim, H., Park, S., Lee, K.** Investigating the effect of computer modeling in physics instruction on students' conceptual understanding and problem-solving skills [Text] // Journal of Science Education and Technology. – 2019. – №28 (2). – P. 580-594.
3. **Korkmaz, E.** The effects of computer simulations on high school students' understanding of the laws of motion [Text] // Journal of Physics Education. – 2020. – № 55 (6). – P. 26-35.
4. **Eryilmaz, A., Celik, M.** The effects of computer simulations on high school students' conceptual understanding of waves [Text] // International Journal of Science and Mathematics Education. – 2018. – №16 (1). – P. 147-167.
5. **Chen, M. P., Hsu, Y. S.** The effects of interactive computer modeling with visual representations on high school students' conceptual understanding of Newtonian mechanics [Text] // Journal of Educational Psychology. – 2016. – №108 (4). – P. 484-499.
6. **Конгарт Б.А. и др.** Физика: Учебник для 10 кл. естеств.-матем. направления общеобразоват. шк. Часть 1 / Б.А. Конгарт, Д.М. Казахбаева, О. Имамбеков, Т.З. Кыстаубаев [Текст]. – Алматы: Мектеп. – 2019. – 280 с.
7. **Gorla, N., & Minghetti, M.** Using Maxima and wxMaxima in computer algebra systems laboratory sessions [Text] // International Journal of Engineering Education. – 2018. – №34 (1). – P. 58-66.
8. **Berry, B.** Using Excel to teach introductory statistics [Text] // Journal of Statistics Education. – 2017. – № 25(2). – P. 85-90
9. **Dewey, J.** My Pedagogic Creed [Text] // The School Journal. – 1938. – № 54(3). – P. 77-80.

10. **Papert, S.** An Exploration in the Space of Mathematics Educations [Text] // International Journal of Computers for Mathematical Learning, – 1996. – № 1 (1), – P. 95-123.

11. **Ugwu, J. O., & Onuorah, L. O.** Solution of first order ordinary differential equations using Euler and Modified Euler's methods [Text] // International Journal of Advances in Science and Technology. – 2020. – №9 (2), – P. 36-43.

#### References

1. **Gould, H., Tobochnik, J.** An Introduction to Computer Simulation Methods: Applications to Physical Systems [Text]. – NY: Addison-Wesley. – 2010. – 789 p.

2. **Kim, H., Park, S., Lee, K.** Investigating the effect of computer modeling in physics instruction on students' conceptual understanding and problem-solving skills [Text] // Journal of Science Education and Technology. – 2019. – №28 (2). – P. 580-594.

3. **Korkmaz, E.** The effects of computer simulations on high school students' understanding of the laws of motion [Text] // Journal of Physics Education. – 2020. – № 55 (6). – P. 26-35.

4. **Eryilmaz, A., Celik, M.** The effects of computer simulations on high school students' conceptual understanding of waves [Text] // International Journal of Science and Mathematics Education. – 2018. – №16 (1). – P. 147-167.

5. **Chen, M. P., Hsu, Y. S.** The effects of interactive computer modeling with visual representations on high school students' conceptual understanding of Newtonian mechanics [Text] // Journal of Educational Psychology. – 2016. – №108 (4). – P. 484-499.

6. **Kongart B. A. i dr.** Fizika: Uchebnik dlya 10 kl. estestv.-matem. napravleniya obshcheobrazovatel. shk. CHast 1/ B.A. Kongart, D.M. Kazahbaeva, O. Imambekov, T.Z. Kystaubayev [Physics: Textbook for 10th grade. nature.-matem. directions of general education. shk. Part 1] [Text]. – Almaty: Mektep. – 2019. – 280 p.

7. **Gorla, N., & Minghetti, M.** Using Maxima and wxMaxima in computer algebra systems laboratory sessions [Text] // International Journal of Engineering Education. – 2018. – №34 (1). – P. 58-66.

8. **Berry, B.** Using Excel to teach introductory statistics [Text] // Journal of Statistics Education. – 2017. – № 25(2). – P. 85-90

9. **Dewey, J.** My Pedagogic Creed [Text] // The School Journal. – 1938. – № 54(3). – P. 77-80.

10. **Papert, S.** An Exploration in the Space of Mathematics Educations [Text] // International Journal of Computers for Mathematical Learning, – 1996. – № 1 (1), – P. 95-123.

11. **Ugwu, J. O., & Onuorah, L. O.** Solution of first order ordinary differential equations using Euler and Modified Euler's methods [Text] // International Journal of Advances in Science and Technology. – 2020. – №9 (2), – P. 36-43.

А.Н. Дахин<sup>1</sup>, Р.Н. Асылбаев<sup>2</sup>, Т.А. Боднарчук\*<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Новосібір мемлекеттік педагогикалық университеті, Новосібір, Ресей

<sup>2</sup> Әлкей Марғұлан атындағы Павлодар педагогикалық университеті  
Павлодар қ., Қазақстан Республикасы

#### **wxMaxima және MS Excel бағдарламаларын қолдана отырып физика сабақтарында компьютерлік модельдеуді қолдану**

**Аннотация.** Бұл мақалада Excel және wxMaxima бағдарламаларын қолдана отырып, физика сабақтарында компьютерлік модельдеуді қолдану қарастырылады. Жұмыс көкжиекке бұрышпен

лақтырылған денеге қатысты мәселені шешуге бағытталған. Есептің математикалық моделін құру және уақыт өте келе дене қозғалысын модельдеу үшін Excel және wxMaxima пайдалану бойынша қадамдық нұсқаулық берілген. Оқушылардың физикалық модельдеу дағдыларын дамытудың маңыздылығы және модельді нақты процеске жақындату процесі талқыланады. Мақалада физика бойынша білім беруде компьютерлік модельдеуді қолданудың артықшылықтары, мысалы, көрнекі және интерактивті оқыту процесін қамтамасыз ету, дәлірек есептеулер мен модельдеу жүргізу мүмкіндігі және студенттерді ғылым мен техника саласындағы болашақ мансапқа дайындау көрсетілген. Бұл тәсілдің практикалық қолданылуына баса назар аударылады, мысалы, тасталған объектінің траекториясын болжау және физикалық жүйелердің мінез-құлқын түсіну. Бұл мақала физика мұғалімдері мен компьютерлік модельдеуді оқу тәжірибесіне енгізуге мүдделі студенттер үшін құнды ресурс ретінде қызмет етеді. Физика мәселелерін шешу үшін Excel және wxMaxima-ны қалай пайдалану керектігі туралы нақты және егжей-тегжейлі мысал келтіре отырып, оқушылардың тақырыпты түсінуін және олардың қатысуын жақсарту үшін осы тәсілдің әлеуеті көрсетіледі.

**Кілтті сөздер:** компьютерлік модельдеу, физика, wxMaxima, Excel, дифференциалдық теңдеулер, физиканы оқыту әдістемесі

A.N. Dahin<sup>1</sup>, R.N. Assylbayev<sup>2</sup>, T.A. Bodnarchuk<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Novosibirsk State Pedagogical University, Novosibirsk, Russia

<sup>2</sup>Pavlodar pedagogical university named after Alkey Margulan  
Pavlodar, Republic of Kazakhstan

### **Application of computer modeling in physics lessons using wxMaxima and MS Excel programs**

**Annotation.** This article discusses the use of computer modeling in physics lessons using Excel and wxMaxima programs. The work focuses on solving the problem associated with a body thrown at an angle to the horizon. A step-by-step guide is provided on how to use Excel and wxMaxima to build a mathematical model of the problem and simulate body movement over time. The importance of developing students' physical modeling skills and the process of approaching the model to the real process is discussed. The article highlights the advantages of using computer modeling in physics education, such as providing a more visual and interactive learning process, the possibility of more accurate calculations and simulations, as well as preparing students for a future career in science and technology. Practical applications of this approach are emphasized, such as predicting the trajectory of an abandoned object and understanding the behavior of physical systems. This article serves as a valuable resource for physics teachers and students interested in introducing computer modeling into their educational practice. By providing a clear and detailed example of how to use Excel and wxMaxima to solve physics problems, the potential of this approach to improve students' understanding of the subject and their involvement in it is demonstrated.

**Keywords:** Computer modeling, physics, wxMaxima, Excel, differential equations, methods of teaching physics.