

УДК 511

РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ СИСТЕМЫ ПОДГОТОВКИ УЧИТЕЛЯ МАТЕМАТИКИ - ИНФОРМАТИКИ НА ОСНОВЕ МЕТОДОВ МАТЕМАТИЧЕСКОГО, ДИДАКТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫХ СВЯЗЕЙ

Ф.Ш. Зарипов¹

¹ farhat.zaripov@kpfu.ru; Казанский (Приволжский) федеральный университет

В статье рассматривается способ подготовки учителей математики-информатики на основе междисциплинарной математико-информационной компетенции и концепции, в которой предметные и методические знания будущих учителей сконцентрированы вокруг умения решать математические задачи и использовать эти умения для математического и компьютерного моделирования процессов из различных сфер науки и техники. Основной идеей подготовки учителей математики и информатики является использование математического и дидактического моделирования в качестве методов обучения, результатом подготовки является формирование у будущих учителей междисциплинарной математико-информационной компетенции. Преподавание дисциплин профессиональной подготовки предполагается реализовать так, чтобы учащиеся научились применять полученные знания для решения конкретных прикладных задач.

Ключевые слова: дидактика, подготовка учителей математики, компьютерные технологии.

1. Проблема подготовки учителей математики и информатики

В области обучения математике существует проблема интеграции фундаментального математического образования и самой методики преподавания математики, с учетом современных тенденций роста влияния информационных технологий. Например, традиционные программы подготовки учителей в вузе предлагают четыре типа курсов, а именно:

- 1) сугубо математические (алгебра, теория чисел, математический анализ, геометрия и т.д.);
- 2) курсы, связанные с информатикой и компьютерными технологиями (программирование, информационные технологии и т.д.);
- 3) курсы по методике преподавания математики;
- 4) педагогика - психологические курсы.

Опыт показывает, что между ними нет достаточных связей. Преподаватели из разных кафедр читают лекции лишь по своим предметам и при этом, мало внимания уделяется установлению междисциплинарных связей.

В результате у учащихся не создается на глубоком психологическом уровне мотивация к изучению математики, не формируются навыки самостоятельной работы и применения полученных знаний к решению конкретных задач (рис.1). Начиная с 2012 года, в отделении подготовки учителей математики и информатики КФУ мы начали внедрять инновационную методику подготовки учителей, которую мы назвали “математическим и дидактическим моделированием” (mathematical

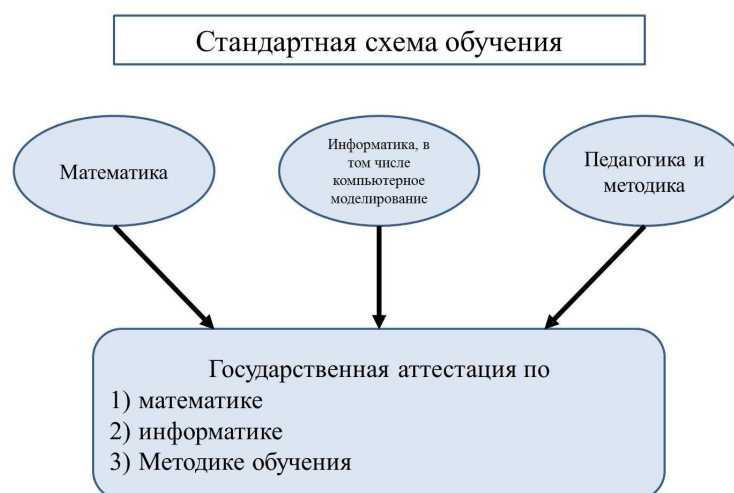


Рис. 1

and didactic modeling - MDM)[2]. Это название происходит от соединения смысла терминов “математическое - компьютерное моделирование” и “дидактическая инженерия” [1], [3]. Эта методика является сужением понятия “проблемно-ориентированного обучения” (Problem-Based Learning-PBL) [4] при изучении математики и информатики и дисциплин где математика имеет свою область применения. В математике математическая модель, представленная в виде компьютерной программы, представляет готовый конечный продукт (цель или результат) для использования в человеческой деятельности. Таким образом, целью создания “математической модели” является решение заданной проблемы или задачи (из различных областей науки и технологий), которая первоначально была переформулирована на математический язык. При реализации MDM часть, связанная с “дидактическим моделированием” представляет комплекс обучающихся дисциплин, образовательных технологий - мероприятий нацеленных на разработку учащимися математической - компьютерной модели. Важно, что MDM представляет цельную взаимосвязанную образовательную технологию, учитывающую междисциплинарные связи и психологические мотивационные факторы. Будущие учителя, на основе метода MDM будут использовать полученный опыт для обучения школьников - это основная цель применения MDM. Концепция “проблемно-ориентировочного” подхода в приложении к математическому образованию означает доведение фундаментальных математических знаний, научных исследований до конкретных математических моделей, представляемых в виде компьютерных моделей, программ, которые могут быть в дальнейшем использованы в разных областях науки, техники и жизнедеятельности людей. При таком подходе к “математическому образованию” становится важным подготовка учителей математики-информатики одновременно владеющих математическими - компьютерными знаниями и знаниями из смежных с математикой областей, в которых использование математического аппарата диктуются современными научными тенденциями. В первую очередь это такие области, как физика, биология, химия, робототехника и другие. При подготовке учителей на основе междисциплинарных связей основное внимание уделяется решению задач направленных на построение математических, компьютерных моделей,

тем самым возникают обратные связи, стимулирующие изучение, как самого предмета - объекта моделирования, так и математики и информатики, играющих роль инструментов познавательного процесса (рис.2).

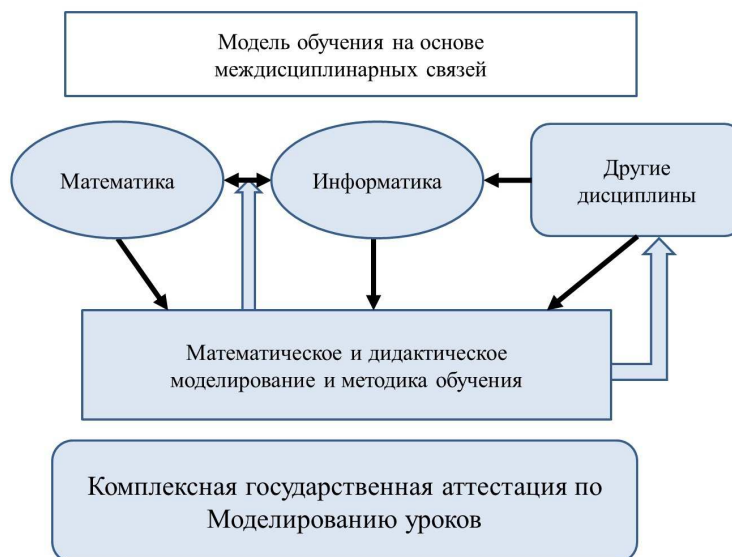


Рис. 2

Структура модуля “формирование междисциплинарных связей на основе MDM” в нашей бакалавриатской программе содержит три взаимодействующих меж собой блока дисциплин:

1. Изучение объектов моделирования. В этом блоке дисциплин внимание учащихся акцентируется на научные проблемы из областей астрономии, физики, биологии, экономики, методики обучения. На проблемы, которые можно описать математическим языком и представить как математическую задачу.
2. Изучение математических компьютерных программ. В этом блоке дисциплин у учащихся формируются умения и навыки работы с компьютерами и математическими пакетами программ.
3. В блоке математического и дидактического моделирования у учащихся формируются умения и навыки математического и дидактического моделирования объектов исследования. В том числе и методики преподавания математики и информатики как объекта моделирования.

В данной работе рассматривается опыт использования методики MDM в KFU, на примерах построения учащимися моделей из междисциплинарных областей астрономия - физика - математика - компьютерные технологии. При этом мы используем компьютерные математические программы “GeoGebra” и “Maple”. Стратегической целью реализации проектируемой модели является формирование у будущих учителей междисциплинарной математико-информационной компетенции. Как показал наш опыт методика обучения, основанная на использовании MDM, создает дополнительные психологические стимулы к самостоятельной поисковой, познавательной и учебной деятельности. Это развивает мотивацию, к фундаментальному математическому образованию, в целом.

2. MDM на примере междисциплинарных связей: астрономия - физика - математика - информатика

Предварительно отметим, что программа бакалавриата включает курсы, которые условно можно разделить на следующие блоки.

1) Блок математических курсов связанных с традиционной математикой : аналитическая геометрия, разделы алгебра, математический анализ, теория дифференциальных уравнений и другие.

2) Блок компьютерных дисциплин: “Современные способы математической обработки информации”, “Современные языки программирования и компьютерные технологии”, “системы компьютерной математики в обучении”, “Информационные технологии в профессиональной деятельности” у учащихся формируются умения и навыки работы с компьютерами и математическими пакетами программ.

3) Блок дисциплин связанный с изучением объектов моделирования. Это “естественно-научная картина мира”, “введение в астрономию”, “математические основы физики”, “методика обучения математике и информатике”. Откуда следует, что студенты имеют общие представления о силе тяготения, об астрономических объектах. Внимание учащихся акцентируется на научные проблемы из областей астрономии, физики, биологии, методики обучения. В данном контексте “методики обучения” выступает как объект дидактического моделирования.

4) Блок математического и дидактического моделирования. На основе дисциплин “введение в математическое моделирование”, “Математическое моделирование в физике”, “Использование математического моделирования в элементарной и высшей математике” у учащихся формируются умения и навыки математического и дидактического моделирования объектов исследования. В том числе и методики преподавания математики и информатики как объекта моделирования.

2.1. Постановка задачи

Выпускнику - магистранту была поставлена следующая тема квалификационной работы. Составить математическую - компьютерную модель движения кометы Галлея, в двух вариантах. В первом варианте он должен представлять себя научным руководителем для ученика старшего класса. Поэтому должен опираться на доступные для этого ученика знания и использовать более простую математическую программу “GeoGebra”. Во втором варианте он может использовать все свои знания по высшей математике, а также использовать математический пакет программы “Maple”. Заданными величинами для усложненного варианта являлись координаты и вектор скорости наблюдательных данных движения кометы, зафиксированные в 1986 году, в момент пролета кометы Галлея вблизи Земли. Комета названа в честь английского астронома Эдмунда Галлея. Является первой кометой, для которой определили эллиптическую орбиту и установили периодичность возвращений. Отметим, что период движения кометы Галлея составляет примерно 80 - 89 лет. Более точное определение его траектории представляет не до конца решенную научную проблему, что усиливает значимость проблемы в глазах диссертанта. Цель исследования магистерской диссертации заключался в реализации междисциплинарных связей средствами развития познавательного интереса к астрономии, фи-

зике и математике. Объектом исследования, с одной стороны, являлся получение и математическое моделирование уравнений небесной механики, а с другой стороны разработка методики обучения на основе MDM.

Вкратце рассмотрим основные компоненты построения модели в магистерской диссертации.

Основные направления Инструменты реализации Подготовка учителей математики и информатики, обладающих междисциплинарными компетенциями интегрирующими математику, информатику и другие дисциплины, которые изучают определенную предметную область (физику, биологию, экономику и т.д.). Метод математического и компьютерного моделирования, педагогического проектирования. Учет социально-культурных факторов в обучении, связанных с национальностью, языком обучения, конкурентоспособностью на рынке образовательных услуг. Метод обучения на полилингвальной основе средствами татарского, русского и английского языков. Индивидуализация за счет гибкой схемы образовательного процесса. Метод контроля самостоятельной работы студентов. Совершенствование учебных планов.

2.2. Модель с физико-математической точки зрения включает повторение закона всемирного тяготения Ньютона.

Движение двух точечных тел происходит под действием двух сил, F_{12} и F_{21} , одинаковых по величине, но противоположно направленных. Величина этих сил определяется массами тел m_1 и m_2 , длиной вектора $\vec{r} = \vec{r}_2 - \vec{r}_1$, соединяющего точки расположения центра масс тел: $|F_{12}| = |F_{21}| = \frac{m_1 m_2 G}{r^2}$, где G - гравитационная постоянная. С учетом второго закона Ньютона, переходя в систему координат, начало которого совпадает с центром масс, получаем дифференциальное уравнение второго порядка:

$$\frac{d^2 \vec{r}}{dt^2} = -\frac{MG}{r^3} \vec{r}, \quad (1)$$

где $M = m_1 + m_2$, t - параметр времени. После получения уравнения (1), остаются чисто математические выкладки по решению этого уравнения. Сначала доказыва-ется, что движение, описываемое уравнениями (1) является плоским. Затем переходом в полярную систему координат (r, ϕ) , уравнения один раз интегрируются и приводятся к виду:

$$r(\phi) = \frac{p}{1 + \varepsilon \cos(\phi - \alpha)}; \quad \frac{d\phi}{dt} = \frac{h}{r^2(\phi)}; \quad p = \frac{h^2}{GM}, \quad (2)$$

где h , ε и α - постоянные интегрирования. Для нахождения зависимости $\phi(t)$, оставшееся дифференциальное уравнение (2) можно интегрировать численно.

Наш магистрант помнит, что первое из уравнений (2) является уравнением кривой второго порядка, переходя к декартовой системе координат получим $\dot{x} = r(\phi) \cos(\phi) - x_0$, $\dot{y} = r(\phi) \sin(\phi)$. Уравнение траектории можно записать в явном виде. Доказывается, для случая $\varepsilon < 1$, если вместо параметров p, ε ввести новые параметры a и b , где $p = \frac{b^2}{a}$, $\varepsilon = \pm \sqrt{1 - k_\varepsilon^2}$, то выполняется уравнение $\frac{\dot{x}^2}{a^2} + \frac{\dot{y}^2}{b^2}$, если $x_0 = -a\varepsilon$. Здесь постоянная ε - есть эксцентриситет эллипса. Таким образом, получили каноническое уравнение эллипса.

Целью физико-математической компоненты диссертации является связывание высшей математики с математикой, доступной для понимания школьнику. Например, изучение уравнения эллипса является вполне приемлемой для учеников старших классов. С другой стороны у магистранта (будущего учителя) появляется внутренняя уверенность в более широком понимании сути проблемы, которую он должен изложить школьнику в упрощенном варианте. Потому что он проделал все математические проблемы самостоятельно. Используя полученные формулы, привел доказательство трех законов Кеплера.

2.3. Компьютерная составляющая модели является наиболее сложной.

Хотя и студенты изучают компьютерные системы программ во время обучения в бакалавриате, для решения данной задачи требуется повторение и выбор конкретных подпрограмм и команд, связанных с численным решением дифференциального уравнения и построением графики и анимации. Были выбраны математические программы «maple» и «GeoGebra» (для модели создаваемой школьником). В процессе разработки компьютерной программы магистрант проделал следующие этапы работ.

1. Разработал программу для демонстрации движения планет солнечной системы, с учетом реальных физических параметров планет (скорости, эксцентриситета, афелийного расстояния и других параметров). Разработан программный модуль $Eps := (a, e, G_M, theta_0, t_0, color, cpl, rpl_20, rsol, csol)$. Надо подставлять необходимые параметры небесных тел: a - афелийное расстояние, ε - эксцентриситет, G_M - параметр гравитационной массы солнца, (θ_0, t_0) - начальные условия, цвет изображения орбиты планеты и другие. Этот модуль с большой точностью приводит анимацию движения заданного небесного объекта вокруг центрального тела (Солнца).

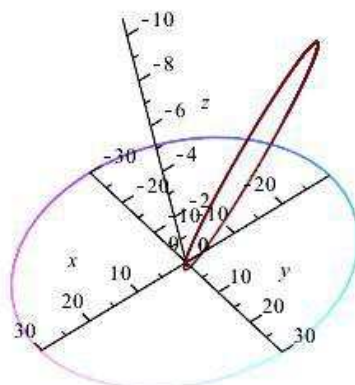
2. Разработал программу по моделированию движения кометы Галлея, относительно солнечной системы. Задача затруднялась тем, что это движение происходит не в плоскости эклиптики (плоскость расположения основных планет Солнечной системы), а наклонена к этой плоскости под углом (рис. 3). По этому задачу пришлось решать численно.

3. В целях подготовки материалов для школьников по моделированию в астрономии были разработаны модели движения небесных тел вокруг центрального тела, с использованием программы «GeoGebra» (рис.4.). Анимация происходит за счет изменения третьего ползунка. Важно, что при изменении эксцентриситета, когда $\varepsilon = 1$ - траектория переходит в параболическую орбиту, когда $\varepsilon > 1$ - в гиперболическую орбиту. Кроме этого магистрантом были подготовлены материалы по математике и астрономии, доступные для школьников старших классов. Попытка обучить ученика к построению модели с помощью программы «GeoGebra» увенчалась успехом. Таким образом, наш опыт доказывает: подход MDM является работающим средством повышения качества обучения учащихся.

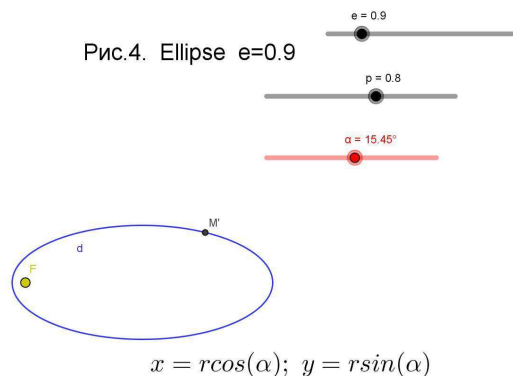
3. Анализ результатов исследования

Результат исследования состоит в том, что реализация междисциплинарных связей создает психическую настройку (моделирования) (ПНМ), которая является эффек-

Рис.3. Траектория движения кометы Галлея. Солнце имеет координаты $(0,0,0)$. Приводится орбита Нептуна.



тивным средством развития познавательного интереса учащихся в процессе обучения. Эта настройка опирается, с одной стороны на проблему связанную с необходимостью выполнения действия по разработке модели - поставленной перед студентом цели. Однако, это только начало. Как только он начинает изучать задачу, сталкивается историей открытия кометы Галлея и последующими наблюдениями этого небесного тела, а также историей личности немецкого математика, астронома, первооткрывателя законов Солнечной системы Иоганна Кеплера. Историческая тема в магистерской диссертации непосредственно не влияет на результат (написанная диссертация и сопровождающие компьютерные программы). При этом историческая тема влияет на содержание и структуру ПНМ, добавляя чувственную составляющую, которая посредством работы мыслительного процесса прибавляет новые краски или расширяет субъективное пространство осознания связанное с ПНМ. На фоновое переживание человека как субъекта накладываются разные пласты восприятия, связанные с процессом деятельности по разработке конкретной модели. Кроме исторической тематики восприятия, которая является вспомогательной, выделим логическую (математическую), физическую или астрономическую (представления о законах движения небесных тел) составляющие ПНМ. Процесс мышления непрерывно сопровождается субъективными чувственными переживаниями человека. Наложение различного «чувственного» может привести к изменению ПНМ как целого и придать толчок (вдохновение) к мыслительной деятельности. При исследовании процесса обучения посредством MDM мы обязаны рассматривать обучаемого и учителя как составляющие части создаваемой модели. Можно сказать, что субъект является составной частью модели.



$$r = \frac{p}{1 - e \cos(\alpha)} = \frac{0.8}{1 - 0.9 * \cos(15.45^\circ)} = \frac{0.8}{1 - e \cos(15.45^\circ)}$$

Литература

1. Tchoshanov M.A. Didactics and Engineering / M.A. Tchoshanov.- M: Bean. Knowledge Laboratory, 2011. - 248 p.
2. Zaripov F.Sh. Mathematical modeling and teaching as the basis for the training of teachers double profile (mathematics and computer science) / F.Sh. Zaripov, L.L. Salekhova. - KFU, 2013. - 47 p. -Access mode:http://libweb.ksu.ru/ebooks/publicat/05_A5m-000001.pdf
3. Ruthven K. Linking researching with teaching: Towards synergy of scholarly and craft knowledge /K.Ruthven // Handbook of international research in mathematics education. - London: LEA, 2002. - P. 581-598.
4. Zaripov F.Sh. Teachers of Mathematics-computer Science Based on Mathematical and Didactic Modeling, Methods, as Well as Interdisciplinary Relations / F.Sh. Zaripov // The European Proceedings of Social and Behavioural Sciences. - 2016 XII. - P. 208-215.
5. Graaff E. Characteristics of Problem-Based Learning / E. Graaff, A. Kolmos // Int .J. Engng Ed. - 2003. - № 19(5). - P. 657—662.

DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION OF MATHEMATICS AND COMPUTER SCIENCE TEACHERS TRAINING SYSTEM BASED ON MATHEMATICAL AND DIDACTIC MODELING METHODS AS WELL AS INTERDISCIPLINARY CONNECTIONS

F.Sh. Zaripov

Present article deals with the model of mathematics and computer science teachers training based on the use of mathematical and didactic modeling methods of teaching. As a result of which prospective teachers should have competence over interdisciplinary studies. This methodology is the special case of the concept of “problem-based learning” (PBL) in mathematics and computer science studies as well as disciplines where mathematics has its own field of application.

Keywords: didactics, training of teachers of mathematics, computer technology.