

Е. С. Васева

Нижний Тагил

СОДЕРЖАНИЕ ОБУЧЕНИЯ ОСНОВАМ СИНЕРГЕТИКИ БУДУЩЕГО УЧИТЕЛЯ ФИЗИКИ

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: физическая картина мира; синергетика; элективный курс; содержание обучения; учебные элементы; дидактические принципы отбора содержания обучения.

АННОТАЦИЯ. Анализируется целесообразность введения в содержание обучения будущего учителя физики изучения основ самоорганизации в форме элективного курса. Конкретизируются дидактические принципы отбора содержания курса, выделяются основные объекты изучения, приводится тематический план.

E. S. Vaseva

CONTENT OF TEACHING AN INTENDING PHYSICS TEACHER THE BASES OF SYNERGY

KEY WORDS: physical world picture; synergy; elective course; content of education; educational elements; didactic principles of the choice of content of education.

ABSTRACT. The article presents an analysis of expediency of introduction into educational program for an intending physics teacher an elective course of the bases of synergy. Didactic principles of the choice of the content of the course are singled out, the main objects are enumerated, the thematic plan is given.

Согласно современным Федеральным образовательным стандартам цели обучения студентов высших учебных заведений представлены в виде требований к квалификации выпускника.

Во ФГОС по направлению подготовки 050100 «Педагогическое образование» помимо прочих сформулированы следующие цели обучения: «... способен использовать знания о современной естественнонаучной картине мира в образовательной и профессиональной деятельности, применять математические методы обработки информации, теоретического и экспериментального исследования (ОК-4)» [11. С.5]. Особую актуальность формирование этих компетенций приобретает при подготовке будущего учителя физики, так как содержание физических курсов представляет собой систему знаний об окружающем мире, а физическая картина мира является частью естественнонаучной картины мира.

Важнейшим компонентом физической картины мира является система теорий и законов. Одной из таких теорий, характеризующих современный этап развития научной картины мира, выступает синергетика. В настоящее время вопросы теории самоорганизации в содержании обучения будущего учителя физики рассматриваются как небольшие составляющие традиционных курсов. Мы считаем, что изучение идей, понятий и методов синергетики в форме отдельного курса будет в большей степени способствовать формированию представлений о современной единой общенаучной картине мира.

Нами разработан элективный курс «Физические основы синергетики», учитывающий специфику предметной подготовки будущих учителей физики и дополняющий

традиционные дисциплины. Цель курса можно сформулировать следующим образом — формирование у студентов представлений, способствующих становлению единой современной общенаучной картины мира, а также знаний и умений, необходимых для проведения анализа поведения сложных, нелинейных, самоорганизующихся систем.

Учебные материалы дисциплины должны включать основания теории самоорганизации в виде основных положений и способов деятельности. Отбор содержания дисциплины проведен с учетом анализа системы знаний соответствующей научной области. Согласно В. П. Беспалько «учебные элементы» курса должны включать, объекты, явления и методы деятельности, отобранные из науки и внесенные в программу учебной дисциплины [1]. Опираясь на выводы, раскрывающие сущность теории самоорганизации, которые были сформулированы основателем этой науки Г. Хакеном [9. С.53-61], а также на ряд работ [3,7,9, 12], описывающих синергетическую концепцию, выделим положения, которые наиболее полно соответствуют научным основаниям синергетики и являются основными объектами изучения в элективном курсе:

Синергетика изучает открытые динамические системы. Открытость системы является необходимым условием существования неравновесных состояний.

Неравновесные системы являются необратимыми. Мерой необратимости служит энтропия.

Самоорганизующиеся системы состоят из большого числа подсистем. Подсистемы взаимодействуют друг с другом, поведение каждой определяется в зависимости от координации с другими, причем свойства це-

лой системы не сводимы к сумме свойств составляющих ее подсистем.

Самоорганизация может возникнуть только в нелинейной динамической системе. Линейное изменение внешнего параметра, действующего на такую систему, находит нелинейный отклик в ее поведении.

Модель поведения нелинейных систем оказывается нелинейной в математическом смысле. Нелинейные уравнения имеют несколько решений. Множеству решений нелинейного уравнения соответствует множество функциональных состояний системы, описываемых этими уравнениями.

Развитие любых динамических систем происходит благодаря бифуркационным переходам из одного функционального состояния в другое. Бифуркационный переход обусловлен переходом управляющего параметра через критическое значение.

В основе организации простых структур в сложные лежит хаос. Хаос необходим для выхода системы на один из аттракторов.

При самоорганизации в различных динамических системах действуют универсальные закономерности и механизмы.

Конкретизируют процедуру отбора содержания учебной дисциплины критерии отбора, основанием которых являются дидактические и методические принципы.

При отборе и построении содержания курса «Физические основы синергетики» мы основывались на общих и дидактических принципах, выделенных и проанализированных Н. С. Пурышевой «...Выделенные принципы представляют собой систему, в которой каждый принцип дополнителен к остальным. Содержание образования на уровне учебного предмета должно удовлетворять этим принципам вместе и одновременно» [8. С.91]. Как отмечают В.А. Попков и А.В. Коржуев понимание принципов отбора содержания обучения в высшей школе аналогично, что и для общего среднего образования, но некоторые из них требуют уточнения или более пристального внимания [5. С.34-35]. Следовательно, кроме дидактических принципов в процессе проектирования и отбора содержания курса «Физические основы синергетики» мы должны учитывать специфику дисциплины, а также особенности процесса обучения в высшей школе.

Рассмотрим особенности реализации принципов при отборе материала предложенного курса.

1. *Принцип научности* подразумевает отражение фундаментальных научных теорий, общих методов познания в содержании дисциплины. Л.Я. Зорина показала, что под научностью содержания образования следует понимать такую его качественную характеристику, которая удовлетворяет трем тре-

бованиям: 1) соответствие содержания образования уровню современной науки; 2) создание у учащихся верных представлений об общих методах научного познания; 3) показ важнейших закономерностей процесса познания [2. С.118]. Все три условия выполнения принципа научности взаимосвязаны между собой. Для выполнения первого требования учебная дисциплина должна включать предметные знания.

Второе требование, выдвинутое Л. Я. Зориной, необходимое для соблюдения принципа научности, подразумевает создание у обучаемых верных представлений об общих методах научного познания. Одними из наиболее эффективных и перспективных методов научного познания действительности является построение математических моделей поведения динамических систем и вычислительный эксперимент с этими моделями. Поэтому второе требование принципа научности выдвигает на первый план обучение студентов технологии вычислительного эксперимента, что естественным образом вписывается в содержание предложенного курса.

Третье условие указывает на то, что принцип научности требует формирования у студентов представлений о процессе познания и его закономерностях.

Возникновение синергетики как науки подготовлено трудами многих ученых, одна из научных школ, стоящих у истоков ее формирования, – школа А. А. Андропова. Так как, самоорганизующиеся системы являются нелинейными, математические модели обычно имеют вид нелинейных дифференциальных уравнений, которые, как правило, описывают колебания. Поэтому синергетика в значительной мере опирается на результаты, полученные при решении задач теории нелинейных колебаний. В рамках бельгийской школы, основоположником которой является Илья Пригожин, теория самоорганизации и образование структур описываются с точки зрения термодинамического подхода. При построении курса мы отдаем предпочтение первому подходу, так как считаем, что он в большей степени отвечает реализации поставленной цели обучения: формирование представлений, способствующих становлению единой общенаучной картины мира. Объясняется это следующими причинами:

– теория колебаний отличается от термодинамики меньшей «привязанностью» к природе изучаемых систем;

– мировоззренческие знания это, прежде всего, осмысленные знания, поэтому особое внимание следует обращать на убедительность обоснования важнейших законов и принципов. Это условие более успешно вы-

полняется при реализации первого подхода, так как закономерности, математические модели, описывающие поведение колебательных систем более просты для восприятия.

– Для формирования мировоззрения большое значение имеют знания, полученные самостоятельно. Следовательно, к некоторым выводам студенты должны приходить без помощи преподавателя в ходе проведения вычислительного эксперимента, чему опять же способствует более простой вид математических моделей.

2. Принцип доступности. Подход к построению курса, с точки зрения теории нелинейных колебаний способствует выполнению принципа доступности, согласно которому уровень сложности излагаемого материала должен соответствовать уровню теоретической подготовки будущего учителя физики, его умственным способностям. Реализации принципа доступности может содействовать отражение в содержании курса концепции иерархии упрощенных моделей. Смысл ее заключается в следующем — для изучения какого-либо явления или процесса выделяется малое количество ключевых факторов и строится простейшая модель, поведение которой понятно и легко изучаемо. После того как простейшая модель — нижняя ступень изучена осуществляется переход на более высокий уровень, где, например, учитывается фактор, не принимаемый во внимание ранее и т.д. «Можно сказать, что основным достижением и основной целью исследований при решении сложных задач является построение иерархии упрощенных моделей. При этом должно быть установлено, какой уровень модели разумно использовать в тех или иных случаях» [4.С.12].

3. Принцип систематичности и последовательности. Для реализации принципа систематичности и последовательности при отборе учебного материала важно учитывать содержательно-логические связи между отдельными элементами содержания обучения.

Кроме того, необходимым является также учет предшествующей подготовки студентов. При определении места курса в учебном плане наиболее целесообразно его изучение планировать после следующих дисциплин: математический анализ, численные методы, компьютерное моделирование, механика, молекулярная физика, электродинамика, так как знания, приобретенные при изучении данных курсов необходимы для наиболее оптимального усвоения основ самоорганизации. Согласно ряду основных образовательных программ высшая математика заканчивается в третьем семестре, общая и экспериментальная физика заканчиваются не раньше шестого семестра,

поэтому наиболее целесообразно будет проводить элективный курс «Физические основы синергетики» на старших курсах бакалавриата, а именно в седьмом семестре.

4. Принцип системности. Принцип системности предполагает отражение в содержании курса структурных связей, адекватных связям внутри научной теории. С.Е. Каменецкий и Н.С. Пурешева отмечают, что для соответствия содержания курса принципу системности в него необходимо включать методологические знания трех уровней [10. С.85]: 1) общенаучные термины; 2) знания о структуре знаний; 3) знания о методах познания.

В содержание курса «Физические основы синергетики» включены компоненты всех трех уровней. Используются и общенаучные термины, например динамическая система, математическая модель и т.д., и знания о структуре знаний, в частности приводятся знания о научном факте, понятии, законе, теории, эксперименте. Описание технологии вычислительного эксперимента является отражением знаний о методах познания, также в содержании обучения представлены и другие методы познания, а именно аналогия, идеализация, моделирование, мысленный эксперимент.

5. Принцип межпредметных связей. Содержание курса «Физические основы синергетики» должно быть согласовано со смежными дисциплинами, изучающими сходные понятия, положения, закономерности, в этом состоит соответствие принципу межпредметных связей. Межпредметные связи являются отражением межнаучных связей, и поэтому в отношении предложенного курса данный критерий имеет наиболее актуальное значение. Объясняется это следующим:

– синергетика как наука развивается на стыке множества дисциплин;

– Методы синергетики заимствованы из других дисциплин, в основном естественно-научных.

– У истоков синергетики стоит несколько научных школ, предшественники каждой рассматривают синергетические идеи с позиции различных дисциплинарных областей.

Поэтому синергетика является междисциплинарной наукой, следовательно, изучение основ самоорганизации может способствовать формированию представлений о единой общенаучной картине мира.

6. Принцип связи теории с практикой. Для реализации принципа связи теории с практикой в содержание дисциплины необходимо ввести материал прикладного характера. В содержании предложенного курса предусмотрен анализ поведения динамических систем с помощью вычислительного

эксперимента. Подбор математических моделей, которые описывают явления природы, а также явления, происходящие в тех или иных областях человеческой деятельности, будет содействовать реализации принципа связи теории с практикой.

7. Принцип профессиональной направленности. Реализация принципа профессиональной направленности предполагает введение в учебный курс профессионально значимых знаний. В работе авторы, уточняя данный принцип отбора содержания обучения для высшей школы, предполагают «уже на младшей ступени вуза включение в учебный материал как профессионально значимых фундаментальных знаний, так и таких способов деятельности, аналоги которых придется «осуществлять» выпускникам вузов в будущем» [5. С.30].

Введение элективного курса в содержание обучения будущего учителя физики может способствовать решению проблемы обеспечения педагогическими кадрами профильного обучения в старшей школе.

8. Принцип наглядности. Теоретическое обоснование принципу наглядности было дано Я. А. Коменским, который установил «золотое правило дидактики» — учить людей познавать вещи, а не только чужие свидетельства о них. В работе [5. С. 34] отмечается, что реализации принципа наглядности способствует включение в содержание обучения деятельности, связанной с моделированием, идеализацией, мысленным экспериментированием, что в полной мере реализовано в курсе «Физические основы синергетики».

9. Принцип дифференциации и индивидуализации обучения. Материалы курса должны давать возможность учитывать индивидуальные способности студентов, их интересы. Этот критерий к отбору содержания обучения соответствует принципу дифференциации и индивидуализации обучения. В содержании курса «Физические основы синергетики» предусмотрено проведение вычислительного эксперимента над рядом математических моделей динамических систем. Выбор той или иной модели из различных областей науки и техники позволяет решить проблему индивидуализации самостоятельной работы студентов.

10. Принцип мотивации и создания положительного отношения к учению. Новизна материала курса «Физические основы синергетики», изложение сведений из истории науки, отражение жизненной значимости научных знаний, включение в содержание курса сведений о новейших достижениях и открытиях отвечают принципу мотивации и создания положительного отношения к учению.

Кроме десяти выделенных Н.С. Пурышевой принципов при отборе содержания курса «Физические основы синергетики» реализуется принцип фундаментальности, при применении которого мы исходили из интерпретации данной в работе [6. С.117], но с учетом специфики содержания дисциплины.

11. Принцип фундаментальности. Отражение принципа фундаментальности в содержании образования имеет двоякое значение. С одной стороны, фундаментальный курс служит фундаментом для изучения последующих дисциплин, переквалификации и профессиональной деятельности в непрерывно меняющихся условиях. С другой стороны, фундаментальный курс обладает внутренним единством, обеспечивающим его инвариантность по отношению к конкретному направлению специальности. Принципу фундаментальности соответствует ряд соподчиненных принципов.

А) Принцип дополнительности

Принцип дополнительности учебного материала предложенного элективного курса выполняется, в первую очередь, по отношению к традиционным курсам физики. Все традиционные курсы физики в той или иной мере призваны формировать представления, способствующие пониманию научной картины мира, курс «Физические основы синергетики» призван расширить эти представления.

Б) Принцип генерализации

Принцип генерализации предполагает выделение одной или нескольких главных идей и объединение вокруг них учебного материала. В качестве центральной идеи предложенного курса выступает возможность самоорганизации в открытых динамических системах, это накладывает определенные требования к отбору учебного материала, к выбору изучаемых динамических систем и соответственно их математических моделей.

В) Принцип целостности

Принцип целостности, с одной стороны, обеспечивает неразрывность процесса учебного познания, с другой стороны, устанавливает относительную независимость дисциплины.

Г) Принцип перспективности

В настоящее время синергетика является одним из наиболее перспективных междисциплинарных направлений и вызывает все больший интерес у многих представителей самых различных научных дисциплин. Поэтому можно говорить, что в рамках курса «Физические основы синергетики» принцип перспективности реализуется в полной мере, так как подразумевает включение в содержание обучения таких элементов научных теорий, которые будут наиболее востребованы и будут активно развиваться в ближайшем будущем.

Учет цели обучения, дидактических принципов отбора содержания, научных оснований теории самоорганизации позволил сформировать тематический план курса «Физические основы синергетики»:

Тема 1. Современная научная картина мира. История становления синергетики. Цели и задачи курса. Синергетика как мировоззрение. Научная картина Мира и ее историческое развитие. Синергетика как наука. История развития синергетики, основные научные школы. Синергетика как методология.

Тема 2. Динамические системы. Необратимость. Динамическая система. Степени свободы динамической системы. Детерминированная динамическая система. Необратимость. Теорема Больцмана. Стохастическая динамическая система. Необратимость процессов как необходимое условие возможности самоорганизации в открытых системах.

Тема 3. Модели динамических систем. Методы их исследования. Построение математической модели. Мягкое моделирование. Методы исследования математических моделей (аналитическое решение, численное решение, вычислительный эксперимент). Концепция иерархии упрощенных моделей.

Тема 4. Линейные и нелинейные математические модели. Линейная математическая модель. Роль линейных задач в науке. Устойчивое и неустойчивое равновесие. Консервативная динамическая система. Диссипативная динамическая система. Изображение состояния системы в фазовом пространстве. Фазовая траектория. Фазовый портрет. Топологическая эквивалентность фазовых портретов. Нелинейная математическая модель. Методы исследования нели-

нейных математических моделей.

Тема 5. Динамические режимы нелинейных систем. Установившиеся режимы поведения нелинейных динамических систем. Аттрактор. Особая точка. Классификация особых точек для систем с двумя степенями свободы (узел, фокус, седло, центр). Анализ устойчивости стационарного состояния нелинейной системы. Метод линеаризации. Вид динамических режимов для систем с тремя и более степенями свободы.

Тема 6. Основы теории бифуркаций. Бифуркация. Бифуркационная диаграмма. Бифуркационный параметр. Классификация бифуркаций. Диаграмма разбиения плоскости параметров на области.

Тема 7. Детерминированный хаос. Детерминированный хаос. Математические модели детерминированного хаоса. Свойства детерминированного хаоса. Странный аттрактор. Модель Лоренца. Фрактальность. Сценарии перехода к хаосу.

Тема 8. Явления самоорганизации. Классические примеры самоорганизации (автоколебательная система, ячейки Бенара, реакция Белоусова-Жаботинского, лазер и т. д.). Современные проблемы синергетики. Случайности и определенности в окружающем мире.

В заключение отметим, что материал дисциплины имеет большое мировоззренческое значение. Включение в учебный процесс элективного курса «Физические основы синергетики» позволит расширить кругозор будущих учителей физики и будет способствовать формированию более полных представлений о современной общенаучной картине мира.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. БЕСПАЛЬКО В. П. Педагогика и прогрессивные технологии обучения. М. : Просвещение, 1995.
2. ЗОРИНА Л. Я. Дидактические основы формирования системности знаний старшеклассников. М. : Педагогика, 1978.
3. КАПИЦА С. П., КУРДЮМОВ С. П., МАЛИНЕЦКИЙ Г. Г. Синергетика и прогнозы будущего. М. : Эдиториал УРСС, 2001.
4. МАЛИНЕЦКИЙ Г. Г. Хаос. Структуры. Вычислительный эксперимент: введение в нелинейную динамику. 3-е изд., стер. М. : Эдиториал УРСС, 2002.
5. ПОПКОВ В. А., КОРЖУЕВ А. В. Дидактика высшей школы : учеб. пособие для студ. высш. пед. учеб. заведений. М. : Академия, 2001.
6. ПОПОВ С. Е. Методическая система подготовки учителя в области вычислительной физики : моногр. Нижний Тагил : НТГСПА, 2005.
7. ПРИГОЖИН И. Конец определенности. Время, хаос и новые законы природы. Ижевск : Регулярная и хаотическая динамика, 2000.
8. ПУРЫШЕВА Н. С. Дифференцированное обучение физике в средней школе. М. : Прометей, 1993.
9. СИНЕРГЕТИКЕ — 30 лет. Интервью с профессором Г. Хакеном // Вопросы философии. 2000. № 3.
10. ТЕОРИЯ и методика обучения физике в школе: общие вопросы : учеб. пособие для студ. высш. пед. учеб. заведений. // С. Е. Каменецкий, Н. С. Пурешева, Н. Е. Важеевская [и др.] ; под ред. С. Е. Каменецкого, Н. С. Пурешевой. М. : Академия, 2000.
11. ФЕДЕРАЛЬНЫЙ государственный образовательный стандарт высшего профессионального образования по направлению подготовки 050100 Педагогическое образование (квалификация (степень) «бакалавр»). М., 2009.
12. ХАКЕН Г. Синергетика. М. : Мир, 1980.