

УДК 372.851

Б. А. Мукушев

ОТРАЖЕНИЕ ИДЕЙ СИНЕРГЕТИКИ В СОДЕРЖАНИИ ШКОЛЬНОГО ЕСТЕСТВЕННО-НАУЧНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Статья посвящена вопросам изучения основ синергетики (теории самоорганизации) в условиях школьного естественно-научного образования. Раскрыты дидактические возможности теории самоорганизации в формировании обобщенного научного мировоззрения школьников. Указано на интегрирующую и воспитывающую функции применения синергетики в процессе изучения школьных естественно-научных предметов.

Ключевые слова: научное мировоззрение, научная картина мира, интеграция, синергетика (теория самоорганизации), элективный интегративный курс, синергетическая картина мира.

Одной из главных целей среднего образования является формирование у школьников современного научного мировоззрения как совокупности убеждений и системы взглядов человека на окружающий мир, в которых выражается его отношение к действительности, социальной среде, явлениям природы и самому себе. Основным компонентом научного мировоззрения выступает научная картина мира, которая выделена стандартом среднего общего образования и должна быть сформирована к моменту окончания школы [1]. В условиях средней школы у учащихся могут формироваться специфические научные картины мира, где мир представляется только в рамках отдельных предметов, то есть с позиции конкретных наук. Различные картины мира, сформированные таким образом, создают у школьников «мозаичный» образ окружающей действительности, не способствуя созданию единой картины мира. Таким образом, в условиях предметного изучения основ наук формирование обобщенной картины окружающей нас действительности становится проблематичным. Решение данной проблемы возможно, на наш взгляд, при внедрении современных научных идей в содержание школьных предметов. Одной из важных научных идей является теория самоорганизации (синергетика), что стало междисциплинарной теорией всех наук. «Синергетика (греч. Synergetikos – совместный, согласованно действующий) – область научных исследований, целью которой является выявление общих закономерностей в процессах образования, устойчивости и разрушения упорядоченных временных и пространственных структур в сложных неравновесных системах различной природы (физической, химической, биологической и др.)» [2].

В силу междисциплинарности теории самоорганизации изучение ее основ создает благоприятные условия для реализации интеграции естественных и гуманитарных предметов, благодаря которой закладывается база для формирования интегрированного образа окружающего мира. Между тем в настоящее время содержание школьных предметов располагает некоторыми разрозненными фрагментами из теории самоорганизации. В этом отношении физика, химия

и биология как дисциплины, изучающие природные явления, находятся в лучшем положении. Основные понятия синергетики такие, как хаос, порядок, II закон термодинамики, флуктуация, неравновесный процесс, энтропия, эволюция, популяция, биогеоценоз, морфогенез и т. п., изучаются именно в этих дисциплинах. Но и здесь изучение пока ограничивается описанием линейных, однозначных процессов и рассмотрением замкнутых динамических систем, отличающихся жесткими детерминистическими (причинно-следственными) связями.

По этому поводу Л. Я. Зорина сказала: «Идеи самоорганизации могут быть воплощены в школьных курсах естественно-научных дисциплин и с осторожностью – в гуманитарных, например, в интегрированном курсе для старших классов. При этом обязательно включать отдельные темы по теории самоорганизации. Предпочтительнее во многих случаях ориентация на смещение акцентов при объяснении программных вопросов классической науки» [3]. Действительно, в связи с отсутствием действующей методики обучения синергетике и соответствующего содержания, а также с ограниченностью объема учебных часов в средней школе, выделенных для изучения основ классической науки, возникает ряд трудностей в ознакомлении учащихся с идеями самоорганизации.

Предлагаются различные способы включения основ синергетики в учебный процесс, чтобы ее идеи заняли достойное место в содержании среднего образования. Например, В. А. Игнатова видит решение этой общедидактической проблемы в новом построении содержания школьных учебников, где идеи всеединства, системности и самоорганизации будут стержневыми, вокруг них группируются разнопредметные знания. При этом она подчеркивает, что в первую очередь следует обновлять физическое образование, поскольку физика есть фундамент современного естествознания [4]. Но сделать это в короткий срок практически невозможно, поэтому следует пойти по пути создания факультативного курса. В. Г. Виненко предложил изучать самоорганизацию общественных и природных явлений в специальном курсе для учащихся старших классов [5].

Нами был внедрен в школьную практику элективный интегрированный курс «Синергетическая картина мира», ориентированный на формирование научного мировоззрения и целостного представления о социоприродной системе. Элективный курс предназначен для старших классов (10–11-е классы) с естественно-научным уклоном, который изучается по усмотрению администрации школы и учителя физики два учебных года в 10-м и 11-м классах или в течение одного года только в одном из этих классов. Содержание факультативного курса состоит из двух частей: теоретической и практической. Теоретическая часть рассчитана на 18 часов, практическая – на 16 часов. Теоретической частью курса охвачены философские, мировоззренческие, экологические, естественно-научные и общественно-научные вопросы теории самоорганизации. Вначале ученики знакомятся с основными положениями, принципами и закономерностями теории самоорганизации, понятийным аппаратом синергетики, которые составляют общенаучную и философскую основу синергетики. Далее рассматриваются автоколебательные процессы в природных и общественных системах, а также физические, химические, биологические и экологические аспекты теории самоорганизации. Анализируется структура динамического хаоса и подробно изучается второе начало термодинамики в качестве универсального учения. В этой части подробно изложен математический аппарат синергетики, то есть элементы теории вероятностей и устойчивости, фазовая плоскость и некоторые вопросы теории информации и фракталов. Курс заканчивается рассмотрением учебного материала, предназначенного для осмысливания современного научного мировоззрения, важным компонентом которого выступает синергетическая картина мира.

В практическую часть факультатива введены следующие вопросы: а) решение задач на возникновение нелинейности в природных объектах, задачи на использование принципа минимума потенциальной энергии, задания на нахождение фазовой плоскости и упражнения на изучение вольтамперной характеристики проводников и др.; б) экспериментальное изучение вольтамперной характеристики различных проводников, явления самоорганизации конвекции жидкостей и газов при подогревании снизу, демонстрация различных модификаций ячеек Бенара [6] и формирование пространственно упорядоченной структуры плавающих магнитов [7], демонстрация химических часов [8] и др.; в) компьютерное моделирование различных явлений: выращивание кристаллов; явление флуктуации; деление биологических клеток; автоколебательный процесс в экосистеме «хищник – жертва», эволюция Вселенной и другие [9].

Другой выход из вышеупомянутых трудностей заключается в актуализации и генерализации элементов, фрагментов и идей самоорганизации при изуче-

нии природных и общественных явлений и объектов в процессе обучения школьным предметам естественно-научного и гуманитарного циклов.

Поскольку физика выступает основой естествознания, то данная дисциплина имеет большую возможность актуализации идей синергетики при изучении некоторых фундаментальных законов и закономерностей. Одним из важнейших вопросов школьного углубленного курса физики, являющегося основой теории самоорганизации и фундаментальным законом окружающего нас мира, является второй закон термодинамики. Этот закон из феноменологической термодинамики применим не только для исследования природных явлений, но и необходим для разъяснения некоторых сложных общественно-экономических процессов [10].

На основе II закона термодинамики (закона возрастания энтропии) классическая наука весьма успешно смогла объяснить такие однонаправленные процессы, как из порядка возникает хаос, чем обусловлено старение и смерть организмов, разрушение гор, взрыв галактики и т. д. Но в окружающем нас мире наряду с уничтожением структуры различной природы идут и процессы созидания и рождения: появляются новые виды организмов, возникают новые звездные системы и галактики и т. д. Все эти процессы созидания связаны с самопроизвольным уменьшением энтропии.

Механизмы «антиэнтропийных» процессов, которые происходят с уменьшением энтропии системы, не были пояснены на основе теорий и законов классической науки. Феномен самоорганизации или самопроизвольное возникновение более упорядоченных структур были теоретически разъяснены нелинейной (неравновесной) термодинамикой, основанной на процессе самопроизвольного уменьшения энтропии в открытой системе, созданной И. Пригожиным. Нелинейность системы – необходимое условие для ее самоорганизации, но недостаточное. Не всякая нелинейная система эволюционирует в сторону самоорганизации, то есть строит структуры. Для этого нужны определенные условия, в частности, система должна быть незамкнутой, диссипативной и неравновесной (неоднородной).

Явления самоорганизации можно наблюдать в колеблющихся объектах. В колебательных нелинейных системах при воздействии извне возникают незатухающие колебания хаотического и периодического характера. Единственной причиной возникновения аналогичных колебаний (автоколебаний) является нелинейность системы. Возбуждение звуковых колебаний при движении одного твердого тела по поверхности другого происходит очень часто. Сила сухого трения, действующая между смычком и струной, вызывает колебания струны. Сухое трение в дверной петле может вызывать скрип двери. Скрип можно произвести просто пальцем, проведя им по какой-ни-

будь гладкой поверхности. Потери энергии в этом колебательном процессе (работа силы сухого трения всегда отрицательна) компенсируются благодаря нелинейности силы сухого трения за счет поставки необходимой энергии извне. В результате возникают незатухающие колебания с постоянной скоростью и частотой. Упомянутую колебательную систему можно считать самоорганизующейся системой, поскольку здесь существует необходимое условие возникновения незатухающих колебаний – нелинейность, а также достаточные условия – открытость, неравновесность и диссипативность.

Если смазать струну или смычок машинным маслом, нельзя достичь звучания скрипки. Сила жидкого трения (при малых скоростях) становится пропорциональной скорости, и условие (нелинейность), необходимое для возбуждения колебаний, исчезнет.

Электромагнитным аналогом процесса звучания скрипки являются ганновские генераторы, использующиеся для генерации незатухающих электромагнитных колебаний. Эти механические и электрические колебания относятся к категории нелинейных колебаний, исследование которых является перспективным направлением физической науки.

Возникновение незатухающих колебаний обнаруживается и в химических процессах при соблюдении определенных условий. Здесь можно наблюдать автоколебания раствора, т. е. строго периодическое изменение окраски жидкой смеси. Это явление называется химическими часами. Биологические объекты и происходящие там процессы могут служить самыми наглядными примерами возникновения всевозможных самоорганизующихся нелинейных колебательных процессов: пульсация различных элементов растения и органов живого организма, биологические часы, наличие периодичности в процессах живых особей, популяции диких животных и т. д.

Важнейшим звеном самоорганизации являются бифуркационные процессы. Бифуркация представляет собой разветвление эволюционной линии в момент наступления неустойчивости. В этот момент разрушается старая структура и возникает множество возможностей перехода системы в другое качество. Этот переход происходит скачком. Например, частица вызывает бурный процесс в счетчике Гейгера-Мюллера, возникновение генерации в лазере, крушение огромного сооружения вследствие резонанса, возникновение жизни на Земле, войны и революции и др.

При демонстрации ячеек Бенара, что подробно изложено в статье В. Г. Виненко [6], обнаруживается одно уникальное свойство самоорганизующихся структур – согласованность (когерентность) элементов системы при ее эволюции. Эффект согласованности имеет место не только в эволюции природных стохастических систем, он чрезвычайно актуален и для конструктивного развития общества. «Уже сейчас ставшие известными закономерности процессов

самоорганизации в открытых диссипативных системах, как классических, так и квантовых, используются во всех областях естествознания (физике, химии, биологии), а также в социологии, экономике, языкознании, лингвистике и т. д.» [11]. Безусловно, одним из важных условий устойчивости социальной системы выступает согласованное (устойчивое) развитие общественных структур.

Изучение идей синергетики в процессе естественно-научных дисциплин формирует у школьников качественно новое мировоззрение, способность к восприятию явлений, происходящих в окружающем мире, в целостности и всеединстве, которые, в свою очередь, способствуют развитию у них нелинейного стиля мышления. Преобладание линейного подхода, что доминирует в нынешней системе обучения основам наук, при объяснении природных явлений может способствовать формированию картины мира у учащихся в образе статического мира как гигантской структуры, состоящей из многочисленных взаимосвязанных подсистем разной природы и разного уровня сложности. Синергетическое рассмотрение окружающей действительности обеспечивает понимание мира в образе самоорганизующегося мира, который всегда в движении, как эволюционирующего в сторону созидания, так и деградирующего в сторону разрушения, образующего взаимосвязанную целостность, что является результатом вероятностного развития окружающего мира. И в тот же момент обнаруживается в этом динамическом мире великое многообразие и стохастичность, которые являются источником развития материи.

Сочетание этих образов мира закладывает основу синергетической картины мира, которая выступает обобщенной, целостной и интегральной научной картиной окружающей нас действительности. Школьники должны убедиться в том, что благодаря самоорганизации окружающая нас живая и неживая природа достигла поразительного совершенства и по логике диалектики самосовершенствование мира никогда не останавливается. На этот счет академик Н. Н. Моисеев сказал: «Все наблюдаемое нами, все, в чем мы сегодня участвуем, – это лишь фрагменты единого синергетического процесса...» [12]. Так, вместе с синергетикой пришло понимание того, что процесс самоорганизации, в основе которого лежит чередование хаоса и порядка, является универсальным принципом мироустройства.

В процессе рассмотрения идей самоорганизации такие понятия, как флуктуация, неустойчивость и хаос, выходят за рамки естественных наук и приобретают глубокий философский смысл. Наступает понимание того, что устойчивость и стационарность в природе относительны и имеют место лишь на некотором отрезке времени. Затем этот относительный порядок с течением времени (в эволюции системы) переходит в состояние стохастизации благодаря флуктуации

микрочастиц или микросостояний системы. Из этого хаотического состояния в процессе самоорганизации опять возникают квазистационарные структуры, превращающиеся снова в беспорядок, и т. д. Состояния устойчивости и неустойчивости, порядка и хаоса, формирование и уничтожение структуры сменяют друг друга. Посредством теории самоорганизации можно привести обучаемых к такому научному видению мира: детерминистический подход в познании природных явлений допускается только на этапе квазистационарности, а в период неустойчивости применим синергетический подход.

Синергетика позволяет наиболее полно осознавать проблемы человечества планетарного масштаба. Системное изучение основ синергетики может прививать учащимся способность к моделированию и прогнозированию экологических и общественных процессов. Знания, почерпнутые из синергетики и связанные с вопросами возникновения флуктуаций в макроструктуре, возможности их резонансного разрастания, т. е. бифуркационно-катастрофическое «поведение» природы при нарушении ее экологического равновесия, способны обеспечить понимание учащимися того, что в особых состояниях неустойчивости окружающей среды деятельность каждого человека может оказаться существенной для природных процессов. Ведь за экологической катастрофой неминуемо последуют и другие системные кризисы: политические, социальные, экономические, духовные и др.

Развитие экологического и планетарного мышления, формирование эколого-духовной культуры личности на основании самоорганизации обозначает перспективу синергетической парадигмы образования, что предполагает воспитание у подрастающего поколения синергетического стиля мышления и формирование личности с синергетической культурой.

Внедрение идей синергетики в учебный процесс оказывается плодотворным и при использовании практических методов обучения. Принципы синергетики, такие как нелинейность и устойчивость, могут быть предметом анализа некоторых физических задач [13]. Примеры самоорганизации и ее некоторые фрагменты можно наглядно показывать с помощью демонстрации, опытов и экспериментов. Демонстрация превращения хаоса в порядок, устойчивости и разрушения природных систем посредством компьютерных моделей, в которых самоорганизация различных объектов показывается динамично и структурно, является важным дидактическим средством активизации познавательной деятельности учащихся.

В заключение отметим, что рассмотрение и изучение идей синергетики в школьных естественно-научных дисциплинах:

- обеспечивает формирование у учащихся синергетической картины мира;
 - развивает нелинейное мышление у обучаемых, что является высшим уровнем диалектико-логического мышления;
 - формирует умение увидеть за природными объектами и явлениями многовариантные сценарии развития процесса;
 - создает благоприятные условия для осуществления воспитательной функции естественно-научного образования;
 - создает условия для реализации экологического обучения и формирования у школьников культурно-ценностного отношения к окружающему нас миру.
- Таким образом, синергетика является качественно новой методологией естественно-научного образования в средней школе, а ее идеи могут выполнять интегрирующую функцию школьных предметов естественно-научного и гуманитарного циклов.

Список литературы

1. Государственные общеобязательные стандарты среднего образования Республики Казахстан. Алматы: 2002.
2. Физический энциклопедический словарь. М.: Советская энциклопедия, 1984.
3. Зорина Л. Я. Отражение идей самоорганизации в содержании образования // Педагогика. 1996. № 4.
4. Игнатова В. А. Педагогические аспекты синергетики // Педагогика. 2001. № 8.
5. Виненко В. Г. Синергетика в школе // Педагогика, 1997. № 2.
6. Виненко В. Г. Структуры динамического хаоса // Физика в школе. 1997. № 1.
7. Демин П. Вездесущие неустойчивости // Наука и жизнь. 1985. № 12.
8. Полак Л. С., Михайлов А. С. Самоорганизация в равновесных физико-химических системах. М.: Наука, 1983.
9. Авторские свидетельства интеллектуальной собственности: Модель роста кристалла (программа для ЭВМ). Астана: Министерство юстиции Республики Казахстан. № 286 от 9 августа 2006 года; Возникновение жизни (программа для ЭВМ). Астана: Министерство юстиции Республики Казахстан. № 284 от 9 августа 2006 года; Модель взаимодействия популяции (программа для ЭВМ). Астана: Министерство юстиции Республики Казахстан. № 285 от 9 августа 2006 года.
10. Седов Е. А. Информационно-энтропийные свойства социальных систем // Общественные науки и современность, 1993. № 4.
11. Грибов Л. А., Прокофьева Н. И. Основы физики. М., 1998.
12. Моисеев Н. Н. Алгоритм развития. М., 1987.
13. Мукушев Б. А. Качественные задачи на распространение волн в воздухе // Физика в школе. 1985. № 3.

Мукушев Б. А., доктор педагогических наук, профессор.

Семипалатинский государственный педагогический институт.

Ул. Танибергенова, 1, г. Семипалатинск, Восточно-Казахстанская область, Республика Казахстан, 071410.

Материал поступил в редакцию 18.11.2009

B. A. Mukushev

THE REFLECTION OF SYNERGETIC IDEAS IN SCHOOL COURSE OF NATURAL SCIENCES

The article is devoted to the problems of studying the basis of synergetic in the conditions of the school course of natural sciences. Didactic possibilities of given theory are considered in forming generalized scientific outlook of the schoolchildren. It indicates the integrating and educational functions of using the synergetic in the school course of natural sciences..

Key words: *scientific, outlook, scientific map of the world, integration, synergetic (theory of self-organization), synergetic map of the world.*

Semipalatinsk State Pedagogical Institute.

Ul. Tanibergenova, 1, Semipalatinsk, Vostocno-Kazakhstanskaya oblast, Republic of Kazakhstan, 071410.