

УДК 378.6:50

Зоя Сергеевна Сазонова, д-р пед. наук, проф.,
МАДИ, Россия, 125319, Москва, Ленинградский пр., 64, zoia.sazonova@gmail.com

Галина Юрьевна Тимофеева, канд. физ.-мат. наук, доц.,
МАДИ, Россия, 125319, Москва, Ленинградский пр., 64, galina.omega@gmail.com

Надежда Юрьевна Тимофеева, канд. тех. наук, доц.,
МФЮА, Россия, 115191, Москва, ул. Серпуховской вал, 17, к. 1, timof.nadia2013@yandex.ru

ЭЛЕМЕНТЫ СИНЕРГЕТИКИ В УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ «КОНЦЕПЦИИ СОВРЕМЕННОГО ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ»

Аннотация. Анализируются цели, содержание, технологии и результаты изучения дисциплины «Концепции современного естествознания».

Ключевые слова: наука, синергетика, самоорганизация, концепции, мировоззрение, учебный эксперимент.

Zoia S. Sazonova, Ph. D., professor,
MADI, 64, Leningradsky Prosp., Moscow, 125319, Russia, zoia.sazonova@gmail.com

Galina Yu. Timofeeva, Ph. D., associate professor,
MADI, 64, Leningradsky Prosp., Moscow, 125319, Russia, galina.omega@gmail.com

Nadezda Yu. Timofeeva, Ph. D., associate professor,
MFUA, 17, korp. 1, Ul. Serpukhov Val, Moscow, 115191, Russia, timof.nadia2013@yandex.ru

ELEMENTS OF SYNERGY IN EDUCATIONAL DISCIPLINE «CONCEPTS OF MODERN SCIENCE»

Abstract. Analyzes the objectives, content, technology and the results of the study discipline "Concepts of modern science".

Key words: science, synergetic, self-organization, concepts, outlook, educational experiment.

*«Нельзя честно объяснить все красоты законов природы так,
чтобы люди воспринимали их одними чувствами,
без глубокого понимания математики.
Как ни прискорбно, но, по-видимому, это – факт».*

Ричард Фейнман

Введение

Синергетика, являясь теорией самоорганизации сложных систем различной природы, с одной стороны, представляет собой современный междисциплинарный подход к решению задач стратегического планирования, поиска и методов решения глобальных проблем. С другой стороны, она, выявляя общие закономерности эволюции, создает возможности для плодотворного использования характерных для нее идей и обобщенного математического аппарата при выполнении проектов, ориентированных на достижение актуальных практически важных целей.

Используя междисциплинарный научный язык, синергетика развивается в условиях эффективной совместной деятельности математиков и физиков, биологов и экономистов, психологов и логистов. Изучение в образовательном пространстве университета концепций синергетики и ее основных идей стимулирует студентов к развитию системного мышления и способностей к переходу от формы к содержанию и от явления к сущности.

Не менее важным фактом является также то, что изучение синергетики позволяет будущим выпускникам реализуемых в МАДИ образовательных программ осознать реальность единства мира и, может быть, впервые не просто поверить в то, «что все связано со всем», а понять и «принять» этот факт как принципиально важное «открытие» в собственной жизни.

Цели, задачи и планируемые результаты

В МАДИ элементы синергетики изучаются будущими экономистами, логистами и специалистами таможенного дела в рамках освоения учебной дисциплины «Концепции современного естествознания». Формами организации учебной работы студентов по этой дисциплине являются лекционные и лабораторные занятия, а также самостоятельная внеаудиторная учебно-познавательная деятельность.

Цели изучения студентами дисциплины «КСЕ» включают формирование современного научного мировоззрения и основ междисциплинарной естественнонаучной культуры, развитие системного мышления, осмысление трансдисциплинарных идей современного естествознания и синергетического подхода к изучению сложных нелинейных систем, а также приобретение студентами исследовательских навыков как средства самостоятельного получения новых знаний.

Задачи изучения «КСЕ» состоят в системно ориентированном на достижение целей освоения междисциплинарного содержания курса.

Конкретными результатами изучения концепций современного естествознания становятся сформированные в образовательном процессе компетенции студентов – знания, умения и владения, наличие которых и уровни сформированности оцениваются на основе соответствия зафиксированным в программе критериям и показателям. С точки зрения авторов настоящей статьи, нельзя не обратить внимание на следующее интересное обстоятельство. В современном научно-педагогическом сообществе существует неординарный взгляд на сущность понятия «компетенция», которая трактуется как результат самоорганизации субъектов целенаправленной деятельности, принимающих ответственные профессионально значимые решения и реализующих их в условиях динамично развивающихся многокомпонентных организаций, производственных структур и крупных межотраслевых предприятий.

В рассматриваемой ситуации компетенции можно понять в контексте современной теории организации, синергетики, радикального конструктивизма, теории катастроф, хаоса и сложностей [1].

Научно-методологические основы организации учебного процесса

В соответствии с целями изучения дисциплины «КСЕ» при проектировании образовательного процесса и его реализации используются студенто-центрированный, системный и компетентностно-ориентированный подходы, а также соответствующие им принципы организации образовательного процесса. К ним относятся принципы: человеческих приоритетов, ориентации на приобретение навыков целеполагания, самоорганизации и самоконтроля, научности и *mini-max* (необходимый в условиях дефицита учебного времени в условиях бакалавриата). Основными принципами формирования учебных материалов по «КСЕ» являются учет междисциплинарных связей и системной целостности форм обучения. В силу того, что образовательный процесс имеет гуманистическую сущность, педагогическая технология освоения студентами «КСЕ» не является жестко детерминированной, но обладает основными признаками системы – целостностью и логикой процесса [2].

Анализ сущности учебного процесса

Практика совместной работы со студентами МАДИ, изучающими учебную дисциплину «Концепции современного естествознания», а именно, – раздела «Синергетика» – позволяет авторам обоснованно утверждать, что уровень интереса к освоению всех разделов содержания этой дисциплины является стабильно высоким. Большинство студентов серьезно относятся к лекционным занятиям и высоко ценят имеющуюся у

них возможность самостоятельно выполнять в лаборатории учебные исследования, а по их завершении участвовать в совместных с преподавателями дискуссиях по существу изучаемых ими явлений, а также в обсуждении и трактовке самостоятельно полученных экспериментальных результатов.

К сожалению, в МАДИ дисциплина «КСЕ» изучается в течение только одного семестра, при этом освоение дисциплин «физика» и «химия» (играющих принципиально важную роль в системе естествознания) учебным планом не предусмотрено. В связи с отмеченным обстоятельством, у студентов, обучающихся на факультетах нетехнического профиля, при ознакомлении с современной теорией колебаний и волн, входящей в структуру раздела «Синергетика», возникают определенные трудности. Учитывая эту реальность, в лабораторный практикум по дисциплине «КСЕ» преподаватели кафедры инженерной педагогики включили лабораторные учебно-исследовательские работы «Колебания» и «Определение коэффициента сухого трения».

В условиях жестких временных ограничений выполнение со студентами глубокого и всестороннего теоретического анализа сущности физических процессов, определяющих специфику разных типов колебательных движений, реализуемых не только в простых, но и в сложных системах, не является возможным.

Однако многолетний опыт работы со студентами, изучающими «КСЕ», убедительно доказал следующее. Осмысление студентами результатов выполненных ими в учебной лаборатории исследований N колебательных процессов, совершаемых осциллятором при N различных начальных условиях, позволяет им самостоятельно сделать вывод о том, что получаемая ими информация о наблюдаемых процессах может быть отражена не только в виде зависимостей смещения от времени $x(t)$, но и в

виде зависимости смещения от скорости $x(v)$. Представление на плоскости в координатах (x, v) , результатов обработки данных эксперимента (полученных при малом трении и учете погрешностей) позволяет получить систему замкнутых линий эллиптической формы. Каждая точка любого из эллипсов соответствует одному из мгновенных состояний колебательной системы. В теории колебаний плоскость, по осям которой «откладываются» соответственно, координата и скорость осциллятора, принято называть фазовой плоскостью, а совокупность линий, представляющих информацию о движениях осциллятора при разных начальных условиях – его фазовым портретом.

С точки зрения авторов, важным обстоятельством является то, что студенты самостоятельно «открывают» и осваивают один из эффективных методов моделирования реальных физических явлений.

В процессе последующих лекционных занятий представляемая преподавателем в аналитической и графической формах информация о колебаниях, осуществляемых осциллятором как при отсутствии диссипации энергии, так и при ее наличии, у студентов вопросов уже не вызывает. Они хорошо понимают, что имеют дело с математическими моделями тех реальных процессов, которые они самостоятельно изучали в лаборатории. Более того, глядя на написанные на слайдах (или доске) формулы и соответствующие им графики, студенты воссоздают в памяти реально выполненные ими эксперименты гармонического процесса и, включаясь в обсуждение учебного материала, «подсказывают» преподавателю, что для разных значений амплитуд, задаваемых начальными условиями, фазовый портрет линейного осциллятора без трения будет представлять собой систему эллипсов с одной особой точкой – началом координат. Преподаватель поясняет, что эта особая точка, соответствующая положению устойчивого равновесия, называется «центром» (рис. 1).

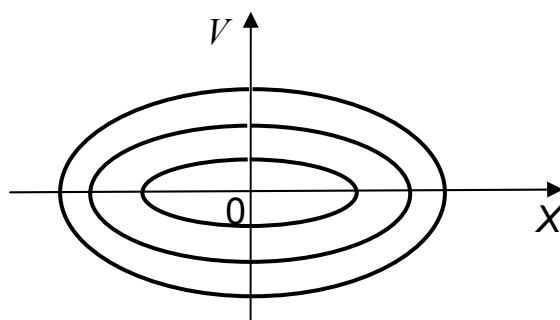
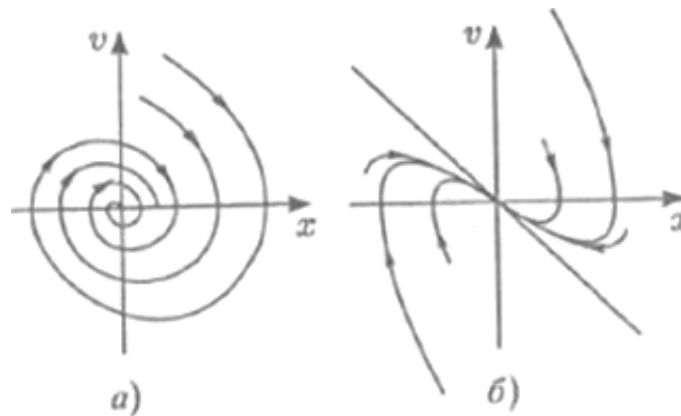


Рис. 1. Фазовый портрет гармонического осциллятора

Практически ежегодно студенты следующих друг за другом разных лекционных «потоков» неожиданно для самих себя совершают «открытие», суть которого состоит в том, что слова, рисунки, графики – все это разные модели того реального мира, в котором мы живем. Они понимают, что фазовый портрет изменится, если учесть диссипацию энергии, например, при учете сухого «линейного трения» (при котором сила трения пропорциональна скорости движения осциллятора). Более того, они «предсказывают», что при наличии малой диссипации колебания линейного осциллятора становятся затухающими, и соответствующий им фазовый портрет будет выглядеть уже как совокупность спиралей, стягивающихся в особую точку типа «фокус» [3]. Преподаватель демонстрирует представленный на слайде фазовый портрет осциллятора с устойчивым фокусом, который является примером простейшего аттрактора (рис. 2а) и обращает внимание на то, что фазовые траектории, соответствующие возможным движениям гармонического осциллятора (рис. 1), аттрактора не имеют. Аттрактор соответствует относительно устойчивому состоянию системы, которое как бы «притягивает» к себе всю совокупность возможных траекторий развития, которые возможны после «точки бифуркации», соответствующей «раздвоению», т.е. такому состоянию системы, после которого становится возможным некоторое множество вариантов ее дальнейшего развития.

В случае значительной диссипации колебания системы становятся апериодическими, при этом на фазовой плоскости соответствующие движения изображаются фазовыми траекториями, имеющими вид кривых, сходящихся в особую точку типа «узел» без обходов вокруг нее. Фазовый портрет совокупности возможных движений для этого случая представлен на рис. 2б.



*Рис. 2. Фазовый портрет линейного осциллятора с диссипацией:
а) устойчивый фокус; б) узел*

Метод построения фазовых портретов различных колебаний, в том числе, и гораздо более сложных по сравнению с уже рассмотренными (например, при наличии «нелинейного» трения, или при учете гистерезисных явлений), также успешно используется для анализа характера этих «нетривиальных» колебательных движений. Как правило, студенты проявляют особый интерес к изучению колебательных процессов, наблюдаемых в биологии и, в первую очередь, – в естественных природных условиях. Учитывая это обстоятельство, в лекционный курс, читаемый преподавателями кафедры инженерной педагогики, был «включен» учебный материал, связанный с анализом динамики популяционных процессов. Обращает на себя внимание тот факт, что соответствующая информация представляется аудитории в презентационном формате, подготовленным теми студентами, которые проявляют инициативу и выражают желание самостоятельно справиться с

этой ответственной задачей. Необходимо отметить, что в большинстве случаев им это вполне удастся.

Обсуждение реально наблюдаемого в природе явления, когда зависимость от времени числа особей конкретной популяции, живущей на определенной территории, имеет колебательный характер, стимулирует воображение и активизирует мыслительные процессы присутствующих на занятии студентов. Как следствие, при этом студенты задают много вопросов и выдвигают различные (как правило, относящихся к делу) «авторские» гипотезы.

Например, в процессе обсуждения существующей в природе действительности, в которой, наряду с представителями некоторой популяции животных, давно населяющих конкретную природную «площадку», неожиданно для них обосновались особи другой популяции, представители студенческой аудитории выясняют у докладчика ситуацию, сложившуюся для «нежданных гостей» – особей вторгшейся популяции. Получив информацию о том, что в ситуации существенного преобладания одной из популяций, число особей второй популяции сначала значительно уменьшается, а затем наблюдается обратный процесс и фактически временная зависимость числа особей каждой из популяций приобретает колебательный характер, студенты приходят к выводу о том, что эти колебания обусловлены борьбой двух популяций за средства существования. Удивительным является то, что в большинстве случаев эти «колебания» являются устойчивыми. Природа не допускает ситуации, в которой исчезновение одной из популяций может нарушить экологическую стабильность. Объективные законы природы «управляют» процессами самоорганизации, «обеспечивая» условия для совместного сосуществования за счет «использования возможностей» процессов самоорганизации, «создающих» условия для совместного сосуществования и развития разных типов растений и животных.

Лектор (оба автора настоящей работы «читают» «КСЕ» для разных студенческих потоков) обращает внимание студентов на то, что почти столетие тому назад была разработана математическая модель Лотки – Вольтерра, которая описывает наблюдаемые в природе колебания численности «конкурирующих» популяций. К настоящему времени существуют компьютерные программы, с помощью которых можно численно решить систему нелинейных уравнений Лотки – Вольтерра и визуализировать полученные «колебательные» результаты, представив соответствующие им фазовые портреты. Необходимо отметить интересный факт. В тех случаях, когда особи одной из популяций питаются особями другой, динамика изменений численности каждой из них не является единственно возможной. Рассматриваемая система является многопараметрической. Этим обстоятельством обусловлена возможность получения равновесного состояния, при котором численность особей каждой из популяции является постоянной.

Приятно отметить, что студенты-докладчики, увлеченные синергетикой и, как правило, хорошо информированные в этой области, с гордостью подчеркивают значительный вклад советского микробиолога Г.Ф. Гаузе (1910–1986), который не в «компьютерном», а в реальном эксперименте доказал, что в тех ситуациях, когда жизненно важный ресурс является ограниченным для двух конкурирующих между собой особей, соседствующих в общем для них жизненном пространстве, они не могут устойчиво сосуществовать.

В условиях имеющегося у авторов опыта использования технологий активного обучения с подключением максимального числа студентов, к заинтересованному совместному обсуждению изучаемого учебного материала всегда кто-либо из студентов обращает внимание на то, что существенно ранее того времени, когда Г.Ф. Гаузе выполнил свой эксперимент, в знаменитом научном труде Ч. Дарвина «Происхождение

видов путем естественного отбора» уже было отмечено, что «борьба за существование» неизбежно будет самой суровой между индивидами одного вида, потому что они населяют одни и те же районы, требуют одной и той же пищи и подвергаются одним и тем же опасностям [4].

Заключение

Объективно существующие аналогии между колебательными процессами, изучаемыми в рамках отдельных разделов естествознания – физике, химии, биологии и др. свидетельствуют о единстве и целостности той естественной природной среды, неотъемлемой частью которой является человечество, обладающее уникальной многофункциональной способностью к мышлению, воображению, познанию и созиданию. Студенты, изучающие дисциплину «КСЕ», в полной мере осознают, что «все связано со всем» и, демонстрируя высокий уровень своей познавательной активности, обращают внимание преподавателей на то, что они хорошо понимают личную ответственность за качество результатов своей учебной деятельности.

Список литературы

1. Байденко В. Компетенции в профессиональном образовании (К освоению компетентностного подхода) // Высшее образование в России. 2004. № 11. С. 3–13.
2. Сазонова З.С. Интеграция образования, науки и производства как методологическое основание подготовки современного инженера. М.: МАДИ (ГТУ), 2007. 487 с.
3. Безручко Б.П., Короновский А.А., Трубецков Д.И., Храмов А.Е. Путь в синергетику. Экскурс в десяти лекциях. М.: ЛЕНАНД, 2015. 304 с.
4. Потеев М.И. Концепции современного естествознания. СПб.: Изд. «Питер», 1999. 352 с.

References

1. Baidenko V. *Vysshee obrazovanie v Rossii*, 2004, no. 11, pp. 3–13.
2. Sazonova Z.S. *Integracija obrazovanija, nauki i proizvodstva kak metodologicheskoe osnovanie podgotovki sovremennogo inzhenera* (Integration of education, science and production as methodological basis of training of the modern engineer), Moscow, MADI (STU), 2007, 487 p.
3. Bezruchko B.P., Koronovskii A.A., Trubetskov D.I., Hramov A.E. *Put' v sinergetiku. Jekskurs v desjati lekcijah* (Way to synergetics. Digression in ten lectures), Moscow, LENAND, 2015, 304 p.
4. Poteev M.I. *Koncepcii sovremennogo estestvoznaniija* (Concepts of modern natural sciences), St. Petersburg, Izdatel'stvo «Piter» 1999, 352 p.