

УДК 54: 372.8

ПРОБЛЕМНОЕ ОБУЧЕНИЕ ОСНОВАМ СИНЕРГЕТИКИ СТУДЕНТОВ ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНЫХ ФАКУЛЬТЕТОВ

Шепель О.М.

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск,
e-mail: omshepel@tpu.ru*

Рассматриваются проблемы обучения основам постнеклассического естествознания студентов естественнонаучных факультетов. Предлагается сочетать обучение синергетике с рассмотрением предыдущих этапов развития науки: синкретического, классического, неклассического. Приводится вариант методики формирования понятий «диссипативная структура» и «самоорганизация открытых систем».

Ключевые слова: обучение, синергетика, естествознание, самоорганизация, диссипативная структура

PROBLEM TRAINING OF NATURAL-SCIENCE FACULTIES STUDENTS TO THE ELEMENTS OF SYNERGETICS

Shepel O.M.

National research Tomsk Polytechnic University, Tomsk, e-mail: omshepel@tpu.ru

Problems of training of natural-science faculties students to elements of postnon-classical natural-science are considered. Training to synergetics is offered to be combined with consideration of the previous science development stages: syncretic, classical, non-classical. The method variant of formation of such concepts as «dissipative structure» and «self-organizing of open systems» is resulted.

Keywords: training, synergetics, natural-science, self-organization, dissipative structure

Хотя в последние годы всё чаще констатируют необходимость более глубокого обучения основам синергетики студентов всех естественнонаучных факультетов вузов, однако, методических разработок, позволяющих систематично и эффективно осуществлять это обучение, до сих пор в достаточном количестве нет. Между тем, представляется целесообразным преподавать синергетику не просто как отдельную тему или даже модуль образовательной программы, но как современный этап развития всего естествознания [5].

Первый этап относится к античной науке. В это время происходит становление научного познания. Оно ещё не дифференцировано, не расчленено, находится в синкретическом состоянии. Наука только зарождается, она заменяет мифологию, пытается постичь окружающий мир, заменить слепую веру знанием. Знания в античный период не развиты и стремление постичь то, что лежит в основе мироздания, реализуется во многом наивными путями. Знаковыми представителями этой стадии можно назвать Пифагора (6 в. до н.э.) и Аристотеля (384–322 в. до н.э.). Разделённые друг от друга во времени почти на три столетия, они одинаково целостно воспринимали науку, искусство и религию.

Второй этап развития науки ознаменовался её дифференциацией на отдельные отрасли и связан с такими именами как И. Ньютон, Р. Декарт, Р. Бойль. Начался процесс массового отпочкования от ранее нерасчленённой или слабо расчленённой

науки древних мыслителей – чтобы исследовать частности, надо было вычленивать их из общей связи. Сформировались физика, химия, биология и т.д.

Разработка А. Эйнштейном теории относительности, благодаря которой обнаружилась зависимость свойств пространства, времени и вещества от состояния наблюдателя (субъекта), а также зарождение квантовой химии, квантовой механики, заставили отказаться от классического восприятия науки, сформированного И. Ньютоном, Р. Декартом, Р. Бойлем. Наука перестала быть классической. Она стала неклассической. Объединение разрозненных явлений в единую естественнонаучную картину стало основной тенденцией исследований. Интеграционная мощь новой стадии естествознания проявилась в восприятии неразрывной целостности: пространства, времени, события, наблюдателя.

Современный этап развития науки, обусловленный изучением синергетических закономерностей действительности во всех её проявлениях, является четвёртой *постнеклассической* стадией, в которой создаются *новые* предпосылки формирования единой научной картины мира. Зарождение этого этапа связывают с именами И. Пригожина, Г. Хакена, И. Стенгерса и др. [2, 4]. По мнению академика Н.Н. Моисеева, «Всё наблюдаемое нами, всё, в чём мы сегодня участвуем, это лишь фрагменты единого синергетического процесса» [1]. Важной особенностью синергетических процессов является то, что они всегда характеризуются

ся возникновением нового качества в системе, состоящей из взаимодействующих между собой элементов *любой природы* [3]. Поэтому программной установкой синергетики является поиск общих идей, общих методов, общих закономерностей процессов самоорганизации в самых различных областях естественнонаучного знания.

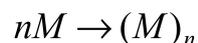
В качестве доминирующего метода обучения студентов естественнонаучных факультетов основам синергетики нами выбран проблемный метод, содержащий в себе особые приемы и формы работы со студентами.

Сущность и содержание проблемного метода обучения мы рассматриваем как организацию познавательной деятельности студентов, направленную на самостоятельный поиск способов разрешения проблемной ситуации.

Отличительными особенностями проблемного метода обучения основам постнеклассического естествознания является акцентирование внимания студентов на том, что перед ними ставится не столько учебная проблема, сколько научная; от них требуется усвоение не только результатов научного познания, но и самого пути, процесса получения этих результатов. Постановка проблемы начинается с первого занятия, на котором ставится задача: «по окончании изучения материала сформулировать свой вариант определения понятия «синергетика», так как в науке до сих пор нет его общепринятого значения. В качестве исходной формулировки, не претендующей на абсолютную точность и исчерпанность, студентам предлагается следующее: *синергетика – это наука, изучающая процессы самоорганизации открытых систем в диссипативные структуры*. Разумеется, что при этом необходимо уточнить понятия «самоорганизация открытых систем» и «диссипативная структура». Ниже приводится вариант методики формирования понятий «диссипативная структура» и «самоорганизация открытых систем».

Поскольку в классической термодинамике мерой увеличения беспорядка (дезорганизации) системы является *увеличение* её энтропии ($\Delta S > 0$), то вполне логично констатировать, что мерой самоорганизации системы должно служить уменьшение её энтропии ($\Delta S < 0$). Так как уменьшение энтропии может происходить лишь в открытых системах, т.е. обменивающихся энергией и веществом с окружающей средой, то можно говорить о самоорганизации только открытых систем. Однако не всякое уменьшение энтропии является объектом синергетики, то есть не любой процесс са-

моорганизации является синергетическим. Например, хотя в результате полимеризации мономера M



энтропия реакционной системы всегда уменьшается, тем не менее, эта реакция не считается синергетическим процессом. Потому, что образовавшаяся в результате полимерная структура не является диссипативной. Желательно, чтобы студенты сами вспомнили какие-то физические процессы, сопровождающиеся уменьшением энтропии рассматриваемого объекта. Например, процесс кристаллизации воды при замерзании или соли при испарении растворителя. Диссипативные структуры – это *динамичные* структуры системы, непрерывно *рассеивающей* свою энергию и находящейся в *неравновесном состоянии*. Одной из особенностей диссипативных структур является отсутствие жёсткой зависимости между условиями её формирования и свойствами. А ведь при полимеризации одного и того же мономера в одинаковых условиях получается один и тот же полимер с одними и теми же свойствами! Важнейшее условие признания достоверности эксперимента – его качественная и количественная воспроизводимость – оказывается не всегда применимым к процессам получения диссипативных структур.

Одним и тем же исходным условиям макроэксперимента могут соответствовать разные результаты! Поскольку студентами последнее утверждение воспринимается как голословное и не находящее подтверждения в повседневной практике, то сразу же следует подчеркнуть, что оно является исключительной прерогативой постнеклассического естествознания и весь последующий материал станет подтверждением его справедливости. При этом перед студентами можно сформулировать ещё одну научную проблему, решение которой каждый из них может предложить по окончании изучения курса – что определяет конкретное направление течения процесса, описываемого уравнением, имеющим несколько решений? Так как, обучаемые, приступая к изучению постнеклассического естествознания, выходят за пределы жёстко детерминированных законов, то необходимо предварительно систематизировать их представления о вероятности каких-либо событий.

Непредсказуемость (вероятность) некоторых событий изучается давно и может быть даже классифицирована на:

– объективную вероятность поведения элементарных частиц;

– субъективную вероятность, возникающую в результате незнания начальных условий;

– объективную вероятность поведения макрообъектов.

Объективная вероятность поведения элементарных частиц сводится на макроуровне к детерминистическим законам, описываемым классическим естествознанием и поэтому её (вероятности) открытие не привело к существенному изменению картины мира. Например, хотя движение водородного электрона описывается волновой функцией ψ , характеризующей вероятность нахождения электрона в данной точке, но, в конечном итоге, эти электроны в совокупности с протонами образуют первый элемент Периодической системы с конкретными физико-химическими свойствами и, при определённых условиях, подчиняющийся всем законам идеального газа. Открытие субъективной вероятности, возникающей в результате незнания начальных условий, также не могло принципиально изменить картины мира. Подбросив монету вверх, мы, разумеется, не знаем, как она упадёт – орлом или решкой. Но всякий естествоиспытатель понимает, что если бы он точно знал начальные условия (скорость подбрасывания монеты, направление её движения, заданную угловую скорость вращения, начальное положение монеты и т.д.), то смог бы рассчитать положение монеты в момент падения. А вот объективная вероятность, многовариантность поведения макрообъектов долгое время считалась принципиально невозможной. Хотя в математике нелинейные дифференциальные уравнения, имеющие более одного решения, известны давно. Например, из анализа уравнения

$$dy/dx = ax^2 - axR$$

видно, что в простейшем стационарном случае ($dy/dx = 0$) оно имеет два решения: $x = 0$ и $x = R$. Если представить, что это уравнение описывает некоторую систему, поддерживающую своё стационарное состояние при непрерывном увеличении R , а x может принимать только неотрицательные значения, то при $R < 0$ такая система будет поддерживать значение x равным нулю, а в точке $R = 0$ происходит ветвление решений, или *бифуркация*. Начиная с этой точки – точки бифуркации, система может оставить $x = 0$, а может перейти на другой режим: $x = R$. Однако, до тех пор, пока величины подобных нелинейных дифференциальных уравнений не были наполнены конкретным материальным смыслом, они оставались бессодержательной абстракцией.

Успешное их использование для описания конкретных физико-химических процессов позволило открыть неведомое ранее свойство материи – принципиальную непредсказуемость направления её самоорганизации, разветвлённость возможных событий¹. В 50-е годы 20-го столетия стали появляться сообщения о реакциях, в которых происходят колебания концентраций реагирующих веществ. Причём период этих колебаний не всегда поддавался точному регулированию условиями реакции. Например, в реакции Белоусова-Жаботинского² он составлял от нескольких секунд, до нескольких сотен секунд. Недоверие научной общественности к возможности существования колебательных реакций усиливалось и невозможностью установления строгой количественной корреляции между первоначальными условиями и конечной структурой динамики системы. Впервые доказал теоретическую возможность существования таких систем И. Пригожин с сотрудниками, разработав модель процесса, которую сегодня принято называть «брюсселятор»³.

Таким образом:

– обучение синергетике целесообразно в сочетании с рассмотрением предыдущих этапов развития науки;

– методической особенностью проблемного подхода к обучению основам синергетики является постановка перед всеми обучаемыми не только учебных, но и научных проблем, решение которых предлагается осуществлять самостоятельно;

¹ Уравнение Шрёдингера, представляющее собой линейное дифференциальное уравнение, также имеет много-жество решений, то есть целый набор различных видов волновой функции Ψ . Но это множество решений описывает различные микросостояния, а не различное течение макропроцессов.

² Колебательная реакция была открыта Б.П. Белоусовым в 1951 г. Однако первое сообщение Белоусова об этой реакции, посланное в 1951 г. в один из химических журналов, было отвергнуто. В отзыве говорилось, что публиковать работу не следует, потому что описанная в ней реакция невозможна. Такая же судьба постигла и второе сообщение, направленное в печать в 1955 г. Лишь в 1958 г. Белоусов сумел опубликовать маленький реферат своей работы в «Рефератах по радиационной медицине», издаваемых Институтом биофизики Министерства здравоохранения СССР. С 1964 г., когда этой реакцией стал заниматься А.М. Жаботинский, изучение реакций подобного типа набирает темп. В 1980 г. Б.П. Белоусову (посмертно), Р.Р. Иванищкому, В.И. Крипскому, А.М. Жаботинскому и А.Н. Заикину за цикл работ по исследованию колебательных реакций была присуждена Ленинская премия.

³ Такое название модель получила потому, что впервые была предложена брюссельской научной школой под руководством бельгийского ученого И. Пригожина, удостоенного Нобелевской премии по химии в 1977 году.

– использование проблемного метода обучения студентов способствует вовлечению их в исследовательскую деятельность, развивает многомерность мышления, позволяющую видеть вероятностный характер процессов и явлений окружающей действительности, самостоятельно находить способы решения проблем различного уровня сложности.

Список литературы

1. Моисеев Н.Н. Избранные труды: в 2-х томах Междисциплинарные исследования глобальных проблем. Публицистика и общественные проблемы. – М.: Тайдекс Ко, 2003. – т.2. – 264 с.
2. Пригожин И. От существующего к возникающему. – М.: Наука, 1985. – 328 с.
3. Пригожин И. Современная термодинамика. От тепловых двигателей до диссипативных структур / И. Пригожин, Д. Кондепуди. – М.: Мир, 2002 – 461 с.
4. Хакен Г. Синергетика: неравновесные фазовые переходы и самоорганизация в биологических системах // Термо-

динамика и кинетика биологических процессов: сб. ст. – М.: Наука, 1980. – С. 83–100.

5. Шепель О.М. Обучение физико-математическим основам постнеклассического естествознания студентов естественнонаучных факультетов / О.М. Шепель, М.Г. Минин // Мир науки, культуры, образования. – 2008. – № 5 (12). – С. 223–225.

Рецензенты:

Литвинова Т.Н., д.п.н., профессор, зав. кафедрой общей химии ГОУ ВПО КубГМУ, г. Краснодар;

Дубенский Ю.П., д.п.н., профессор, зав. кафедрой социальной работы, педагогики и психологии ГОУ ВПО «Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского», г. Омск;

Елагина В.С., д.п.н., профессор, профессор кафедры педагогики ГОУ ВПО «Челябинский государственный педагогический университет», г. Челябинск.

Работа поступила в редакцию 15.02.2011.