

Сергей Александрович ПАНИЧЕВ —
доцент кафедры органической
и экологической химии,
кандидат химических наук

Новые подходы в профессиональной подготовке специалистов-химиков

УДК 378.1

АННОТАЦИЯ. Предложен новый вариант двухуровневой структуры профессиональной подготовки специалистов-химиков в классическом университете и проанализированы особенности содержания обучения на каждой стадии.

The author offers a new variant of two-level structures of professional training of specialists in-chemistry at classical university and analyses the contents of education at every stage.

Введение. Высшее профессиональное образование (ВПО) естественнонаучного профиля является одним из главных направлений образовательной деятельности общества в целом, так как именно естественные науки лежат в основе нашей технической цивилизации. Соответственно качество подготовки специалистов такого рода является залогом успешного решения многочисленных проблем, возникающих в ходе развития современного общества. В свою очередь, основой высокого качества профессиональной подготовки специалистов является содержание обучения.

Роль знаний в подготовке специалиста. Проблема определения содержания обучения является, по-видимому, наиболее сложной во всем учебно-воспитательном процессе ВПО. Ее сложность обусловлена принципиальным противоречием между теоретическими дидактическими установками и практикой обучения. Теоретической базой здесь является общеизвестная ЗУН-триада (знания, умения, навыки), которая, несмотря на многочисленные критические выпады в ее адрес, полностью сохранилась. Чтобы убедиться в этом, достаточно посмотреть любую типовую (примерную) программу, рекомендуемую УМО университетов РФ по химии. Все они на 95–99% представляют собой длинные списки «знаниевых» компонентов — теоретических моделей, законов, правил, формул и уравнений, свойств веществ и молекул, механизмов реакций и т. д. То же самое, естественно, зафиксировано в Государственном образовательном стандарте (ГОС) по специальности 011000 — Химия [1]. Для иллюстрации приведем содержание двух разделов ГОС в отношении дисциплины «Органическая химия»:

1) *Требования к обязательному минимуму содержания* — «Предмет органической химии, классификация реагентов и реакций, углеводороды (алканы, циклоалканы, алкены, алкадиены, алкины, арены), оптическая изомерия органических соединений, галогенопроизводные углеводородов, магний- и литийорганические соединения, гидроксилпроизводные углеводородов, простые эфиры, карбонильные соединения, карбоновые кислоты и их производные, нитросоединения, амины, азосоединения, гетерофункциональные и гетероциклические соединения».

2) *Требования к профессиональной подготовленности дипломированного специалиста* — «Владеть теоретическими представлениями органической химии, иметь знания о составе, строении и свойствах органических веществ — представителей основных классов органических соединений (углеводородов — алканов, циклоалканов, алкенов, алкадиенов, алкинов, аренов; гомофункциональных соединений,

гетерофункциональных соединений, гетероциклических соединений); иметь представление о белках и биологически активных веществах, структуре и свойствах важнейших типов биомолекул; владеть основами органического синтеза».

Такой подход к отбору содержания обучения сложился исторически еще в то время, когда научная информация была малодоступна и студент мог получить знания только от преподавателя. В настоящее время проблема доступа к научной информации потеряла былую остроту и трансформировалась в свою противоположность. По мере развития науки объем накопленных научных знаний настолько быстро возрастает, что даже поверхностное ознакомление с ним физически невозможно (по данным обзора [2], эффективность использования информации, публикуемой в химических научных изданиях, составляет около 10^{-5} , т. е. одной тысячной части процента!). В соответствии с ростом знаний увеличивается (хотя и более медленными темпами) и объем учебных программ, составляемых в рамках традиционного подхода к определению содержания обучения. Так, например, последний вариант примерной (типовой) программы по дисциплине «Неорганическая химия», рекомендованной УМО университетов РФ по химии, составляет около 40 стр. [3]. Однако практика обучения требует сохранения (и даже сокращения) учебного времени, отводимого для освоения материала, зафиксированного в программах и учебных планах. Как показывает опыт, все попытки согласования этих двух противоречащих друг другу требований оказываются безуспешными, несмотря на многочисленные нововведения, направляемые на интенсификацию учебного процесса (информационные технологии, компьютеризация и т. д.).

Разрешение этой проблемной ситуации невозможно без новой точки зрения на основную дидактическую задачу — определение и отбор содержания обучения. Эта точка зрения подсказывается одним, внешне парадоксальным, обстоятельством. За последние 150 лет объем накопленных знаний в естественных науках увеличился в сотни раз, а сроки обучения студентов в высшей школе (причем без заметного снижения качества) остались прежними — около 5 лет. По-видимому, реальный смысл профессиональной подготовки специалиста в вузе заключается совсем не в усвоении определенного массива знаний. Другими словами, специалистом учащегося делают не накопленные им знания. Действительно, главное назначение специалиста — эффективное решение практических задач, а для этого «иметь знания или представления» о чем-либо совершенно недостаточно. Дело здесь в том, что знания такого рода, какие перечислены в приведенных выше примерах («о составе, строении и свойствах органических веществ» и т. д.), представляют собой тщательно рафинированный продукт химической науки, приложимый только к особым объектам (чистым химическим веществам) и процессам (индивидуальным химическим реакциям). В реальных ситуациях такие объекты и процессы никогда не встречаются, и поэтому приобретаемые студентом знания в дальнейшей практической работе оказываются, как правило, невостребованными.

Отсюда следует, в частности, что при обучении специалиста такого рода знания являются не *целью*, а всего лишь *средством*. Способность специалиста решать практические задачи требует от него, в первую очередь, ряда специфических умений: грамотная постановка и формулировка задачи, определение существенных для данного случая условий, выбор адекватного метода, формулировка возможных решений, их оценка и т. д. Следует подчеркнуть, что все эти умения имеют логический, мыслительный характер. Можно сказать, что специалист — это человек, владеющий особым типом мыслительной деятельности, специфическими способами рассуждения. Логический характер этой деятельности, в свою очередь, обуславливает ее неизбежную вербализацию. Другими словами, в основе такой деятельности лежат: а) некоторая система понятий и б) правила построения из этих понятий осмысленных (в

контексте решаемой проблемы) высказываний. Для краткости здесь уместно употребить термин «профессиональный язык». Подчеркнем, что такой язык специально приспособлен для определенного типа задач — математических, физических, биологических и т. д. В частности, химические задачи можно эффективно анализировать только на химическом языке, т. е. посредством системы химических понятий (элемент и соединение, вещество и реакция, кислота и основание, окислитель и восстановитель и т. д.). Например, ни один физик, даже самый способный, не возьмется за решение химических задач, поскольку его профессиональный язык — физический — не позволяет даже сформулировать эти задачи, т. к. состоит из понятий совершенно иного рода (материальные точки, импульсы, траектории и т. д.).

Следовательно, можно полагать, что именно обучение владению определенной разновидностью профессионального языка и является основной целью процесса подготовки специалиста в вузе. Поэтому и время, необходимое для достижения такой цели, всегда будет примерно одинаково, поскольку оно определяется не объемом накопленных в той или иной области науки знаний, а врожденными способностями человека к освоению определенного способа мышления и соответствующего ему варианта языка. Решение этой задачи, в свою очередь, создает необходимый базис для перехода к следующей стадии обучения, включающей освоение способов экспериментальной деятельности, практических умений и навыков и т. д.

В этой связи возникает важный вопрос, какова же роль «знаний» в таком обучении? Овладение профессиональным языком невозможно без конкретной языковой деятельности — практики. Человек, изучающий любой язык, должен быть «погружен» в соответствующую языковую среду и в тот внешний мир предметов и явлений, в котором действует данный язык. В отношении профессионального языка такую практику может предоставить только обсуждение и анализ научных знаний разного вида, поскольку соответствующий профессиональный язык создан специально для такой деятельности и ни для чего иного не годится. Следовательно, некоторый массив знаний совершенно необходим при освоении профессионального языка. Эти знания составляют важную часть того «мира», в котором будет протекать профессиональная деятельность специалиста.

Из сказанного следует еще один вывод. Для обучения языку нет необходимости изучать *все* накопленные в науке фактологические знания, так же как для обучения процедуре умножения не нужно заставлять учащегося перемножить все возможные пары чисел. Например, в химической науке важную роль играет понятие «механизм реакции». За последние сто лет в практику химической деятельности было введено несколько сотен разновидностей механизма, большая часть которых включена и в учебные программы. Однако ясно, что для освоения самого понятия «механизм» учащегося достаточно познакомить с одним-двумя из них. Зная смысл этого понятия, его назначение и способы применения для решения химических задач, студент может самостоятельно и без проблем не только познакомиться с любым из известных механизмов по имеющимся источникам — учебникам, монографиям, статьям и т. д., но и открыть их новые разновидности.

Другими словами, овладение профессиональным языком служит своеобразным ключом, открывающим для учащегося все базы данных, содержащие бесчисленные фактологические сведения. Здесь следует обратить внимание на один важный момент — «знание фиксируется в форме знаков естественных и искусственных языков» [4]. Следовательно, не зная языка, невозможно получать информацию из каких бы то ни было источников — ни из текстов, ни из устных сообщений преподавателей. Так, студент-математик, пожелавший синтезировать какое-нибудь вещество, не может просто взять учебник по химии и «вычитать» оттуда необходимую последовательность действий. Дело в том, что учебник по химии написан на химическом

языке, который математику почти не знаком. В свою очередь студент-химик не может воспользоваться никаким математическим учебником или справочником без предварительного освоения математического языка.

Структура и содержание подготовки. Из сказанного выше можно заключить, что обучение профессиональному языку составляет первую и необходимую часть всего учебного процесса, его ядро, которое можно обозначить как *фундаментальную подготовку*. Этот уровень обучения обеспечивает студенту принципиальную возможность действовать как профессионалу, которая в дальнейшем должна быть дополнена получением практических навыков и самостоятельного опыта такой деятельности. Эта вторая часть процесса обучения, надстроенная над фундаментальной подготовкой, составляет сущность *специализации*, включающей такие формы учебной деятельности, как: 1) работа с учебной и научной литературой; 2) формулировка и анализ практических профессиональных задач из определенной области; 3) освоение конкретных приемов решения задач; 4) оценивание результатов и их включение в уже накопленный массив знаний (публикация).

Таким образом, профессиональное обучение специалиста должно состоять из двух этапов — фундаментальной подготовки и специализации. Первый этап сводится к освоению профессионального языка (структурированной системы понятий и способов обращения с ними), а второй обеспечивает адаптацию учащегося к определенной области практической деятельности. Различия в целях должны приводить и к разным способам организации этих двух этапов обучения, в том числе к использованию различных принципов отбора учебного материала и построения программ, применению разных средств и форм обучения.

При фундаментальной подготовке знания, включаемые в учебные программы, должны быть направлены на освоение учащимися основ профессионального языка, в первую очередь, *системы понятий* данной области науки. При проектировании и построении соответствующих учебных курсов необходимо учитывать ряд важных обстоятельств.

1) Система понятий любой научной дисциплины является не простым набором изолированных понятий, а сложной иерархической структурой, включающей и межпредметные взаимосвязи. (Химический вариант такой структуры подробно рассмотрен в монографии автора [5].)

2) Каждое понятие должно рассматриваться и анализироваться в контексте некоторого конкретного типа задач, для решения которых оно и было в свое время введено в науку. Более того, любое научное понятие находится в состоянии постоянного развития, модифицируя и обогащая свой смысл, поскольку меняются и типы задач, и критерии к качеству их решения.

3) Научные понятия, в отличие от представлений обыденных языков, имеют идеальный характер и для их изучения обычный остенсивный способ усвоения (т. е. посредством непосредственного указания на обозначаемый объект) неприменим, так как им нельзя поставить в соответствие какой-либо реальный референт — объект или процесс. Вербально-символическая форма, единственно доступная для выражения научных понятий, требует использования специфических методов обучения — языковой практики по формулировке и анализу профессиональных задач и их возможных решений.

Фундаментальная подготовка, направленная на изучение и освоение профессионального языка, должна завершаться достижением уровня *профессиональной грамотности*, который служит основой для второго этапа обучения — специализации. Цель специализации — освоение практической стороны профессиональной деятельности. Всякая рациональная практическая деятельность требует предварительного мысленного проектирования: постановки практической задачи, опреде-

ления ее типа и взаимосвязей с другими типами задач, выбора или разработки алгоритма решения, определения необходимых действий, формулировки предполагаемых решений, выбор способов их дискриминации и оценки и т. д. Все перечисленные компоненты и составляют содержание такого уровня подготовки, как *профессиональная грамотность*.

Поскольку любой проект, даже самый совершенный, не может реализоваться самопроизвольно, специалист должен получить опыт практической деятельности в своей профессиональной области. Необходимые на этом этапе обучения знания — прикладные, имеют иной характер, по сравнению с фундаментальными. Если фундаментальные знания относятся к идеальному и упорядоченному, целесообразно построенному миру понятий, то их прикладные аналоги относятся к явлениям в гораздо более сложном реальном мире. Для решения практических задач специалист должен уметь «навести порядок» в реальном, внешне хаотическом, мире. Единственным доступным способом достижения этой цели является наложение на реальное явление адекватной идеальной модели. Выработка умения выбора такой модели и ее адаптации к конкретной практической ситуации и является основной целью специализации как второго этапа обучения специалиста. Соответственно методы такого обучения должны состоять в практике решения конкретных профессиональных задач и детальном критическом анализе результатов этой деятельности. Приобретение достаточного опыта практической профессиональной деятельности позволяет специалисту достичь уровня профессиональной компетентности, что и делает вузовскую подготовку завершённой. При этом, естественно, остаются открытыми возможности дальнейшего профессионального роста: послевузовское образование и самообразование, повышение квалификации, переподготовка и т. д.

Предложенная двухуровневая структура профессиональной подготовки открывает широкие возможности для совершенствования учебно-воспитательного процесса, приведения его в соответствие с требованиями как современной педагогической парадигмы, так и нового социального заказа на специалистов университетского профиля. В качестве конкретного примера можно рассмотреть проблему, связанную с преподаванием курса «Квантовая механика и квантовая химия».

Этот курс в его систематическом изложении [6] включает в себя: 1) систему основных понятий, принципов и законов квантовой механики и квантовой химии, 2) физико-химические приложения, 3) численные методы решения конкретных задач квантовой химии. Для усвоения второй и третьей частей требуется достаточно высокий уровень подготовки в областях общей физики, неорганической и органической химии, высшей математики. Поэтому данную дисциплину, в соответствии с дидактическим принципом последовательности изучения материала, обычно располагают в учебных планах не ранее 5–6 семестров. С другой стороны, без усвоения понятий квантовой химии невозможно изучение таких дисциплин, как «Неорганическая химия» и «Органическая химия», и тот же принцип последовательности требует изучения квантовой химии не позднее 2 семестра.

В результате возникает проблемная ситуация, которая обычно разрешается путем дублирования части содержания дисциплины «Квантовая механика и квантовая химия» в курсе неорганической химии. Это приводит не только к весьма значительным потерям учебного времени, но и к снижению уровня обучения, поскольку оно осуществляется не специалистами по квантовой химии, а преподавателями неорганической химии. Автором настоящей статьи предложен иной подход, смысл которого заключен в разделении курса «Квантовая механика и квантовая химия» на две части — фундаментальную (понятийно-языковую) и прикладную (вычислительную). В первой части без применения сложного математического аппарата и вычислительных методов детально анализируются фундаментальные идеи кван-

товой механики, возникающая из них система понятий квантовой химии, а также специфические «квантовые» способы рассуждения. Кроме того, в этой части систематически проанализированы все типы задач в химии, которые для своего решения требуют применения квантовой химии, и методология их решения. Прикладная часть курса «Квантовая механика и квантовая химия», включающая методы решения вычислительных задач и требующая привлечения сложного математического аппарата, реализуется посредством ряда элективных и специальных дисциплин («Математические структурные модели в химии», «Реакционная способность органических молекул» и др.).

В итоге получено несколько важных результатов: 1) фундаментальная (понятийно-языковая) часть курса «Квантовая механика и квантовая химия» заняла в учебном плане свое естественное место (2 семестр) в качестве идейной основы всей естественнонаучной подготовки; 2) прикладная часть этого курса изучается не абстрактно, а в тесной связи с решением конкретных химических проблем; 3) исключено перекрывание ряда дисциплин по содержанию, за счет чего достигнута значительная экономия учебного времени.

Внедрение изложенного выше подхода к определению содержания и структуры профессиональной подготовки специалистов является целью методической работы, ведущейся в течение ряда лет на химическом факультете ТюмГУ. В значительной мере эта цель уже достигнута, что привело к существенному улучшению качества подготовки специалистов-химиков. Это можно проиллюстрировать следующими достижениями факультета за последние 5 лет: 1) контингент студентов на ХФ вырос с 200 до 240 человек (даже при некотором снижении приема) за счет снижения отсева; 2) число выпускаемых за год специалистов возросло с 24 до 40; 3) доля дипломных работ, рекомендованных к публикации — с 29 % до 57 %; 4) доля дипломных работ, рекомендованных к внедрению — с 8 % до 15 %; 5) доля дипломов с отличием — с 4 % до 17 %; 6) доля выпускников, рекомендованных в аспирантуру — с 8 % до 20 %. Сейчас наши студенты успешно работают в трех научных студенческих лабораториях факультета, принимают активное участие в студенческих олимпиадах и научных конференциях, участвуют в выполнении фундаментальных и прикладных научных исследований.

Процесс перестройки учебного процесса сопровождается, естественно, и многими трудностями. Во-первых, это проблемы, связанные с необходимостью переработки рабочих программ, планов лекционных курсов, семинарских и лабораторных занятий, всей учебной и методической литературы, методик и пакетов заданий для осуществления текущего и итогового контроля и т. д. Во-вторых, этот процесс требует определенной перестройки менталитета самого педагогического коллектива, поскольку преподаватель, читающий в традиционной манере какой-либо курс в течение 10–15 лет, отнюдь не склонен к его кардинальной переработке.

ЛИТЕРАТУРА

1. Государственный образовательный стандарт высшего профессионального образования по специальности 011000 — Химия. Утвержден 10. 03. 2000 г. (№ гос. рег. 127 ЕН / СП). М.: 2000.
2. Мелихов И. В. Ж. Всес. хим. о-ва им. Д. И. Менделеева. 1990. Т. 35. № 2. С. 223–228.
3. Программы дисциплин образовательной программы по специальности 011000 — Химия: Для гос. ун-тов. М.: Изд-во Моск. ун-та. 1999. С. 42–81.
4. Философский энциклопедический словарь. М., 1983. С. 192.
5. Паничев С. А. Дидактические проблемы фундаментальной естественнонаучной подготовки в вузе. Тюмень: Изд-во ТюмГУ. 2003. С. 78–112.
6. Программы дисциплин образовательной программы по специальности 011000 — Химия: Для гос. ун-тов. М.: Изд-во Моск. ун-та. 1999. С. 173–179.