

Таким образом, проведенное исследование показало тенденцию общего повышения рейтинга в выборке испытуемых (понижение средних штрафных баллов на каждом уровне незнания при проверке базовых знаний по органической химии).

Полученные данные позволяют преподавателям выявить пробелы при усвоении тех или иных видов базовых знаний и в дальнейшем внести изменения и дополнения в методику преподавания органической химии в системе школа – факультет довузовского образования – вуз.

Литература

1. Аванесов В. С. Композиция тестовых заданий. – М.: Центр тестирования МО РФ, 2002. – 240 с.
2. Аванесов В. С. Знание как предмет педагогического измерения // Педагогические измерения. – 2005. – № 3. – С. 27–36.
3. Аванесов В. С. Знания как предмет тестового контроля // Педагогические измерения. – 2005. – № 4. – С. 15–24.
4. Кузьменко Н. Е. Химия. Для школьников ст. кл. и поступающих в вузы: учеб. пособ. – М.: Дрофа, 1999. – 544 с.
5. Родионов Б. У., Татур А. О. Стандарты и тесты в образовании. – М.: Изд-во МИФИ, 1995. – 48 с.
6. Снигирева Т. А. Структура знаний обучаемых: концептуально-программный подход / Под ред. В. С. Черепанова. – Ижевск: Экспертиза, 2004. – 84 с.
7. Черепанов В. С. Экспертные оценки в педагогических исследованиях. – М.: Педагогика, 1989. – 152 с.

УДК 378.147
ББК 74.58+74.265.7

ИНТЕГРИРОВАННЫЕ ПОДХОДЫ К ИЗУЧЕНИЮ ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК (НА МАТЕРИАЛЕ ИЗУЧЕНИЯ ХИМИИ В ПЕДАГОГИЧЕСКОМ ВУЗЕ)

**Н. И. Савиткин,
Я. Г. Авдеев**

Ключевые слова: естественнонаучная картина мира, интеграция естественных наук, межпредметное взаимодействие.

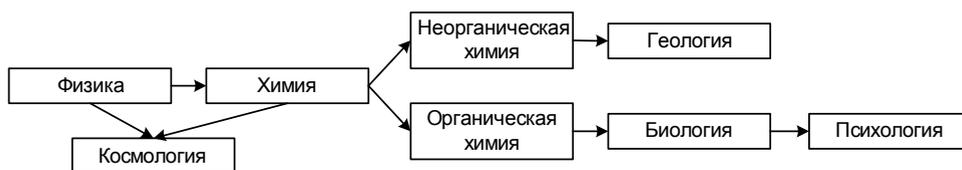
Резюме: в статье говорится о необходимости формирования у студентов представлений о современной естественнонаучной картине мира (ЕНКМ). Выделены направления интеграции естественных наук, для каждого из предлагаемых направлений разработано подробное содержание, объединяющее в определенном взаимодействии логический, исторический и дидактический аспекты.

Важными задачами, которые решает учитель химии совместно с коллегами, преподающими естественнонаучные дисциплины, является развитие системного мышления учащихся и формирование представлений о современ-

ной естественнонаучной картине мира (ЕНКМ) [3]. В связи с этим возникает необходимость подготовки специалистов, ориентированных на междисциплинарный синтез и интеграцию естественнонаучного образования. Предлагаемая нами схема интеграционного подхода применяется в подготовке учителей химии и биологии на биолого-химическом факультете Калужского государственного педагогического университета. Для реализации идей интеграции естественнонаучного образования необходим системный подход, включающий как учебную, так и научную работу студента. Здесь должны разумно сочетаться содержание основных (общая, неорганическая, органическая, физическая, аналитическая биологическая химии) и специальных (история химии, геохимия и др.) курсов. Возможно привлечение студентов к подготовке рефератов, курсовых и дипломных работ по соответствующей тематике.

Современная ЕНКМ характеризуется высокой степенью взаимодействия и взаимопроникновения естественных наук: физики, химии, биологии, геологии, космологии. Ведущей тенденцией развития современной цивилизации становятся интеграционные процессы [10]. Изолированное изучение фундаментальных наук приводит к появлению так называемых локальных картин природы – физической [15] и химической [5]. Такой подход противоречит тенденции развития современной науки, поскольку сейчас практически трудно найти область естественнонаучных исследований, которую можно отнести исключительно к физике, химии или биологии в изолированном состоянии. Можно вспомнить слова В. И. Вернадского: «...мы специализируемся не по наукам, а по проблемам» [10].

Химия, имея непосредственным основанием физику, сама является фундаментом для геологических и биологических наук. Неорганическая химия – основа геолого-минералогических наук, а органическая – биологических наук. В свою очередь, биологические науки (учение о высшей нервной деятельности) являются основой психологии, которую авторы [10] относят к естественным наукам. Современная космология, по нашему мнению, широко использует достижения физики, а также химических наук (аналитической химии, космохимии, ядерной химии) (см. рисунок). Таким образом, химия открывает большие возможности для формирования представлений об интеграции в естествознании.



Положение химии среди других естественных наук

Для того чтобы подготовить учителя химии, хорошо представляющего процессы и направления интеграции естественных наук и способного на этой основе дать учащимся представления о современной ЕНКМ, необходимо проанализировать структуру процесса интеграции, ее направления, а также методы и приемы введения этого материала (содержания) в учебный процесс. Мы выделили сле-

дующие направления интеграции естественных наук, которые можно реализовать в процессе обучения химии в вузах, а частично и в школьном курсе:

1. Иллюстрация единства материальной природы посредством применений общих принципов и понятий естествознания, а также универсальных физических постоянных.

2. Изучение и детальный анализ наиболее общих теоретических разделов химии – структурного, термодинамического и кинетического.

3. Изучение общенаучных методов эмпирического и теоретического познания и овладение конкретными физико-химическими экспериментальными методами исследования.

4. Анализ научного наследия ученых-энциклопедистов и историко-логического аспекта взаимодействия естественных наук.

5. Изучение пограничных наук (биофизики, физической химии, биохимии, геохимии и др.).

Предложенное нами деление интеграционных направлений условно и не может досконально проиллюстрировать все многообразие связей, возникающее во взаимодействии естественных наук. Такое деление интеграционных направлений преследует определенную дидактическую цель: знакомство студента с основополагающими принципами устройства материального мира и логикой его научного познания. От общих принципов и закономерностей развития материального мира мы переходим к теориям, объясняющим эти закономерности. Любая теория, объясняющая устройство материального мира, требует практической проверки, и здесь не обойтись без методов познания окружающего мира. Выделение двух последних интеграционных направлений носит в большей степени иллюстративный характер: в них наиболее наглядно и четко прослеживается положительные результаты межпредметного взаимодействия в историческом контексте развития науки и в сфере пограничных наук. Кроме этого, анализ научного наследия ученых-энциклопедистов и историко-логического аспекта взаимодействия естественных наук не только выполняет образовательные и развивающие задачи, но и несет большую воспитательную функцию.

Для каждого из предлагаемых направлений мы разработали подробное содержание, объединяющее в определенном взаимодействии логический, исторический и дидактические аспекты. В данной статье ограничимся наиболее общей характеристикой указанных направлений.

1. При изучении общей химии наибольшее внимание уделяется принципам физики микромира – принципам неопределенностей (В. Гейзенберг), дополнительности (Н. Бор), запрету (Паули) [1, 18]. Нескольким особняком стоит сформулированный в 1923 г. Н. Бором принцип соответствия [18]: «Всякая новая теория в физике сводится к хорошо установленной соответствующей классической теории, если эта теория прилагается к специальным случаям, которые успешно описываются менее общей теорией» [7]. В химии также можно отметить примеры проявления принципа соответствия в общем виде: так уравнение теории активированного состояния

$$k = \aleph \frac{\kappa_A T}{h} e^{\frac{-\Delta H^\ddagger}{RT}} e^{\frac{\Delta S^\ddagger}{R}}$$

можно свести к уравнению Аррениуса $k = Ape^{\frac{-\Delta E}{RT}}$.

Физикам хорошо известен принцип суперпозиции [18]. В квантовой химии принцип суперпозиции лежит в основе концепции резонанса в теории валентных связей (Полинг, Уэланд). В химии к принципу суперпозиции близки многочисленные правила аддитивности (правило Неймана – Коппа, расчеты молярной рефракции по атомным и т. д.), явления синергизма и антагонизма (катализ, ингибирование кислотной коррозии, коагуляция зелей электролитами и др.).

Понятие симметрии, трактуемое как свойство материальных объектов характеризоваться некоторой правильностью геометрической формы, неизменностью ее при действии движений и отражений [2], рассматривается всеми естественными науками. В физике, химии и биологии различают симметричные и ассиметричные объекты [12]. В курсах органической химии, биохимии, биоорганической химии, неорганической химии (комплексные соединения) подробно изучается зеркальная изомерия, явление хиральности, так как практически все биологически активные объекты и биополимеры существуют в виде ассиметричных зеркальных изомеров.

Наиболее общим понятием, характеризующим развитие природы, является самоорганизация, исследуемая такими науками, как термодинамика необратимых процессов, синергетика [18]. Идея самоорганизации лежит в основе гипотезы о химической эволюции, основанной на самоорганизации открытых каталитических систем [16], и объясняет протекание автоколебательных химических реакций.

Подробно рассмотренный в физике принцип относительности тесно связан с понятием пространства и времени. Эти категории являются неотъемлемыми свойствами материи [18] и широко используются в химии, биологии, геологии и космологии.

Если общие принципы и понятия естествознания в той или иной степени представлены в учебной и научно-популярной литературе, то универсальные физические постоянные рассматриваются только в физике и частично, без должного анализа их сущности, применяются в химии: постоянная Авогадро (N_A), молекулярная постоянная (R), постоянная Планка (h) и Больцмана (k). Фундаментальные физические константы формируют химические и биологические аксиомы и своеобразные характеристики, которые следует рассматривать как биологические константы [19]. В качестве химической «константы» предлагается время жизни активированного комплекса (переходного состояния):

$\tau = \frac{h}{kT} \approx 10^{-13} \text{ с}$. В качестве фундаментальных биологических констант

предлагается использовать минимальную энергию осуществления мутаций (2,5–3,0 эВ) и эффективное расстояние осуществления мутаций (10^{-9} м) [19]. Применение универсальных постоянных для количественных характеристик основных понятий химии (активированный комплекс) и биологии (мутация) является доказательством возможности интеграции естественных наук не только в качественном аспекте, но и на количественной основе.

Содержание вышерассмотренного направления интеграции естественных наук может быть представлено в виде спецкурса «Основные принципы (концепции) естествознания в химии. Особенности проявления» и (или) включено в виде фрагментов в курсы физической, органической, биологической

химий, геохимии и др. Более конкретные вопросы могут стать темами курсовых и дипломных работ.

2. В теоретической химии можно выделить три общих раздела (типы теорий по содержанию) [8]: структурный (учение о структуре объектов), термодинамический (учение о взаимопревращении энергии), кинетический (учение о протекании процессов во времени). В физике подробно и на количественном уровне изучаются элементарные частицы, строение атома, ядра атома (атомная и ядерная физика), а также структура жидкостей, твердых тел, жидких кристаллов и биополимеров. В химии и биологии широко используются достижения современной физики по исследованию структуры вещества, полученные с применением сложной экспериментальной техники. В химии (структурная химия, структурный анализ, стереохимия, кристаллохимия, супрамолекулярная химия) решаются задачи не только установления структуры вещества, но и установление зависимости свойств веществ от их структуры. Традиционно в учебной литературе рассматривается зависимость химических свойств веществ от строения, частично анализируется влияние строения на физические свойства и практически не обсуждается взаимосвязь структуры и физиологических (экологических, биологических) свойств неорганических и органических веществ. Нам представляется необходимым при изучении неорганической, органической и биоорганической химии рассматривать влияние структуры на физические, химические (реакционноспособность) и физиологические свойства (токсичность, биологическая активность) веществ, привлекая по возможности количественный подход (уравнение Гамета [6] и эмпирические соотношения [4]).

При изучении химической термодинамики в курсе физической химии традиционно опираются на достижения классической термодинамики (основы которой заложены в физике). На наш взгляд, совершенно необоснованно игнорировать другие разделы: статистическую термодинамику [20], позволяющую рассчитать термодинамические функции по характеристикам микросостояний и термодинамику необратимых процессов [18], рассматривающую решение проблемы самоорганизации и эволюции в биологических системах [11].

Кинетические теории охватывают широкий спектр учения о процессах, протекающих во времени, от физической кинетики (уравнение Максвелла, Смолуховского – Форера, Планка, теория кинетики быстрой коагуляции М. Смолуховского) до фармакинетики и проблем биологической кинетики. Традиционно в химической кинетике выделяют разделы формальной кинетики и учение о механизмах реакций. В разделе кинетики следует излагать вопросы динамики химических реакций и макрокинетики. С химической и биологической кинетикой тесно связано учение о химической (предбиологической) эволюции как совокупности процессов от появления простейших химических соединений до сложных биологических систем [9].

Основные положения и количественные закономерности вышеперечисленных разделов закладываются в физике, но находят широкое применение и развитие в химических науках и рассматриваются в биологии.

Число часов, отведенное на изучение физической химии в педвузах, не позволяет рассматривать все вышеперечисленные вопросы и тем самым фор-

мировать современные представления об интеграции фундаментальных естественных наук. Поэтому мы считаем целесообразным введение в конце обучения студентов спецкурса «Избранные главы физической химии», где и можно решать поставленные задачи.

3. На базе структурных, термодинамических и кинетических теорий возникают эмпирические (экспериментальные) и теоретические физико-химические методы исследования, которые широко используют практически во всех естественных науках, включая геологию, космологию, астрохимию, космохимию и др. Между теорией и методами существует сложная обратная связь: теория – основа метода, методы – способ опровержения старых теорий и опора в становлении новых.

При изучении химии учащиеся знакомятся с методами химического качественного анализа (качественные реакции на ионы, функциональный анализ в органической химии) и синтеза – неорганического и органического (сначала в пробирочном, а затем в препаративном варианте). В курсе аналитической химии студенты овладевают химическим количественным анализом (гравиметрия, титриметрия), затем инструментальным физико-химическим анализом, основы которого закладываются в курсе физической химии (кондуктометрия, потенциометрия, хроматография, спектроскопия и др. методы).

4. Интеграция естественных наук, проявляющаяся в их взаимодействии, имеет достаточно интересную и большую историю подробно рассмотренную в работе [17]. Взаимодействие и взаимопроникновение естественных наук проходит не только в общем процессе развития естествознания, но и в сознании отдельных ученых. Способность исследователя осваивать факты, идеи и методы различных наук и вносить свой вклад в эти науки называют энциклопедичностью. Энциклопедистами можно считать Р. Бойля, Г. Кавендиша, Д. И. Менделеева, В. И. Вернадского, С. Аррениуса, Л. Полинга и др. Вопросы, связанные со становлением и развитием энциклопедичности ученых уместно обсуждать и анализировать в спецкурсе «Истории химии», а также в курсовых и дипломных работах.

5. Предпосылки формирования представлений об интеграции естественных наук частично заложены в учебных планах, программах и перечнях спецкурсов, предлагаемых кафедрами химии педвузов. Курсы и спецкурсы физической и коллоидной химии, биохимии, биоорганической химии, биофизической химии, геохимии, химической технологии, физико-химического (инструментального) анализа, физической органической химии, истории химии, агрохимии и др. позволяют обстоятельно познакомить студентов с различными формами, способами и направлениями интеграции естественных наук [6, 13, 14].

В последнее время большое внимание уделяется наукам, решающим экологические проблемы. Прежде всего следует отметить экологическую химию, в которой для решения экологических проблем привлекаются теории, основные понятия и методы физики, химии и биологии.

Использование интеграционного подхода при изучении химии в педагогическом вузе является, по нашему мнению, необходимой составляющей учебного процесса, позволяющей подготовить высококвалифицированного и всесторонне развитого учителя химии, хорошо ориентирующегося не только в содержании своей узкой предметной области, но и в содержании других фунда-

ментальных естественных наук. Предложенный подход, при определенной корректировке содержательной части, может быть использован при подготовке учителей естественников других специальностей (физика, биология, география).

Литература

1. Ахметов Н. С. Общая и неорганическая химия. – М.: Высшая школа, 1981.
2. Большая Советская Энциклопедия. В 30 т. Т. 23. / Гл. ред. А. М. Прохоров. Изд. 3-е. – М.: Сов. Энцикл., 1976. – С. 391.
3. Васильева П. Д., Титова И. М. Интеграция естественнонаучного образования школьников на основе синергетического подхода. // Наука и школа, 2003. – № 5. – С. 10–12.
4. Викторов М. М. Методы вычисления физико-химических величин и прикладные расчеты. – Л.: Химия, 1972.
5. Вязовкин В. С. Материалистическая философия и химия. – М.: Мысль, 1980.
6. Гаммет Л. Основы физической органической химии. – М.: Мир, 1972.
7. Голиков Г. А. Руководство по физической химии. – М.: Высшая школа, 1981.
8. Зайцев О. С. Общая химия. Состояние вещества и химические реакции: Учеб. пособие для вузов. – М.: Химия, 1990. – С. 6.
9. Кальвин М. Химическая эволюция. – М.: Мир, 1971.
10. Кузнецов В. И., Идлис Г. М., Гутина В. Н. Естествознание. – М.: Агар, 1996.
11. Николис Г., Пригожин И. Самоорганизация в неравновесных системах. – М.: Мир, 1979. – 512 с.
12. Олехнович Л. П. Многообразие строения и форм молекул органических соединений // Соросовский образовательный журнал, 1997. – № 2.
13. Овчинников Ю. А. Биоорганическая химия. – М.: Просвещение, 1987.
14. Пасынский А. Г. Биофизическая химия. – М.: Высшая школа, 1968.
15. Пахомов Б. Я. Становление современной физической картины мира. – М.: Мысль, 1985.
16. Руденко А. П. Самоорганизация и прогрессивная эволюция в природных процессах и аспекты концепции эволюционного катализа // Российский химический журнал, 1995. – № 2(39). – С. 55.
17. Соловьев Ю. И., Курашов В. И. Исторический процесс взаимодействия естественнонаучных знаний. – М.: Наука, 1989.
18. Физический энциклопедический словарь. – М.: Большая Российская энциклопедия, 1995.
19. Хапачев Ю. П. Фундаментальные константы химии и биологии // Российский химический журнал, 2000. – № 3(44). – С. 3.
20. Эткинс П. Физическая химия. Т. 2. – М.: Мир, 1980.