УДК 371.315(045)

***ТАСКАЕВА Любовь Григорьевна**, кандидат педагогических наук, доцент кафедры химии института естественных наук и биомедицины Северного (Арктического) федерального университета имени М.В Ломоносова. Автор 60 научных публикаций, в т.ч. 10 методических пособий*

***ЧАГИНА Наталья Борисовна**, кандидат технических наук, доцент кафедры химии института естественных наук и биомедицины Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова. Автор 28 научных публикаций, в т.ч. 8 методических пособий*

ПРОБЛЕМА ИЗУЧЕНИЯ СТРУКТУРНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ВЕЩЕСТВА В КОНЦЕНТРИЧЕСКОМ КУРСЕ ХИМИИ СРЕДНЕЙ ШКОЛЫ (на примере ядерного уровня)

В статье описан принцип построения школьного курса химии на основе анализа структур разных уровней строения вещества, показе преемственности их развития и усложнения форм организации. Предложенная методика изучения ядерного уровня организации вещества в курсе О.С. Габриеляна создает возможности для усвоения учащимися системного метода анализа химических объектов, что способствует развитию их творческого мышления.

***Ключевые слова:** химическая система, структура дисциплины, уровни организации вещества, ядерный уровень, учебный процесс.*

Формированию творческого химического мышления учащихся способствует построение курса химии на основе системного представления объекта химической науки – вещества и процесса его превращения. Этот подход состоит в переносе объекта изучения (вещество и реакция) на систему и структуру содержания учебной дисциплины. Вещество представляет собой материю, организованную в различных структурных уровнях и рассматривается как система, состоящая из ряда элементов иерархически включенных друг в друга в соответствии с различными уровнями его организации: элементарная частица, ядро, атом, молекула, коллоидная частица, фаза. Основная идея этого подхода состоит в анализе структур разных уровней строения вещества, показе преемственности их развития и непрерывного усложнения форм организации. Расположение учебного материала может отражать иерархию уровней организации вещества и его химическую эволюцию. Это создает возможности для усвоения системного метода анализа химических объектов и их многостороннего обсуждения с привлечением сведений из теории строения вещества, относящихся к различным уровням его организации[1].

В настоящее время школьные курсы химии построены по концентрическому принципу, который предусматривает поэтапное изучение

© Таскаева Л.Г., Чагина Н.Б., 2012

материала с периодическим возвращением к пройденному, но уже на более высоком уровне, при этом первоначально усвоенные знания включаются в последующий материал, а не отвергаются как утратившие силу (что иногда наблюдается при линейном способе). Переходя от концентра к концентру, учащиеся не переучиваются, а расширяют свои знания о данном понятии, явлении. При этом авторы школьных программ и учебников обычно не уделяют внимания иерархии структурных уровней организации вещества, поэтому учащиеся путают уровни организации вещества, не различают атом и ядро, ядерные частицы и частицы вещества, элемент и вещество, химический элемент и простое вещество и т. д.

Так, анализ курса химии О.С. Габриеляна позволяет сделать вывод об иной последовательности изучения уровней химической организации вещества: атомы → ядро атома (элементарные частицы протоны и нейтроны) → электроны (элементарные частицы). Материал о ядерной организации вещества рассматривается в двух концентрах и на двух уровнях: первый концентр – 8-й класс, тема 1 «Атомы химических элементов» – базовый уровень представления материала; второй концентр – 11-й класс, тема 1 «Строение атома» – профильный уровень[2].

Сравнение системы знаний о ядерной организации вещества в двух концентрах позволяет сделать вывод о значительном расширении и приращении знаний в профильном курсе химии по сравнению с базовым (см. *таблицу*). В 8-м классе ядерный уровень организации вещества рассмотрен в учебнике химии в главе «Атомы химических элементов» в двух параграфах. В § 6 присутствует первое упоминание о строении ядра и радиоактивности химических элементов. В этом же параграфе находим основные характеристики элементарных частиц; определение массового числа: «Сумму чисел протонов и нейтронов называют массовым числом», и объяснение, как определять сумму протонов и сумму нейтронов: «…Масса атома складывается из массы протонов и нейтронов».

Зная порядковый номер элемента (Z), т. е. число протонов, и массовое число (A), равное сумме чисел протонов и нейтронов, можно найти число нейтронов (N) по формуле: $N = A - Z$. В следующем параграфе вводятся понятия о ядерных реакциях и изотопах: «…Если изменить число протонов в ядре, т. е. заряд атомного ядра, то из исходного элемента получатся совсем другие химические элементы. Такие процессы называют ядерными. Если же, не изменяя число протонов в атоме химического элемента, т. е. заряд ядра, изменить число нейтронов, то можно предположить, что положение химического элемента в таблице Д.И. Менделеева не изменится, т. е. из исходного химического элемента не образуется нового химического элемента. Это будет все тот же химический элемент, но его атомы будут

СИСТЕМА ПОНЯТИЙ О ЯДЕРНОМ УРОВНЕ ОРГАНИЗАЦИИ ВЕЩЕСТВА В КУРСЕ ХИМИИ О.С. ГАБРИЕЛЯНА[3]

Концентр	Класс	Уровень	Ядерный уровень организации вещества
1	8	Базовый	Состав атомных ядер: протоны и нейтроны. Относительная атомная масса. Взаимосвязь понятий «протон», «нейтрон», «относительная атомная масса». Изменение числа прот+онов в ядре атома – образование новых химических элементов. Изменение числа нейтронов в ядре атома – образование изотопов. Современное определение понятия «химический элемент». Изотопы как разновидности атомов одного химического элемента
2	11	Профильный	Состав атомного ядра. Нуклоны. Изотопы и нуклиды. Устойчивость ядер. Радиоактивный распад и ядерные реакции. Уравнения реакций на основе общих для квантовой и классической механики законов сохранения энергии, массы, заряда и импульса

отличаться от исходных своей массой. Разновидности атомов одного и того же химического элемента, имеющие одинаковый заряд ядра, но разное массовое число, называются изотопами…». Далее следуют расшифровка термина «изотоп», примеры изотопов элементов углерода, хлора, водорода, объяснение (на примере хлора) дробного значения относительной атомной массы элемента, определение понятия химического элемента как совокупности атомов с одинаковым зарядом ядра.

На наш взгляд, целесообразно при изучении данного материала сопоставить понятия изотоп, изотон и изобар, сравнить их определения и с помощью специальных упражнений научить учащихся отличать данные разновидности атомов. Изотопы – это атомы элемента, содержащие одинаковое число протонов, но разное число нейтронов ($^{1}_{1}H$;$^{2}_{1}H$;$^{3}_{1}H$). Изобары – это атомы, имеющие одинаковое массовое число, но разное число протонов ($^{40}_{18}Ar$ и $^{40}_{19}K$). Изотоны – это атомы, имеющие разные массовые числа и число протонов, но одинаковое число нейтронов ($^{14}_{6}C$ и $^{15}_{8}N$).

Изучение ядерного уровня организации вещества в курсе химии дает возможность показа взаимосвязей уровней организации вещества, изучаемых различными науками. В курсе физики формируются понятия «радиоактивность», «радиоактивный элемент» и «радиоактивное вещество». Радиоактивность – процесс самопроизвольного превращения нестабильных атомов одного элемента в стабильные атомы другого элемента с испусканием ионизирующего излучения. Радиоактивный элемент – химический элемент, все изотопы которого радиоактивны, или элемент, который не имеет стабильных изотопов. Радиоактивное вещество – вещество, которое содержит радиоактивный элемент или радиоактивный изотоп нерадиоактивного элемента. Реализация межпредметных связей с курсом физики дает возможность еще раз сравнить понятия «химический элемент» и «вещество» (радиоактивный элемент и радиоактивное вещество), подчеркнуть иерархию уровней организации вещества.

В 11-м классе данная информация расширяется за счет исторических сведений об истории открытия сложной структуры атома (§ 3), о моделях атома, предложенных учеными в начале XX века до открытия нейтрона, о модели атома Н. Бора и истории создания квантовой механики. В § 4 учебника дается характеристика нейтрона и протона с позиции корпускулярно-волновых представлений о природе элементарных частиц. Вводится закон Мозли, понятия «нуклон» и «нуклид», «изобар» и «изотоп». При этом нуклидами «…называют различные виды атомов; изобарами – нуклиды различных химических элементов, имеющие одинаковые массовые числа, изотопами – нуклиды одного и того же химического элемента с разными массовыми числами …»[4]. Такие определения нам представляются не совсем точными. Правильнее данный материал в курсе 11-го класса изложить следующим образом: согласно модели Бора–Резерфорда, атомы состоят из ядер и расположенных вокруг них электронов; ядра атомов (нуклиды) состоят из нуклонов, которые, по представлениям Иваненко и Гейзенберга, могут существовать в двух состояниях – протона и нейтрона; протон несет на себе положительный заряд $+1{,}602\cdot10^{-19}$ Кл, который равен по модулю, но противоположен по знаку заряду электрона – $-1{,}602\cdot10^{-19}$ Кл; таким образом, количество протонов в ядре совпадает с количеством электронов на электронных оболочках, порядковым номером элемента в Периодической системе и зарядом ядра атома Z. Масса покоя протона составляет $m_p = 1{,}673\cdot10^{-27}$ кг. Нейтрон электронейтрален, но его масса несколько выше, чем масса протона и составляет $m_n = 1{,}675\cdot10^{-27}$ кг. Масса покоя электрона составляет $9{,}109\cdot10^{-31}$ кг. Масса покоя электрона в 1836 раз меньше массы покоя протона, поэтому практически вся масса атома сосредоточена в его ядре. Количество нейтронов N дополняет количество протонов до величины массового числа: $N + Z = A$. В свободном состоянии нейтрон нестабилен (радиоактивен). Он самопроизвольно распадается, превращаясь в протон, испуская электрон и антинейтрино (частицу, имеющую нулевую массу покоя):

$n \rightarrow p + e^- + \tilde{\upsilon}$. Образование атомного ядра из нуклонов происходит с выделением энергии связи $\Delta E_{св}$, поэтому действительная масса ядра $m_я$ всегда меньше суммы масс составляющих это ядро нуклонов. Энергия уносится с частицей массы в соответствии с уравнением Эйнштейна $\Delta E_{св} = \Delta mc^2$, где c – скорость света в вакууме. Чем выше значение энергии связи, тем более стабильным (устойчивым к процессу радиоактивного распада) будет нуклид. Величина Δm называется дефектом массы. Эта величина, которая эквивалентна энергии, выделяющейся при образовании ядра: $\Delta m = (Zm_p + Nm_n) - m_я$. Взаимодействие между нуклонами в ядре весьма высоко, т. к. оно компенсирует электростатическое отталкивание протонов и поэтому называется сильным. Свойства ядерных сил (сил сильного взаимодействия) характеризуются: короткодействием (на расстояниях 10^{-15} м); зарядовой независимостью; насыщением[5].

При изучении курса химии на профильном уровне для усиления всестороннего анализа исследуемого объекта – атомного ядра возможно познакомить учащихся с моделями, описывающими процессы, происходящие в ядре. Капельная теория описывает процессы, происходящие в возбужденном ядре; согласно ей, нуклоны в ядре взаимодействуют между собой, как молекулы в капле жидкости. Оболочечная теория описывает невозбужденное ядро. В ядре существуют системы энергетических уровней для протонов и для нейтронов. Эти уровни заполняются независимо друг от друга. Для этих систем вводятся свои правила квантования. Стабильными называются ядра, энергетические уровни которых заполнены полностью.

Демонстрация преемственности развития и непрерывного усложнения форм организации вещества становится возможной при сравнении ядерных процессов с химическими. Материал учебника О.С. Габриеляна о ядерных реакциях целесообразно дополнить информацией о способах записи ядерных процессов в сравнении с разными видами химических уравнений; о сравнении скорости их протекания и классификации. Ядерные процессы записываются, как и химические реакции, с помощью уравнений, в которых соблюдаются законы сохранения массы, заряда, энергии и импульса.

Существуют полная и сокращенная форма записи ядерного процесса:

$^{10}_{5}B + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{7}_{3}Li + \alpha$ $^{10}B(^{1}_{0}n; \alpha)^{7}Li$ (ядерная реакция),

$^{32}_{15}P \rightarrow ^{32}_{16}S + e^-$ $^{32}P(-; \beta^-)^{32}S$ (радиоактивный распад).

Интенсивность протекания ядерного процесса (процесса радиоактивного распада), как и химического, оценивается через скорость. Если в случае химической реакции речь идет об изменении концентрации реагирующих веществ или продуктов реакции в единицу времени: $\upsilon = \pm dc/d\tau$, то скорость распада оценивается через изменение количества ядер распадающегося элемента за единицу времени: $\pm dN/d\tau$, и эту величину принято называть активностью образца A. Активность вещества в системе СИ измеряется в беккерелях (*Бк*). Один беккерель означает один распад в секунду.

Классификация ядерных процессов, как и химических реакций, разнообразна. Ядерные реакции по тепловому эффекту, как и химические, могут быть как экзо-, так и эндотермическими: $p + ^{7}_{3}Li \rightarrow 2\alpha + 17$ МэВ; $2\alpha \rightarrow p + ^{7}_{3}Li - 17$ МэВ, но процесс радиоактивного распада всегда протекает с выделением энергии. Ядерные реакции различаются по роду участвующих частиц: нейтронов, протонов, альфа-частиц, гамма-квантов и т. д.; по энергии – при малых энергиях (10 эВ – 10 кэВ), при средних энергиях (100 кэВ – 10 МэВ), при высоких энергиях (100 МэВ и выше); по роду участвующих в них ядрах: на легких ядрах (A<50), на средних ядрах (50<A<100), на тяжелых ядрах (A>100).

Таким образом, предложенная методика изучения ядерного уровня организации вещества в курсе О.С. Габриеляна создает возможности для усвоения учащимися системного метода анализа химических объектов, что способствует развитию их творческого мышления[6]. Творческое мышление понимается в психологии как компонент творческой деятельности, выполняющий в ней определенные функции. В процессе любой

творческой деятельности человеку приходится совершать определенные виды мыслительной работы, пользоваться теми или иными законами логики, использовать методы и приемы системного анализа изучаемых объектов и процессов. Кроме того, усвоение знаний о веществе как виде материи, организованной в различных структурных уровнях, рассмотрение вещества как системы, состоящей из ряда элементов, иерархически включенных друг в друга в соответствии с различными уровнями его организации, позволит реализовать в процессе обучения основную цель общего химического образования – формирование единой естественнонаучной картины мира, составной частью которой является химическая картина природы.

Примечания

[1] *Зайцев О.С.* Методика обучения химии: теоретический и прикладной аспекты: учебник для студ. высш. учеб. заведений. М., 1999.
[2] *Габриелян О.С.* Химия. 8 класс: учебник для общеобразоват. учреждений. 10-е изд., перераб. М., 2005.
[4] *Габриелян О.С., Лысова Г.Г.* Химия 11 класс: учебник для общеобразоват. учреждений. М., 2004.
[5] *Трофимова Т.А.* Курс физики: учеб. пособие для вузов. М., 2000.
[6] *Калошина И.П.* Психология творческой деятельности: учеб. пособие для вузов. 2-е изд. М., 2007.

Taskaeva Liubov Grigoryevna
Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov,
Institute of Natural Sciences and Biomedicine
Chagina Natalia Borisovna
Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov,
Institute of Natural Sciences and Biomedicine

THE PROBLEM OF STUDYING THE STRUCTURAL ORGANIZATION OF SUBSTANCE IN A CONCENTRIC CHEMISTRY COURSE IN THE SECONDARY SCHOOL AS EXEMPLIFIED BY THE NUCLEAR LEVEL

The article describes the principle of forming a school course in chemistry based on the analysis of structures of different levels of substance structure and showing the continuity of their development and growing complexity of organization forms. The proposed method of studying the nuclear level of substance organization in O.S. Gabrielyan's course makes it possible for students to master the system method of analysis of chemical objects, which helps develop their creative thinking.

***Key words**: chemical system, discipline structure, levels of substance organization, nuclear level, teaching process.*

Контактная информация:
Таскаева Любовь Григорьевна
e-mail: TaskaevaLG@yandex.ru
Чагина Наталья Борисовна
e-mail: chaginan26@mail.ru

Рецензент – *Шабанова М.В.,* доктор педагогических наук, профессор кафедры методики преподавания математики института математики, информационных и космических технологий Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова