

УДК 546:378.662.147.88

САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА СТУДЕНТОВ ПРИ ИЗУЧЕНИИ НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ

Стась Н.Ф.

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

Самостоятельная работа студентов является основным видом учебных занятий в университетах. В Томском политехническом университете при изучении общей и неорганической химии самостоятельная работа студентов организуется выполнением индивидуальных домашних заданий, которые содержат расчётные задачи, упражнения и теоретические вопросы. При разработке комплекта этих заданий решены общие проблемы прикладной педагогики. Определена последовательность изучения дисциплины: вначале изучается сложная химия *p*-элементов, после которой идёт изучение химии металлов. Выработано оптимальное соотношение расчётных задач (40%), упражнений (40%) и теоретических вопросов (15%). Разработаны две классификации расчётных задач: по форме (прямые, обратные, комбинированные, межпредметные) и по содержанию; вторая классификация соответствует содержанию неорганической химии и состоит из 20 типов задач. Предложено оптимальное для технических университетов общее число задач, упражнений и вопросов в домашнем задании (50) и распределение по элементам содержания неорганической химии. Все расчётные задачи имеют ответы, а упражнения и теоретические вопросы – рекомендации по проработке необходимого теоретического материала. Комплект задач, упражнений и вопросов для индивидуальных домашних заданий издан в качестве учебного пособия с рекомендательным грифом учебно-методического объединения по химической технологии и биотехнологии.

Ключевые слова: технические университеты, самостоятельная работа студентов, неорганическая химия; домашнее задание, классификация задач, форма и содержание

STUDENT'S SELF-GUIDED WORK DURING THE STUDYING INORGANIC CHEMISTRY

Stas N.F.

National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk, e-mail: stanif@mail.ru

Student's self-study is the main type of studies in universities. During the studying of general and inorganic chemistry in Tomsk Polytechnic University student's self-study is organized by doing the home task, which includes calculation tasks, exercises and theoretical issues. General problems of applied pedagogy were solved during the developing of set of this exercises. The sequence of studying discipline was determined: complex chemistry of *p*-elements is studying at first, after which there is a study of the chemistry of metals. The optimal correlation of calculation tasks (40%), exercises (40%) and theoretical issues (15%) was chosen. Two classifications of calculation tasks were developed: in form (direct, inverse, combined, intersubject) and in content; the second classification corresponds to the content of inorganic chemistry and consist of 20 types of tasks. The optimal number of tasks, exercises and theoretical issues in home task (50) and distribution by content elements of inorganic chemistry for the technical universities was suggested. All of calculation tasks have answers; exercises and theoretical issues have recommendations about studying of necessary theoretical information. The series of tasks, exercises and theoretical issues for the individual home tasks was published as a study guide with the recommendatory stamp of academic association of the chemical technology and biotechnology.

Keywords: technical universities, student's self-study, inorganic chemistry, home task, classification task, form and content

Важнейшим принципом организации учебного процесса в вузе является приоритет самостоятельной работы студентов. Китайская мудрость гласит: «Расскажи мне – и я забуду, покажи мне – и я запомню, дай мне сделать самому – и я буду уметь». Знаменитый математик, физик и астроном Леонард Эйлер говорил: «Когда задачу решает другой – всё ясно, когда решаешь сам – ничего не выходит». Студенты должны много и упорно работать над учебным материалом самостоятельно, но, как говорил своим коллегам один из лучших лекторов Московского университета профессор А.П. Минаков: «Заставить студентов работать самостоятельно очень трудно» [3].

Многoletний опыт (более 40 лет) преподавания автором этой статьи общей и не-

органической химии в техническом университете свидетельствует о том, что по этой дисциплине студенты, кроме аудиторных занятий (лекции, практические занятия, лабораторные работы), должны выполнять домашнее задание. Мы давно отказались от общих для всей студенческой группы домашних заданий и выдаём каждому студенту индивидуальное домашнее задание (ИДЗ) на весь семестр, которое он выполняет и предъявляет на проверку частями по мере изучения разделов дисциплины по заранее установленному графику.

Для формирования вариантов ИДЗ разработан комплект заданий (расчётных задач, упражнений и вопросов), общее число которых 1590. При его создании предварительно была выработана концепция пре-

одоления основных методических проблем, с которыми сталкиваются авторы сборников задач по неорганической химии:

- 1) порядок изучения дисциплины;
- 2) соотношение расчётных задач, упражнений и теоретических вопросов;
- 3) типы расчётных задач;
- 4) широта и глубина охвата изучаемого материала;
- 5) трудность заданий;
- 6) наличие в заданиях элементов обучения;
- 7) порядок использования справочного материала;
- 8) способ представления ответов.

Комплект разработанных заданий издан в качестве учебного пособия [6]. Он состоит из девяти глав, ответов и списка учебной литературы для самостоятельной работы студентов, в котором указано 23 учебника или учебных пособий, 13 задачников, 17 лабораторных практикумов и 10 справочников. Такой обширный список учебной литературы позволяет студентам работать самостоятельно в любой научно-технической библиотеке. Указанное пособие входит в основную часть учебно-методического комплекса кафедры общей и неорганической химии Томского политехнического университета [8]. Оно отражает методику обучения студентов химико-технологических направлений и специальности ТПУ по дисциплине «Общая и неорганическая химия», точнее, по её второй части – химии элементов.

Порядок изучения дисциплины

Химию элементов наши студенты изучают во втором семестре после изучения (в первом семестре) общей химии. Но после зимних каникул наблюдается некоторая «опустошенность» студентов, поэтому мы начинаем второй семестр с повторения основных закономерностей периодической системы: основно-кислотные свойства оксидов и гидроксидов в связи с положением элементов в периодической системе, закономерности окислительно-восстановительных реакций при взаимодействии простых веществ с кислотами, щелочами и водой, закономерности гидролиза солей. Этим вопросам, а также распространенности элементов в природе посвящена первая глава задачника.

По традиции, идущей от первых преподавателей неорганической химии в Томском политехническом университете профессоров Д.И. Турбабы и Я.И. Михайленко, изучение химии элементов начинается с водорода. После этого студенты изучают *p*-элементы в порядке, обратном их расположению в периодической системе: галогены, халькогены, главные подгруппы пятой, четвёртой и тре-

тью группы. При такой последовательности наиболее сложный материал изучается в первой половине семестра («на свежую голову»), в зимние месяцы, когда умственная работа более результативна и меньше отвлекающих коллизий.

Во второй половине семестра изучаются *s*-элементы и химия *d*-элементов. В связи с тем, что *d*-элементы имеют ряд общих свойств, закономерно изменяющихся в периодах, вначале рассматриваются эти общие свойства. Специфические свойства *d*-элементов рассматриваются по подгруппам в порядке их расположения в периодической системе, т.е. начиная с подгруппы скандия и заканчивая подгруппой цинка. При этом *d*-элементы восьмой группы подразделяются, как это принято в большинстве учебных пособий, на два «семейства» – железа и платины. В конце семестра изучается химия *f*-элементов и благородные газы.

Соотношение задач, упражнений и вопросов

Соотношение расчётных задач и упражнений в задачнике должно быть оптимальным, способствующим максимальной эффективности самостоятельной работы студентов, но в методическом плане этот вопрос не проработан и рекомендации в теории высшего профессионального образования отсутствуют. Поэтому доля расчётных задач в известных учебных пособиях по неорганической химии отличается в очень широких пределах: 10% [5], 35% [4] и даже 70% [1]. По-разному относятся авторы пособий к включению в свои задачники теоретических вопросов: их доля составляет около 2% [1], примерно 25% [4] и около 70% [5]. Наше пособие предназначено для студентов *химико-технологических* специальностей *технического* университета, поэтому в нём преобладают расчётные задачи (40%) и упражнения (45%); но теоретические вопросы также необходимы: они составляют около 15%.

Типы расчётных задач

Расчётные задачи, навыками решения которых должны овладеть студенты химико-технологических специальностей при изучении современной неорганической химии, разнообразны как по содержанию, так и по форме.

Классификация по содержанию включает 20 типов задач.

1. Вычисление атомной массы элемента по его изотопному составу.

2. Стехиометрические расчеты по формулам соединений.

3. Расчёты по уравнениям реакций и закону эквивалентов.

4. Вычисление характеристик газов и газовых смесей.

5. Разнообразные термодимические расчёты.

6. Расчёты энтропии и энергии Гиббса реакций для определения направления их самопроизвольного протекания.

7. Вычисление констант равновесия и выхода продуктов обратимых реакций.

8. Расчёты, иллюстрирующие закон действующих масс для скорости реакций.

9. Расчёты по влиянию на скорость реакций температуры (уравнение Аррениуса, правило Вант-Гоффа) и катализаторов.

10. Расчёты, связанные с использованием окислительно-восстановительных потенциалов.

11. Задачи на растворимость веществ и произведение растворимости.

12. Расчёты, связанные с приготовлением растворов.

13. Переходы между способами выражения концентрации растворов.

14. Определение концентрации раствора по результатам титрования.

15. Стехиометрические расчёты, осложнённые нахождением реагентов в растворах.

16. Задачи на коллигативные свойства растворов неэлектролитов.

17. Вычисление количественных показателей электролитической диссоциации и свойств растворов электролитов.

18. Вычисление количественных показателей гидролиза солей.

19. Определение электродвижущей силы гальванических элементов.

20. Расчёты процессов электролиза.

Обычно в задачниках по неорганической химии наиболее полно и в ущерб другим типам представлены задачи на стехиометрию реакций и концентрацию растворов. В нашем пособии стехиометрические и концентрационные расчёты также представлены в большом числе, но не в ущерб другим типам задач.

Расчётные задачи по химии целесообразно классифицировать по *форме* на прямые, обратные, комбинированные и с межпредметными связями [7]. Прямыми мы называем задачи, решаемые подстановкой величин, представленных в условии задачи, в известную формулу, которая является математическим выражением химического закона или определения. В обратных задачах искомая величина находится в правой части соответствующего математического выражения, и её необходимо вначале представить в явном виде с помощью преобразований этого выражения. В данном пособии преобладают прямые и обратные задачи, часто усложнённые приближением

их к практическим задачам, которые приходится решать инженерам-химикам в своей профессиональной деятельности.

Комбинированные задачи объединяют материалы двух-трех тем дисциплины. Такие задачи вызывают у студентов повышенный интерес. Поэтому в каждой следующей главе данного пособия комбинированных задач становится больше, так как в них используется материал предыдущих глав.

В начале столетия мы стали вводить в учебный процесс расчетные задачи и упражнения, которые отражают связь химии с другими дисциплинами. Но в данном пособии таких задач пока немного, поскольку они изданы отдельным сборником [2].

Упражнения и теоретические вопросы

Упражнения, выполнение которых возможно после проработки соответствующих теоретических элементов содержания дисциплины, отражают следующий материал.

1. Формулы и названия химических соединений и минералов.

2. Ядерные реакции.

3. Закономерности изменения свойств атомов, элементов и однопипных соединений в соответствии с расположением элементов в периодической системе.

4. Определение валентных «возможностей» элементов по электронным формулам атомов.

5. Объяснение механизма образования химической связи в молекулах и ионах, а также их пространственно-геометрического строения.

6. Межмолекулярные взаимодействия.

7. Кристаллическое строение твёрдых веществ.

8. Уравнения основно-кислотных реакций и определение направления их протекания сравнением произведений растворимости и констант диссоциации реагентов и продуктов.

9. Уравнения окислительно-восстановительных реакций и определение направления их протекания сравнением окислительно-восстановительных потенциалов полуреакций окисления и восстановления.

10. Формулы и названия комплексных соединений, химическая связь в комплексах, их строение, магнитные свойства и окраска, «поведение» в растворах.

11. Влияние внешних условий на направление смещения химического равновесия обратимых реакций (принцип Ле Шателье).

12. Кинетические характеристики реакций (тип, молекулярность, кинетический порядок).

13. Схемы электролитической диссоциации электролитов.

14. Сопоставление кислот и оснований по их силе.

15. Уравнения гидролиза соединений, способы усиления и подавления гидролиза.

16. Токообразующие реакции в химических источниках электроэнергии.

17. Электродные процессы и химические реакции при электролизе различных соединений.

Теоретические вопросы в чистом виде, в которых не требуется выполнение упражнения, относятся в основном к распространённости химических элементов, строению атомов и молекул, закономерностям изменения свойств однотипных соединений, а также получения и применения наиболее важных соединений.

Особенности содержания заданий

Неорганическая химия охватывает огромный материал, она фактически беспредельна, так как непрерывно расширяется и углубляется. Её основная практическая задача – получение веществ с заданными свойствами, соответствующих потребностям науки и техники. Желательно, чтобы студент первого курса при изучении неорганической химии «увидел» эту беспредельность дисциплины и усвоил как можно больше информации о химических соединениях: их строении, свойствах, получении и применении. В то же время наиболее значимые для технического прогресса свойства и закономерности должны быть усвоены глубоко и основательно. В связи с этим важно содержание каждого конкретного задания и ответа к нему, объём ИДЗ и доля заданий в нём по каждому элементу содержания дисциплины.

Преподаватели вузов обычно не придают особого значения содержанию задач и упражнений, предполагая, что студентам процесс усвоения знаний интересен уже сам по себе. Действительно, такие студенты есть, но их совсем немного. Кроме них, на первом курсе, на котором обычно изучается химия, значительная часть студентов доверяет преподавателю: если преподаватель что-то требует, следовательно, так надо. Но с каждым новым приёмом в вузах возрастает доля студентов-прагматиков. Они хотят и имеют право знать, почему от них требуется усвоение тех или иных знаний, где они ему понадобятся и в каких источниках информации он может их найти. Поэтому мы вводим в задачи, упражнения и вопросы краткую информацию об их практическом значении, а в ответах – сведения о том, что необходимо знать или какой материал следует проработать.

Принципы формирования ИДЗ

Комплект разработанных заданий предназначен для формирования индивидуальных домашних заданий. Исходя из требований Федерального государственного стандарта, относящихся к химико-технологическим направлениям и специальностям, и времени, выделяемого на изучение дисциплины учебным управлением университета, для каждого студента формируется домашнее задание из 50 задач и упражнений, которые распределены по элементам содержания неорганической химии следующим образом:

- 1) общие закономерности неорганической химии – 5;
- 2) водород и галогены – 5;
- 3) халькогены – 6;
- 4) *p*-элементы V группы – 6;
- 5) *p*-элементы IV группы – 4;
- 6) *p*-элементы III группы – 3;
- 7) *s*-элементы – 4;
- 8) *d*-элементы – 14;
- 9) *f*-элементы – 2;
- 10) благородные газы – 1.

Варианты домашних заданий составляются при помощи компьютера по программе выбора случайных чисел. В программу внесены специальные команды, благодаря которым в соседних вариантах число совпадающих номеров задач и упражнений сведено к минимуму. Компьютеру «запрещено» вносить в один и тот же вариант номера соседних задач, так как в некоторых случаях они отражают одно и то же свойство или один и тот же химический процесс и поэтому близки по содержанию.

Составлено 250 вариантов ИДЗ, что соответствует числу студентов-химиков первого курса в самых крупных общетехнических университетах. При необходимости можно составить любое дополнительное число индивидуальных вариантов, изменить число заданий в варианте и их распределение по элементам содержания.

Задания выдаются студентам в начале семестра, а проверка решений проводится по частям в сроки, устанавливаемые календарным планом занятий.

Особенности формулировок заданий и ответов

Индивидуальное домашнее задание является средством организации и контроля самостоятельной работы студентов при изучении химии, так как студенты выполняют его в свободное от аудиторных занятий время. Самостоятельная работа студентов становится основной формой учебного процесса в вузах. В этой связи мы придаём особое значение тому, чтобы

в задачнике были методически грамотно сформулированы рекомендации по самостоятельному выполнению заданий и использованию учебной литературы. Такие рекомендации имеются в ответах по всем заданиям средней и повышенной трудности, а список литературы содержит ссылки на учебники, учебные пособия, задачники, лабораторные практикумы и справочники (всего 63 источника). Приводим несколько примеров заданий и ответов.

Задание 20. Какие химические элементы называются лёгкими, а какие тяжёлыми? Почему лёгких элементов на Земле больше, чем тяжёлых?

Ответ. Классификация химических элементов на лёгкие и тяжёлые проводится по атомной массе, она отличается от классификации простых веществ (по плотности). Содержание химических элементов на Земле зависит от многих факторов; этому вопросу посвящена статья «Геохимия» в Химической энциклопедии (*приводится № в списке литературы*).

Задание 126. Какая температура возникает при горении водорода в кислороде и где используется пламя этого горения?

Ответ. Сведения об этом процессе имеются в учебнике Б.В. Некрасова «Основы химии» (*приводится № в списке литературы*).

Задание 166. Почему золото, не взаимодействующее с сухим хлором и водой, взаимодействует с влажным хлором? Поэтому хлор перед заполнением им стальных баллонов тщательно осушают. Какие вещества можно использовать в качестве осушителей хлора?

Ответ. Влажный хлор содержит более сильный, чем он сам, окислитель (какой?). Осушитель должен связывать воду (взаимодействовать с водой), но не взаимодействовать с осушаемым газом.

Эти примеры показывают, что ответы в нашем задачнике дают направление самостоятельному поиску, повышают познавательный интерес, способствуют изучению разнообразных источников информации. Этим он отличается от задачника [5], в котором ко всем заданиям приводятся полные ответы, и работа студентов сводится только к их переписыванию. Нашему задачику присвоен гриф УМО по образованию в области химической технологии и биотехнологии как учебному пособию для студентов химико-технологических направлений.

Список литературы

1. Гольбайх З.Е., Маслов Е.И. Сборник задач и упражнений по химии. – М.: Высшая школа, 1997. – 384 с.
2. Икрин В.М., Стась Н.Ф. Междисциплинарные связи химии. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2004. – 102 с.
3. Лишевский В.П. Педагогическое мастерство учёного. О преподавательской деятельности профессора А.П. Минакова. – М.: Наука, 1975. – 120 с.
4. Любимова Н.Б. Вопросы и задачи по общей и неорганической химии. – М.: Высшая школа, 1990. – 315 с.
5. Свиридов В.В., Попкович Г.А., Васильева Г.И. Задачи, вопросы и упражнения по общей и неорганической химии. – Минск: Университетское, 1991. – 350 с.
6. Стась Н.Ф. Задачи, упражнения и вопросы по неорганической химии. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2001. – 169 с.
7. Стась Н.Ф. Классификация расчётных задач по химии // Развитие творческого мышления в образовательном процессе: материалы региональной научно-практической конференции. – Томск, 1997. – С. 26.
8. Стась Н.Ф. Учебный комплекс для преподавания химии в технических университетах // XVIII Менделеевский съезд по общей и прикладной химии (Москва, 23–28 сентября 2007 г.): тезисы докладов в 5 т. – Т. 4. – М.: Граница, 2007. – С. 335.

References

1. Golbajkh Z.E., Maslov E.I. Sbornik zadach i uprazhnenij po khimii. M.: Vysshaja shkola, 1997. 384 p.
2. Ikrin V.M., Stas N.F. Mezhpredmetnye svyazi khimii. Tomsk: Izdatel'stvo Tomskogo politekhnicheskogo universiteta, 2004. 102 p.
3. Lishevskij V.P. Pedagogicheskoe masterstvo uchjonogo. O prepodavatel'skoj dejatel'nosti professora A.P. Minakova. M.: Nauka, 1975. 120 p.
4. Ljubimova N.B. Voprosy i zadachi po obshhej i neorganicheskoj khimii. M.: Vysshaja shko-la, 1990. 315 p.
5. Sviridov V.V., Popkovich G.A., Vasileva G.I. Zadachi, voprosy i uprazhnenija po obshhej i neorganicheskoj khimii. – Minsk: Universitetskoe, 1991. 350 p.
6. Stas N.F. Zadachi, uprazhnenija i voprosy po neorganicheskoj khimii. – Tomsk: Izdatel'stvo Tomskogo politekhnicheskogo universiteta, 2001. 169 p.
7. Stas N.F. Klassifikacija raschotnykh zadach po khimii / Materialy regionalnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Razvitie tvorcheskogo myshlenija v obrazovatelnom processe». Tomsk, 1997. p. 26.
8. Stas' N.F. Uchebnyj kompleks dlja prepodavanija khimii v tekhnicheskikh universitetakh / XVIII Mendeleevskij sezd po obshhej i prikladnoj khimii (Moskva, 23–28 sentjabrja 2007 g.). // Tezisy dokladov v 5 t. T. 4. M.: Granica, 2007. pp. 335.

Рецензенты:

Козик В.В., д.х.н., профессор, заведующий кафедрой неорганической химии Национального исследовательского Томского государственного университета, г. Томск;

Коробочкин В.В., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой общей химической технологии Томского политехнического университета, г. Томск.

Работа поступила в редакцию 27.11.2012.