

УДК 54(035)

**СПРАВОЧНИК ДЛЯ ИЗУЧАЮЩИХ ХИМИЮ:
СОДЕРЖАНИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ****Стась Н.Ф.***Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
Томск, e-mail: stanif@mail.ru*

При изучении химии в технических университетах используется справочный материал, который должен быть у студентов на всех учебных занятиях и при выполнении заданий самостоятельной работы. Но традиционную справочную литературу нельзя использовать на учебных занятиях, так как её тираж ограничен, а содержание не соответствует потребностям учебного процесса. В статье рассмотрены требования к справочнику для студентов, изучающих общую и неорганическую химию в технических университетах, по общему содержанию, а также по объёму и формату справочных таблиц. Справочник, созданный в соответствии с этими требованиями, содержит 50 таблиц в пяти разделах: 1) химические элементы и простые вещества; 2) неорганические соединения, минералы, смеси; 3) атомы, молекулы и кристаллы; 4) термодинамические и кинетические константы; 5) растворы. Небольшой объём справочника, мягкая обложка, простой переплёт и удобный формат позволяют использовать его при самых различных условиях проведения учебного процесса. В статье показана возможность использования справочника как учебного пособия для реализации наиболее эффективного проблемного метода обучения студентов. В статье приведены 27 примеров проблемных вопросов и заданий по содержанию справочных таблиц.

Ключевые слова: справочник по химии, содержание, применение, учебный процесс

THE REFERENCE BOOK FOR CHEMICALS: THE CONTENT AND APPLICATION**Stas N.F.***National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk, e-mail: stanif@mail.ru*

While studying chemistry at technical universities students use reference sources at all their classes or self-study. Reference books which are available in libraries are impossible to use on the classes as their circulation is limited and the content doesn't correspond to the requirements of educational process. The article presents the requirements to the reference source for students studying general chemistry and inorganic chemistry at technical universities, its general contents, volume and format of reference tables. The reference source created according to the requirements contains 50 tables. Their content corresponds to five sections: 1) chemical elements and simple elements; 2) inorganic compound, minerals, mixes; 3) atoms, molecules and crystals; 4) thermodynamic and kinetic constants; 5) solutions. The small volume of the reference source, soft cover, simple binding and the reduced A5 format allows to use it in various conditions of educational process. The directory can be used as the manual for realization of a problem-solving method of students training. There are 27 examples of problem questions and tasks according to the content of the reference source.

Keywords: chemistry, reference source, content, usage, educational process

В содержании неорганической химии во второй половине прошлого столетия произошла настоящая революция. Увеличение объёма описательного материала, связанного с получением и исследованием всё новых и новых веществ, привело к необходимости расширения теоретической базы неорганической химии, позволяющей объяснять их свойства и закономерности их взаимодействия. Физическая химия не могла использоваться в этой роли, так как в университетах России она изучается после изучения неорганической химии. Теоретической базой изучения неорганической химии стала общая химия как неотъемлемая часть учебной дисциплины, получившей название «Общая и неорганическая химия». Общую химию составляют фундаментальные законы атомно-молекулярного учения, стехиометрия, учение о периодичности Д.И. Менделеева, общие закономерности строения вещества и протекания химических реакций, общие свойства растворов и электрохимических систем. Таким образом, в общую химию вош-

ли некоторые разделы физической химии, но они изучаются в упрощённом изложении, без использования строго математического аппарата, свойственного физической химии. Тем не менее общая и неорганическая химия становится всё более точной наукой, и для её изучения требуется обширный справочный материал.

Преподаватели общей и неорганической химии понимают необходимость использования на учебных занятиях справочного материала в большем объёме, чем те краткие таблицы, которые обычно приводятся в учебниках и задачниках. Недостатка в номенклатуре химических справочников нет, но их неудобно использовать на учебных занятиях, так как одни из них огромны по объёму [4], а содержание других [3] не в полной мере соответствует содержанию лекций, практических и лабораторных занятий. Но главное препятствие состоит в том, что при большом числе наименований химических справочников их наличие в библиотеках вузов было и остаётся ограниченным, потому

что справочники приобретаются штучно для использования в читальных залах: их выдача на учебном абонементе ни студентам, ни преподавателям не предусматривается.

Поэтому на кафедре общей и неорганической химии Томского политехнического университета автором этой статьи разработан свой справочник, содержащий самый необходимые для изучения общей и неорганической химии материалы, представленные в удобном виде [5]. Первое издание справочника состоялось в 1991 году, и весь тираж разошёлся в считанные дни. После этого справочник издавался ежегодно таким тиражом, что каждый студент мог иметь личный экземпляр и работать с ним независимо от других студентов в любое время и в любом месте. Небольшой объём справочника (80 стр.), мягкая обложка, простой неклеённый переплёт и формат А5 позволяют иметь справочник всегда под рукой и использовать при самых различных условиях проведения учебного процесса.

Содержание справочника

Таблицы справочника [5] сгруппированы по пяти разделам. Первый раздел – *Химические элементы и простые вещества*. Он содержит 8 таблиц:

- 1) периодическая система химических элементов (короткая форма);
- 2) периодическая система (длинная форма);
- 3) названия и символы химических элементов;
- 4) распространённость химических элементов в земной коре;
- 5) содержание элементов в морской воде;
- 6) состав воздуха;
- 7) свойства простых твердых веществ;
- 8) свойства газов.

Второй раздел (*Неорганические соединения, минералы, смеси*) содержит 7 таблиц:

- 9) основные классы неорганических соединений;
- 10) названия кислот и солей;
- 11) тривиальные названия неорганических веществ;
- 12) тривиальные названия смесей;
- 13) названия некоторых минералов;
- 14) минералогическая шкала твёрдости;
- 15) дисперсные системы.

В третьем разделе (*Атомы, молекулы и кристаллы*) представлено 12 таблиц:

- 16) атомные радиусы элементов;
- 17) потенциалы ионизации атомов;
- 18) электроотрицательность элементов;
- 19) сродство атомов к электрону;
- 20) последовательность заполнения электронами энергетических уровней и подуровней в атомах;

21) длина и энергия химических связей в молекулах и ионах;

22) энергия ионизации и сродство к электрону молекул;

23) геометрическая конфигурация молекул (ионов), соответствующая различным типам гибридизации орбиталей центрального атома;

24) степень ионности химических связей;

25) спектрохимический ряд лигандов;

26) энергия межмолекулярного взаимодействия;

27) энергия кристаллов.

Четвёртый раздел – *Термодинамические и кинетические константы* – содержит 8 таблиц:

28) термодинамические константы веществ;

29) теплоты сгорания некоторых веществ;

30) стандартные окислительно-восстановительные потенциалы;

31) электродные потенциалы металлов (ряд напряжений);

32) электродные потенциалы лантаноидов;

33) перенапряжение водорода и кислорода при электролизе;

34) важнейшие каталитические процессы и катализаторы;

35) энергия активации некоторых реакций.

В пятом разделе (*Растворы*) самое большое число таблиц – 15:

36) общая характеристика растворимости кислот, оснований и солей;

37) растворимость твердых и жидких веществ;

38) растворимость газов;

39) способы выражения концентрации растворов;

40) энтальпия растворения веществ в воде;

41) плотность водных растворов кислот, щелочей и солей;

42) произведение растворимости практически нерастворимых и малорастворимых веществ;

43) константы диссоциации кислот и оснований;

44) константы нестойкости комплексных ионов;

45) энтальпия гидратации ионов;

46) криоскопические и эбуллиоскопические константы растворителей;

47) индикаторы для реакций нейтрализации;

48) давление насыщенного пара воды;

49) температура кипения и замерзания водных растворов;

50) важнейшие физико-химические постоянные.

Таким образом, справочник содержит 50 таблиц со всей необходимой для учебного процесса информацией. Следует отметить наличие в справочнике таблиц, которые не встречаются или очень редко встречаются в других справочниках, предназначенных для учебных целей: минералогическая шкала твёрдости, дисперсные системы, энергия межмолекулярного взаимодействия газообразных веществ, перенапряжение водорода и кислорода при электролизе, важнейшие каталитические процессы и катализаторы, энергия активации химических реакций, энтальпия гидратации ионов и др.

Объём справочных таблиц

Объём справочного материала в таблицах может быть конечным и ограниченным. Например, таблица 14 (Минералогическая шкала твёрдости) конечна, поскольку шкала твёрдости по Моосу является десятибалльной, и каждому баллу твёрдости соответствует один конкретный минерал. Конечное содержание имеет также таблица 15 (Дисперсные системы) и некоторые другие таблицы. Но большинство других таблиц имеют ограничения, потому что приводить в них все справочные данные не имеет смысла. Например, в природе открыто и описано несколько тысяч минералов, но в таблице 13 (Названия некоторых минералов) приводится только 80 минералов, которые больше других распространены в природе и являются сырьём для получения простых веществ и химических соединений. Другой пример – таблица 10 (Названия кислот и солей). Она содержит формулы и названия 70 существующих неорганических кислот, хотя их число больше (за счёт существования полифосфорных, полихромовых, поливольфрамовых и других поликислот). В то же время в этой таблице приведены формулы 20 несуществующих кислот, поскольку существуют их соли. Таблица 3 (Названия химических элементов) конечна по числу элементов, но ограничена по названиям: в ней отсутствуют названия элементов на французском языке, которые не вошли в таблицу из-за завышенных требований издательства по размерам полей. Преподаватели и студенты высказывают одобрение по содержанию таблиц: 16 (Атомные радиусы элементов), в которой для каждого элемента приведены три вида атомного радиуса – орбитальный, ковалентный и металлический; 18 (Электроотрицательность элементов), которая содержит эту характеристику не только по Полингу, но и более современные данные Олреда и Рохова; 32 (Электродные потенциалы металлов), в который

приведены все без исключения металлы; 39 (Способы выражения концентрации растворов), в которой приведены современные названия, символы, определения, формулы и единицы измерения семи способов выражения концентрации растворов, которые необходимо знать каждому химику.

Проблема ограничения справочных данных возникла при составлении таблицы 25 (Термодинамические константы веществ). В справочнике [2], который является частью учебно-методического комплекса по неорганической химии Московского университета тонких химических технологий, в аналогичной таблице содержится около 2000 веществ, в пособии [1], который используется в Казанском химико-технологическом университете, – около 400. В нашем справочнике их 750, и все они востребованы в учебном процессе.

Такая же проблема решалась для таблицы 30 (Стандартные окислительно-восстановительные потенциалы): эту таблицу при каждом переиздании справочника приходится расширять. Сейчас она содержит 360 полуреакций, но иногда студенты не находят в ней полуреакцию, необходимую для выполнения какого-либо задания. Поэтому надо подумать об увеличении ёмкости этой таблицы. Желательно увеличить ёмкость таблицы 35 (Энергия активации некоторых реакций), ввести в неё этот важнейший кинетический показатель для распространённых реакций с участием широко известных неорганических веществ.

Формат таблиц

Студент находится в состоянии постоянного дефицита времени, поэтому на поиск справочного материала он должен тратить как можно меньше времени – этим принципом необходимо пользоваться при составлении справочных таблиц. Поэтому в нашем справочнике характеристики атомов и свойства элементов и простых веществ приведены в формате периодической системы, что позволяет видеть и анализировать изменение этих свойств в периодах и группах. В виде наглядных схем приведена классификация химических элементов (табл. 9), последовательность заполнения электронными энергетическими уровнями и подуровнями в атомах (табл. 20).

На форму многих таблиц повлияло наблюдение студентов. Например, в справочниках [1, 2] они подолгу искали необходимые справочные данные, потому что формулы соединений приведены в этих справочниках по символу первого элемента соответственно алфавиту английского языка. Например, таблицы термодинамических

констант в этих справочниках начинаются с серебра (Ag), а соединения азота (N) оказываются во второй половине таблицы. Но в российских университетах преподавание ведётся пока ещё на русском языке, поэтому аналогичная таблица в нашем справочнике начинается с азота и заканчивается цирконием, причём первая графа таблицы – это полные названия (а не символы) элементов на русском языке, чего нет в других справочниках. Благодаря этому в нашем справочнике на поиск того или иного соединения уходят считанные секунды.

Применение справочника

Основное назначение справочника – обогащение и иллюстрация учебного описательно-теоретического материала конкретными сведениями о свойствах химических элементов, простых веществ и соединений, о закономерностях протекания реакций и физико-химических процессов. Но его можно использовать и в качестве учебного пособия, в особенности при проблемном изложении материала и при контроле самостоятельной работы студентов. По каждой таблице справочника можно сформулировать проблему и целый ряд контролируемых вопросов и заданий разного уровня трудности. Приводим несколько примеров.

1. В таблицах 1 и 2 справочника приведены короткая (8-клеточная) и длинная (18-клеточная) формы периодической системы химических элементов. Перечислите преимущества и недостатки каждой формы.

2. Английское название (табл. 3) химического элемента № 11 – Sodium, а элемента № 18 – Potassium. Объясните происхождение этих названий.

3. В воздухе (табл. 6) содержание азота по массе **меньше** (75,6%), чем по объёму (78,08%). В то же время содержание кислорода и аргона по массе (23,1 и 1,3%) **больше**, чем по объёму (20,95 и 0,93%). Объясните эти справочные данные.

4. По данным таблицы 7 постройте графики зависимости температуры плавления, температуры кипения, плотности, удельной теплоёмкости и мольной теплоёмкости простых твёрдых веществ от атомного номера соответствующих химических элементов и сформулируйте по ним выводы.

5. По данным таблицы 8 видно, что молярный объём трёх газов (водород, гелий и неон) **больше**, чем молярный объём идеального газа, а для всех остальных газообразных веществ – **меньше**. Почему?

6. Из таблицы 10 можно сделать вывод, что многие кислотообразующие химические элементы имеют ортокислоты и метакислоты. Как из метакислоты можно полу-

чить ортокислоту и как можно осуществить обратное превращение?

7. Найдите в таблице 11 формулы и объясните тривиальные названия следующих веществ: ангидрон, антихлор, рудничный газ, веселящий газ, соляная кислота.

8. Почему приведенная в таблице 12 смесь газов CO и H₂ называется водяным газом, смесь H₂ и O₂ – гремучим газом, смесь MgO и MgCl₂ – магнезиальным цементом, а смесь концентрированных кислот HNO₃ и HCl – царской водкой?

9. В таблице 16 приведены ковалентные, орбитальные и металлические атомные радиусы химических элементов. Как определяется каждый из этих радиусов? Почему у каждого элемента ковалентный радиус атома меньше орбитального?

10. По данным таблицы 17 постройте график зависимости потенциала ионизации атомов от атомного номера элементов и объясните его.

11. Из таблицы 20 следует, что энергия электронов, находящихся на 4s-подуровне атома, ниже, чем электронов 3d-подуровня, несмотря на большее значение главного квантового числа. Как в квантовой механике объясняется это противоречие?

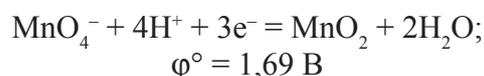
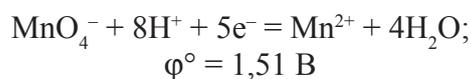
12. Из таблицы 21 следует, что при ионизации молекул азота их прочность (энергия химической связи) уменьшается, а длина химической связи увеличивается. В то же время у кислорода наблюдается противоположная закономерность. Объясните эти закономерности.

13. Почему в хлороводороде, бромоводороде, йодоводороде и в аммиаке наблюдаются все виды межмолекулярного взаимодействия (табл. 26), а в водороде, аргоне и ксеноне – только дисперсионное?

14. По какой причине энергия кристаллических решёток (табл. 27) в ряду KF–KCl–KBr–KI и в ряду LiCl–NaCl–KCl–RbCl–CsCl уменьшается?

15. Отрицательное значение энергии Гиббса образования азотной кислоты, пероксида водорода, оксида марганца (VII) и перманганата калия (табл. 28) свидетельствует о том, что эти вещества термодинамически устойчивы при стандартных условиях. Почему же они разлагаются при стандартных условиях?

16. Сравнение окислительно-восстановительных потенциалов двух полуреакций, приведенных в таблице 30



свидетельствует о том, что перманганат калия в кислой среде является более сильным окислителем, когда он восстанавливается до MnO_2 . Почему же он в кислой среде всегда восстанавливается до двухвалентного состояния с образованием солей марганца (2+)?

17. Из сравнения электродных потенциалов металлов (табл. 31) следует, что самым сильным восстановителем является литий, хотя в соответствии с закономерностями периодической системы им должен быть цезий. Как объясняется это противоречие?

18. Объясните, почему энергия активации (табл. 35) реакции $NH_3(g) + HCl(g) = NH_4Cl(k)$ имеет нулевое значение, а реакции $N_2(g) + O_2(g) = 2NO(g)$ – максимальное (537,6 кДж/моль).

19. В табл. 35 приведена энергия активации реакции $NH_3(g) + HCl(g) = NH_4Cl(k)$, которая имеет нулевое значение. Будет ли нулевой энергия активации этой же реакции при проведении её в водном растворе: $NH_3(p) + HCl(p) = NH_4Cl(k)$?

20. В таблице 36 указаны вещества, которые полностью разлагаются водой или не существуют. Объясните, почему разлагаются водой сульфиды железа (3+), хрома (3+) и алюминия и напишите уравнения соответствующих реакций.

21. Исходя из данных по растворимости газов (табл. 38), объясните, как отличается состав воздуха, растворённого в воде, от состава атмосферного воздуха.

22. Из таблицы 38 видно, что растворимость азота и водорода в воде очень мала, а растворимость их соединения аммиака в десятки раз больше. Что является причиной этого?

23. Из данных по растворению серной кислоты, которые приведены в таблице 40, можно сделать вывод, что энтальпия растворения вещества имеет максимальное значение при образовании бесконечно разбавленного раствора. Как можно объяснить этот вывод?

24. Произведение растворимости (табл. 42) хлорида серебра равно $1,8 \cdot 10^{-10}$, а карбоната серебра – $1,2 \cdot 10^{-12}$. Какое из этих веществ растворяется в воде лучше другого?

25. Почему произведение растворимости (табл. 42) каждого свежесаженного гидроксида примерно на два порядка больше, чем «старого»?

26. Почему при ступенчатой диссоциации слабых электролитов константа диссоциации (табл. 43) последующей ступени намного меньше, чем предыдущей?

27. По данным таблицы 43 можно сделать вывод, что хлороводородная, бромоводородная и йодоводородная кислоты –

сильные, а фтороводородная – слабая. Почему эта кислота отличается от других галогеноводородных кислот?

Заключение

Справочник, которому посвящена данная статья, соответствует потребностям учебного процесса при изучении общей и неорганической химии в технических и в классических университетах. Его применение позволяет применять проблемный подход, что повышает познавательную активность студентов. Поэтому справочнику присвоен рекомендательный гриф учебного пособия. Имеется положительный опыт использования справочника в школах при подготовке победителей и призёров региональных, российских и международных химических олимпиад. Планируется дальнейшая работа над справочником по увеличению объёма некоторых таблиц и более наглядному представлению справочного материала.

Список литературы

1. Ахметов Н.С., Азизова М.К., Бадыхина Л.И. Лабораторные и семинарские занятия по неорганической химии. – М.: Высшая школа, 1988. – 303 с.
2. Лидин Р.А., Андреева Л.Л., Молочко В.А. Справочник по неорганической химии. – М.: Химия, 1987. – 320 с.
3. Рабинович В.А., Хавин З.Я. Краткий химический справочник. – Л.: Химия, 1978. – 392 с.
4. Справочник химика; под ред. Б.П. Никольского. В 7 т. – М.: Химия, 1967–1971 – 6658 с.
5. Стась Н.Ф. Справочник по общей и неорганической химии: учебное пособие. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 84 с.

References

1. Achmetov N.S., Asisova M.K., Badigina L.I. *Laboratornie i seminarские sanjitiij po neorganicheskoj chimii* (The laboratory-scale and seminar studies by inorganic chemistry). Moscow, Wischaja schkola, 1988. 303 p.
2. Lidin R.A., Andreeva L.L., Molochko V.A. *Spravochnik po neorganicheskoj chimii* (The reference book by inorganic chemistry). Moscow, Himija, 1987. 320 p.
3. Rabinovich V.A., Havin S.J. *Kratkii himicheskii spravochnik* (The chemical quick-reference book). Leningrad, Himija, 1978. 392 p.
4. *Spravochnik chimika*. Pod redakziej B.P. Nikolskogo. V 7 t. (Chemical's reference book). Moscow, Himija, 1967–1971. 6658 p.
5. Stas N.F. *Spravochnik po obchej i neorganicheskoj chimii: uchebnoe posobie* (The reference book by general and inorganic chemistry). Tomsk, 2011. 84 p.

Рецензенты:

Косинцев В.И., д.т.н., профессор кафедры общей химической технологии, Томский политехнический университет, г. Томск;

Лотов В.А., д.т.н., профессор кафедры силикатов и наноматериалов, Томский политехнический университет, г. Томск.

Работа поступила в редакцию 11.12.2012.