



МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н. Э. БАУМАНА

**Ю. А. Лебедев, Г. Н. Фадеев, А. М. Голубев,
В. Н. Шаповал, М. Б. Степанов**

ХИМИЯ. ЗАДАЧНИК

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ ДЛЯ АКАДЕМИЧЕСКОГО БАКАЛАВРИАТА

Под общей редакцией **Г. Н. Фадеева**

*Рекомендовано Учебно-методическим отделом высшего образования
в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений,
обучающихся по естественнонаучным направлениям и специальностям*

Книга доступна в электронной библиотечной системе
biblio-online.ru

Москва ■ Юрайт ■ 2016

Авторы:

Лебедев Юрий Александрович — доцент, кандидат технических наук, доцент кафедры химии факультета фундаментальных наук Московского государственного технического университета имени Н. Э. Баумана, руководитель Международного центра эвереттических исследований;

Фадеев Герман Николаевич — профессор, доктор педагогических наук, кандидат химических наук, академик Российской академии естествознания, профессор кафедры химии факультета фундаментальных наук Московского государственного технического университета имени Н. Э. Баумана;

Голубев Александр Михайлович — профессор, доктор химических наук, заведующий кафедрой химии факультета фундаментальных наук Московского государственного технического университета имени Н. Э. Баумана, академик Российской академии естествознания;

Шаповал Валентин Николаевич — доцент, кандидат технических наук, доцент кафедры химии факультета фундаментальных наук Московского государственного технического университета имени Н. Э. Баумана;

Степанов Михаил Борисович — кандидат химических наук, доцент кафедры химии факультета фундаментальных наук Московского государственного технического университета имени Н. Э. Баумана.

Рецензенты:

Кузьменко Н. Е. — доктор физико-математических наук, профессор, заместитель декана химического факультета Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова по учебной работе;

Оржековский П. А. — доктор педагогических наук, заведующая кафедрой обучения химии Московского института открытого образования.

Лебедев, Ю. А.

ЛЗЗ Химия. Задачник : учеб. пособие для академического бакалавриата / Ю. А. Лебедев [и др.] ; под общ. ред. Г. Н. Фадеева. — М. : Издательство Юрайт, 2016. — 238 с. — Серия : Бакалавр. Академический курс.

ISBN 978-5-9916-5732-7

В основу задачника положена программа, соответствующая актуальным требованиям современного Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования и утвержденная Министерством образования и науки РФ для бакалавров. В МГТУ имени Н. Э. Баумана изучение химии для большинства направлений перестроено так, как того требует образование бакалавра. Однако студенты таких направлений МГТУ, как «Экология и промышленная безопасность», «Биомедицинские технические системы», «Медикотехнические информационные технологии», изучают химию в значительно большем объеме. В связи с этим в задачник включены разделы, посвященные основам органической химии и экологии. Задачник представляет единый учебный комплект с учебником «Химия» авторов Ю. А. Лебедева, Г. Н. Фадеева, А. М. Голубева, В. Н. Шаповала (2е изд. М. : Юрайт, 2016) и содержит решения задач, приведенных в конце каждой главы этого учебника.

Для студентов академического бакалавриата не только технических университетов, но и естественнонаучных направлений педагогических, сельскохозяйственных, ветеринарных и других высших учебных заведений.

УДК 54(075.8)
ББК 24я73

Оглавление

| | |
|-------------------|---|
| Предисловие | 6 |
| Введение | 8 |

Раздел I

СТРОЕНИЕ ВЕЩЕСТВА, ХИМИЯ ЭЛЕМЕНТОВ И ИХ СОЕДИНЕНИЙ

| | |
|---|-----------|
| Вводная глава. Из курса химии средней школы | 13 |
| Основные понятия | 13 |
| Примеры решения задач | 15 |
| Задачи для самостоятельного решения | 19 |
| Глава 1. Вещество и его строение | 21 |
| Основные понятия | 21 |
| Примеры решения задач | 22 |
| Задачи для самостоятельного решения | 24 |
| Глава 2. Химическая связь | 26 |
| Основные понятия | 26 |
| Примеры решения задач | 29 |
| Задачи для самостоятельного решения | 32 |
| Глава 3. Строение вещества в конденсированном состоянии | 34 |
| Основные понятия | 34 |
| Примеры решения задач | 36 |
| Задачи для самостоятельного решения | 39 |
| Глава 4. Периодический закон Д. И. Менделеева и периодическая таблица химических элементов | 40 |
| Основные понятия | 40 |
| Примеры решения задач | 44 |
| Задачи для самостоятельного решения | 45 |
| Глава 5. Положение в периодической таблице и общие свойства металлов | 46 |
| Основные понятия | 46 |
| Примеры решения задач | 47 |
| Задачи для самостоятельного решения | 52 |
| Глава 6. Свойства s-металлов | 55 |
| Основные понятия | 55 |
| Примеры решения задач | 57 |
| Задачи для самостоятельного решения | 62 |
| Глава 7. Химия воды | 65 |
| Основные понятия | 65 |

| | |
|---|-----------|
| Примеры решения задач | 67 |
| Задачи для самостоятельного решения | 71 |
| Глава 8. Физико-химические свойства <i>d</i>-элементов | 73 |
| Основные понятия | 73 |
| Примеры решения задач | 76 |
| Задачи для самостоятельного решения | 80 |
| Глава 9. Свойства <i>p</i>-элементов | 85 |
| Основные понятия | 85 |
| Примеры решения задач | 86 |
| Задачи для самостоятельного решения | 92 |

Раздел II ОБЩИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

| | |
|---|------------|
| Глава 10. Основы химической термодинамики | 99 |
| Основные понятия | 99 |
| Примеры решения задач | 101 |
| Задачи для самостоятельного решения | 103 |
| Глава 11. Химические следствия законов термодинамики | 105 |
| Основные понятия | 105 |
| Примеры решения задач | 107 |
| Задачи для самостоятельного решения | 110 |
| Глава 12. Элементы химической кинетики | 112 |
| Основные понятия | 112 |
| Примеры решения задач | 114 |
| Задачи для самостоятельного решения | 118 |
| Глава 13. Кинетика гетерогенных процессов. Катализ | 119 |
| Основные понятия | 119 |
| Примеры решения задач | 120 |
| Задачи для самостоятельного решения | 122 |

Раздел III ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В РАСТВОРАХ

| | |
|--|------------|
| Глава 14. Растворы | 129 |
| Основные понятия | 129 |
| Примеры решения задач | 131 |
| Задачи для самостоятельного решения | 136 |
| Глава 15. Растворы сильных электролитов | 138 |
| Основные понятия | 138 |
| Примеры решения задач | 140 |
| Задачи для самостоятельного решения | 145 |
| Глава 16. Электрохимические процессы в электролитах | 149 |
| Основные понятия | 149 |
| Примеры решения задач | 151 |
| Задачи для самостоятельного решения | 155 |

Раздел IV
КОРРОЗИЯ И ЗАЩИТА ОТ КОРРОЗИИ

| | |
|--|------------|
| Глава 17. Общая характеристика процессов коррозии | 159 |
| Основные понятия | 159 |
| Примеры решения задач | 161 |
| Задачи для самостоятельного решения | 166 |
| Глава 18. Электрохимическая коррозия | 168 |
| Основные понятия | 168 |
| Примеры решения задач | 170 |
| Задачи для самостоятельного решения | 176 |
| Глава 19. Защита от коррозии | 178 |
| Основные понятия | 178 |
| Примеры решения задач | 179 |
| Задачи для самостоятельного решения | 183 |

Раздел V
ОСНОВЫ ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ

| | |
|--|------------|
| Глава 20. Углерод и химические соединения на его основе | 187 |
| Основные понятия | 187 |
| Примеры решения задач | 189 |
| Задачи для самостоятельного решения | 195 |
| Глава 21. Полимеры и высокомолекулярные соединения | 197 |
| Основные понятия | 197 |
| Примеры решения задач | 198 |
| Задачи для самостоятельного решения | 202 |
| Глава 22. Экологическая химия и «зеленая химия» | 203 |
| Основные понятия | 203 |
| Примеры решения задач | 204 |
| Задачи для самостоятельного решения | 206 |
| Глава 23. Химия в нанотехнологиях | 210 |
| Основные понятия | 210 |
| Примеры решения задач | 211 |
| Задачи для самостоятельного решения | 213 |
| Рекомендованная литература | 215 |
| Приложение | 217 |

Предисловие

Многолетний опыт преподавания в Московском государственном техническом университете имени Н. Э. Баумана показывает, что понять и освоить материал общетехнических фундаментальных наук, в число которых входит химия, можно только через использование знаний при решении учебных, прикладных и научных задач. В этом суть образования инженера — уметь решать задачи, возникающие перед ним в процессе его инженерной деятельности.

В предлагаемом вашему вниманию пособии изложены наиболее рациональные способы решения задач по химии. Книга содержит задания разного уровня сложности, подобранные в соответствии с расположением материала в главах учебника для бакалавров «Химия» (2-е изд. М.: Юрайт, 2016). Предлагаемый вашему вниманию задачник составляет единый методический комплекс с данным учебником.

По условиям преподавания курса химии в техническом вузе в соответствии с Болонским соглашением значительная часть времени освоения материала отводится для самостоятельной работы студента. Предполагается такая методика. Студент, ознакомившись с материалом лекции и прочитав соответствующий раздел учебника, для закрепления материала отвечает на теоретические вопросы и решает контрольные задачи, помещенные в конце каждой главы. Если это вызывает затруднения, то он обращается за помощью к задачнику-решбнику, где в таком же порядке, как в упомянутом учебнике, расположены типовые примеры решения задач по главам учебника. Проверка достигнутого уровня знаний — в освоении задач для самостоятельного решения.

Вводная глава содержит материал химической дисциплины средней школы. Примеры, приведенные в вводной главе, надо обязательно освоить, чтобы быстрее перейти к пониманию смысла задач вузовского курса химии. В начале каждой главы приведены алгоритмы решения типовых задач и задач различной трудности. Приведены решения основных типовых задач, указанных в конце глав учебника. Разделение по уровню сложности обозначено следующим образом:

[A] — тренировочные;

[B] — типовые;

[C] — усложненные;

[D] — повышенной сложности.

Тренировочные задачи [A] необходимы для определения минимального уровня химических знаний. Если такие задачи кажутся трудными, то это означает, что нет понимания основ материала данной темы. В таком случае, прежде чем решать примеры дальше, следует обратиться к учебнику и там поискать ответ. Большинство задач является стандартными, соответствующими

щими уровнем домашнего задания по курсу химии для бакалавриата МГТУ имени Н. Э. Баумана.

Значительная часть заданий содержит не только расчеты на химические темы, но и полезные, а иногда и важные сведения для повседневной жизни или инженерной деятельности. Химическая неграмотность ужасна своими последствиями. В основу ряда задач положены факты, как связанные со случаями из современной жизни, так и сохранившиеся в истории. Например, в Древнем Риме не знали об отравляющих свойствах свинца. Из него изготавливали кухонную утварь, водопроводные трубы и даже вино хранили в свинцовых сосудах. Это внесло немалую лепту в гибель римской цивилизации.

По вине химически неграмотного руководителя отравляются водоемы, гибнут леса, воздух становится непригодным для жизни, разрушается экология планеты. Подбирая задачи, авторы стремились на приведенных примерах показать не только необходимость химических знаний, но и красоту химической науки. Как педагоги, авторы стремились решить главную педагогическую задачу — сформировать у молодого человека навыки владения химическими знаниями и помочь выработать верную жизненную позицию.

При работе над задачником его разделы были распределены среди авторов следующим образом: введение, гл. 5–9 написаны Ю. А. Лебедевым; предисловие, вводная глава и гл. 1 — Г. Н. Фадеевым; гл. 22, 23 — Г. Н. Фадеевым и Ю. А. Лебедевым; гл. 2–4, 10–12 — А. М. Голубевым; гл. 13–17 — В. Н. Шаповалом; гл. 18–21 — М. Б. Степановым.

Авторы с вниманием и благодарностью примут конструктивные отзывы о задачнике, направленные на его улучшение и совершенствование.

Введение

Сборник задач — это книга не для чтения, а *руководство к действию* для выработки *профессиональных умений*, чтобы использовать их в своей практической инженерной деятельности. Спектр профессий и видов деятельности в современном обществе чрезвычайно широк, но никогда не будут лишними теоретические знания, представленные в курсе химии. Учебных пособий по подобной тематике существует множество, однако у представленного руководства имеются примечательные особенности:

- пособие является не просто задачником, а *задачником-решебником*, в котором даются ответы на основные вопросы по всем темам курса химии академического бакалавриата;
- книга практически представляет собой вторую часть учебного комплекта, первой частью которого является «Химия : учебник для академического бакалавриата» (Ю. А. Лебедев, Г. Н. Фадеев, А. М. Голубев, В. Н. Шаповал. 2-е изд. М. : Юрайт, 2016).

Материал и учебника, и задачника подобран с учетом базовой подготовки читателя, чтобы помочь выработать и закрепить умения в области химии будущим бакалаврам нехимических специальностей нехимических вузов.

Кому и зачем нужна эта книга? Она точно не нужна студенту, который и до изучения систематического курса «Химия», и в ходе обучения считал и считает химию предметом, не нужным ему как будущему специалисту. При такой точке зрения он вряд ли будет прилагать усилия для поиска ответов на вопросы о том, какие физико-химические свойства характерны для большинства металлов, а какие — только для отдельных металлов. Не будет ломать голову и над поиском ответа на вопрос о том, какие классы химических соединений могут использоваться в нанотехнологии и наномеханике для создания аналогов наноколеса и задумываться о возможной незначительности молекулярной массы колеса нанокара, действующего уже сегодня.

Книга нужна тем студентам, кто осознал, что в XXI в. — веке нано- и информационных технологий — химия уже настолько *«широко распространила руки свои в дела человеческие»* (М. В. Ломоносов), что знание конкретных характеристик конструкционных материалов, а также основ протекания химико-технологических процессов совершенно необходимо для успешной профессиональной работы.

Однако знание предмета и даже осознание его важности не гарантируют успеха в их практическом использовании по избранной специальности в условиях дальнейшей «химизации» всей инженерной деятельности. Эффективными они становятся лишь при *наличии умения в каждом конкретном случае получить конкретный ответ на практический вопрос*. Примерами таких практических вопросов могут быть следующие.

- Какой именно металл нужно выбрать для защитного покрытия кузова автомобиля, предназначенного для эксплуатации в районах Крайнего Севера?

- Сколько граммов хлорного железа и сколько литров воды нужно взять для приготовления раствора, необходимого для гарантированной демеркуризации помещения, в котором разбит медицинский термометр?

- Сколько килограммов хлорида кальция нужно засыпать в цистерну пожарной машины, чтобы она была готова к тушению пожара зимой при температуре воздуха -10°C ?

Ответы на эти и другие подобные вопросы можно получить, только умея рассчитывать концентрации, значения энергии химических взаимодействий, факторы Пиллинга — Бедворса и другие характеристики процессов и систем, в которых протекают химические реакции.

Задачник приучает к «технической аккуратности» при проведении расчетов. Нужно следить за соответствием друг другу размерностей величин, входящих в расчетные формулы, уметь переводить единицы измерения, используемые в справочной и научной литературе, в единицы, используемые в данной области практической деятельности.

Например, информация о том, что в природной воде присутствует гидрокарбонат кальция, будет понятна:

- для производителя минеральных вод, если она представлена в единицах [мг-экв/л];

- для органов контроля качества воды, если в градусах жесткости;

- для лаборанта химической аналитической лаборатории, если титром.

Структура материала данного пособия, а также базовые методические принципы, положенные в основу учебника, таковы, что кроме студентов задачник полезен и преподавателям, особенно если они строят учебный процесс на основании указанного выше учебника для бакалавров «Химия» издательства «Юрайт». Единство двух частей учебного комплекта обеспечивается тем, что в задачнике-решебнике в качестве примеров использованы контрольные задания, приведенные в конце каждой главы учебника. Это позволяет оптимизировать ход учебного процесса, используя материалы задачника в ходе практических занятий и контрольных работ по курсу химии.

Материалы в составе пособия маркированы обозначениями класса сложности: самые простые (класс А), для ответа на которые требуются только хорошая память и житейская смекалка; большинство задач — средней сложности (класс В); немного задач — повышенной сложности (класс С); в классе D представлены задачи олимпиадного уровня. Читатель любой подготовленности сможет идентифицировать свой уровень и найти пути его повышения.

Особое внимание авторы уделили иллюстративному материалу. Укрепляют интерес к предмету зрительные образы веществ, изделий, аппаратного оформления и хода химических процессов. Визуализация абстрактных понятий (например, «окислитель» и «восстановитель») помогает закрепить смысл этих понятий, создает мнемонический ряд, облегчающий практическое использование таких понятий в конкретных задачах. Знакомство с портретами авторов химических законов привносит *человеческое измерение* в историческую обусловленность химической компоненты современной цивилизации.

Конечно, выработка умения — это сложный творческий процесс, требующий интеллектуальных усилий. Всякий, кто решил посвятить себя практической инженерной деятельности, должен помнить, что Британская энциклопедия трактует латинское *ingeniare* как «*изловчиться, разработать*». Смысл инженерной деятельности состоит в том, чтобы *уметь разработать, построить, поддержать или исправить* машины, устройства, структуры, материалы или процессы в любой области практической деятельности.

Инженер по своей природе — прагматик, а прагматические умения достигаются путем упражнений. Работа с предлагаемым вашему вниманию заданием должна помочь вам добавить к званию человека *Homo Sapiens* квалификацию *Habilis* (т.е. *умение*) и стать *Homo Sapiens Habilis*.

После овладения методами решения задач студент должен:

знать

- основные случаи применения к решению задач законов общей химии: закона сохранения масс Ломоносова, закона Авогадро, закона постоянства состава, закона эквивалентов, включая понятия «моль» и «молярная масса»;

- каким образом использовать основы теорий строения атомов химических элементов и молекул химических веществ, методы описания строения молекул (метод валентных связей и метод молекулярных орбиталей);

- как применить к решению задач законы химической термодинамики и кинетики химических процессов;

- особенности электрохимических процессов в растворах;

- причины коррозионных процессов и меры борьбы с коррозией;

- свойства соединений основных классов органических соединений;

уметь

- составлять уравнения химических реакций и вести по ним расчеты;

- пользоваться периодической таблицей химических элементов при расчетах;

- определять тепловой эффект процессов и возможность протекания химических реакций;

- определять порядок реакции, константы скорости и направление химических реакций;

- определять параметры гальванических элементов: потенциалы электродов, электродвижущую силу и работу гальванических элементов, направление окислительно-восстановительных процессов по величинам электродных потенциалов;

- использовать представления о свойствах органических соединений в практических целях;

- оценивать свойства полимерных материалов и веществ на их основе;

владеть

- химической символикой и способами составления уравнений химических реакций;

- методами написания химических уравнений и методикой решения химических задач;

- способами решения задач по расчету объемов, масс и количества веществ;

- основными сведениями о периодической зависимости химических элементов и их соединений;

- методами рассмотрения строения молекул (валентных связей и молекулярных орбиталей);

- способами оценки возможности протекания химических процессов, энергетики и равновесного состава конечного состояния термодинамической системы;

- методами расчета скорости химических процессов, определения порядка и констант скоростей химических реакций;

- способами оценки коррозионных повреждений и методами защиты от коррозии;

- основами представлений о строении органических веществ различных классов и методами определения присутствия веществ того или иного класса.

Раздел I

**СТРОЕНИЕ ВЕЩЕСТВА,
ХИМИЯ ЭЛЕМЕНТОВ
И ИХ СОЕДИНЕНИЙ**



Вводная глава

ИЗ КУРСА ХИМИИ СРЕДНЕЙ ШКОЛЫ

После усвоения материала вводной главы студент должен:

знать

- методику решения задач на закон Авогадро и следствия из него;
- как использовать закон сохранения масс, химическую символику;
- методы написания химических уравнений;
- основы периодической системы химических элементов;
- способы перевода масс вещества в количество и объем;

уметь

- рассчитывать массу и количества вещества, объем и массу газов;
- записывать химические формулы веществ и составлять уравнения химических реакций;
- определять химический элемент в периодической таблице;
- пользоваться периодической таблицей при расчете молекулярных и молярных масс;

владеть

- химической символикой и способами составления уравнений химических реакций;
 - способами решения задач по расчету объемов, масс и количества веществ;
 - основными представлениями о периодической зависимости химических элементов и их соединений.
-

Основные понятия

Молекула — мельчайшая частица вещества, сохраняющая его химические свойства. Молекулярный кислород имеет такие свойства, которые позволяют дышать чистым (100%-ным) веществом «кислород». Атомарный кислород непригоден для дыхания, он уже не сохраняет свойства вещества «кислород».

Атом — мельчайшая частица *химического элемента*. Атомы входят в состав как простого, так и сложного вещества. Например, атом кислорода входит в состав *простых веществ* — кислорода O_2 и озона O_3 , содержащих соответственно два и три атома кислорода. Кислородные атомы входят в состав многих *сложных веществ*, включающих в состав своих молекул атомы разных химических элементов.

Химический элемент — вид атомов, имеющих один и тот же заряд ядра. Например, водород имеет три атома, различающихся по атомной массе: 1H (протий), 2D (дейтерий), 3T (третий). Хотя они отличаются своим поведением при химических взаимодействиях, все эти атомы являются изотопами одного и того же химического элемента — водорода.

Изотопы — разновидности атомов одного и того же химического элемента, имеющие один и тот же заряд ядра, но разную атомную массу. С учетом изотопного эффекта химическая формула одного и того же вещества может быть записана по-разному. Например, природная вода содержит небольшое, но вполне определенное количество тяжелой воды D_2O .

Химическая формула вещества отражает качественный и количественный состав, т.е. показывает, сколько и каких атомов входит в состав молекулы. Используя химические формулы, можно составлять уравнения, отражающие особенности взаимодействия веществ. Наиболее известны следующие типы реакций.

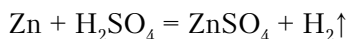
Реакция соединения — из нескольких веществ образуется одно:



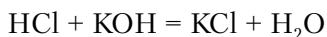
Реакция разложения — из одного вещества получается несколько:



Реакция замещения — в одном из исходных веществ в результате взаимодействия происходит замена одних атомов на атомы из другой молекулы:



Реакция обмена — взаимодействующие молекулы обмениваются атомами или группами атомов. Например, реакция нейтрализации кислот и оснований:



По механизму самого взаимодействия различают два больших класса реакций: *ионообменные* и *окислительно-восстановительные*. К первым относятся приведенные выше примеры реакций нейтрализации и разложения. Ко второму классу относятся реакции разложения и замещения. Например, процесс образования угольной кислоты $C + O_2 + H_2O = H_2CO_3$ совмещает в себе два типа реакций — и окислительно-восстановительный, и ионообменный.

Особый случай представляют собой окислительно-восстановительные процессы, при которых происходит передача (рис. В.1) электронов от восстановителя к окислителю и меняется *степень окисления* участников процесса.

Молекула — нейтральная частица вещества. *Степень окисления* — формальный заряд на данном атоме, полученный при следующих допущениях: формальный заряд водорода в составе химических соединений H^{+1} (исключение — гидриды металлов, например $Ca^{+2}H_2^{-1}$), а формальный заряд кисло-

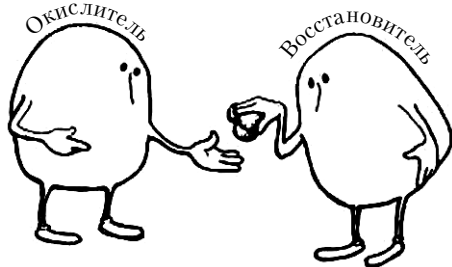


Рис. В.1. Передача электронов — суть окислительно-восстановительного процесса

Источник: www.hemi.nsu.ru/ucheb158.htm

рода в составе химических соединений O^{-2} (исключение — пероксид водорода $H_2^{+1}O_2^{-1}$ и пероксиды металлов, например $Va^{+2}O_2^{-1}$).

Существует несколько способов нахождения коэффициентов окислительно-восстановительных реакций. Одним из них является метод электронного баланса. Этот метод опирается на *баланс электронов*, отданных восстановителем и принятых окислителем. Основа метода — *сложение алгебраических многочленов, записанных для каждого восстановителя и для каждого окислителя*. Равенство отданных и принятых электронов определяется путем нахождения наименьшего общего кратного для всех уравнений и дополнительных множителей к каждому уравнению. В полученном итоговом уравнении *обязательно* надо сделать необходимые алгебраические преобразования (приведение подобных, сокращение кратных делением на одно и то же число и т.п.). Кроме того, надо обязательно проверять равенство зарядов в левой (исходной) и правой (итоговой) частях.

Примеры решения задач

№ В.1 [В] (учебник, № В.1). Запишите возможные формулы молекул воды с учетом наличия всех трех изотопов атомов водорода.

Решение. H_2O , HDO , HTO , D_2O , DTO , T_2O .

№ В.2 [А] (учебник, № В.2). Почему у большинства химических элементов в периодической таблице указаны дробные атомные массы?

Ответ. Из-за наличия в природной смеси этого элемента нескольких изотопов.

№ В.3 [С]. Подсчитайте среднее значение атомной массы кислорода, если природная смесь этого элемента состоит из трех следующих изотопов:

$$^{16}O (\omega_1 = 99,759\%), \ ^{17}O (\omega_2 = 0,037\%), \ ^{18}O (\omega_3 = 0,204\%).$$

Решение. Поскольку изотопный состав дан в процентах, то удобнее считать на 100 атомов. Масса атомов каждого из изотопов будет равна произведению процентов ω_i (по массе) на массу изотопа A_i ; $m_i = \omega_i A_i$.

Значение средней арифметической атомной массы кислорода $A_{cp}(O)$ составит

$$A_{cp}(O) = (\omega_1 A_1 + \omega_2 A_2 + \omega_3 A_3) / 100 = 16,00.$$

Ответ. Значение атомной массы кислорода в природной смеси $A_{cp}(O) = 16,00$ а.е.м., или 16 г/моль атомов.

№ В.4 [D]. Значение средней атомной массы углерода $A_{cp}(C) = 12,011$ а.е.м. Природная смесь углерода состоит из двух стабильных изотопов ^{12}C и ^{13}C . Определите процентный состав природной смеси изотопов.

Решение. Масса атомов каждого из изотопов будет равна произведению процентов ω_i (по массе) на массу изотопа A_i ; $m_i = \omega_i A_i$.

Поскольку изотопный состав дан в процентах, то удобнее считать количество атомов углерода равным 100. Количество атомов ^{12}C примем за x , тогда количество атомов изотопа ^{13}C будет $(100 - x)$. Составляем алгебраическое уравнение с одним неизвестным:

$$12 \cdot x + 13 \cdot (100 - x) = 12,011 \cdot 100.$$

Путем алгебраического преобразования получаем $x = 98,9$. Следовательно, содержание ^{12}C составляет 98,9%. Процент изотопов ^{13}C равен 1,1%.

Ответ. Процентный состав природной смеси углерода: 98,9% изотопа ^{12}C и 1,1% изотопа ^{13}C .

№ В.5 [В] (учебник, № В.3, В.4). Назовите следующие химические соединения, распределите их по классам и рассчитайте молярные массы: H_2SO_3 , NO , NaH_2PO_4 , $\text{Cr}(\text{OH})_3$, H_2SO_4 , $\text{Zn}(\text{OH})\text{Cl}$, Na_2O_2 , $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$, BaO , SO_3 , HNO_3 , BaO_2 , HNO_2 , $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

Решение. Распределяем следующим образом.

Оксиды:

NO — оксид азота(II), несолеобразующий, $M = (14 + 16) = 30$ г/моль;

BaO — оксид бария, основной оксид, $M = 153$ г/моль;

SO_3 — оксид серы(VI), кислотный оксид, $M = 80$ г/моль.

Пероксиды:

Na_2O_2 — пероксид натрия, $M = 78$ г/моль;

BaO_2 — пероксид бария, $M = 169$ г/моль.

Кислоты:

H_2SO_3 — сернистая кислота, двухосновная, $M = 82$ г/моль;

H_2SO_4 — серная кислота, двухосновная, $M = 98$ г/моль;

HNO_2 — азотистая кислота, одноосновная, $M = 47$ г/моль;

HNO_3 — азотная кислота, одноосновная, $M = 63$ г/моль.

Основания:

$\text{Ca}(\text{OH})_2$ — гидроксид кальция, щелочь, $M = 74$ г/моль;

$\text{Cr}(\text{OH})_3$ — гидроксид хрома, амфолит (амфотерен), $M = 103$ г/моль.

Соли:

NaH_2PO_4 — дигидрофосфат натрия, кислая соль, $M = 120$ г/моль;

$\text{Zn}(\text{OH})\text{Cl}$ — гидроксохлорид цинка, основная соль, $M = 117,9$ г/моль;

$\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ — ацетат свинца, средняя соль, $M = 125$ г/моль.

№ В.6 [В] (учебник, № В.7). Определите степень окисления атомов заданного химического элемента в указанных соединениях:

а) N в HNO_2 , HNO_3 , NH_3 ;

б) S в SO_2 , Na_2SO_4 , CaS ;

в) Mn в CaMnO_3 , Mn_2O_7 , MnO .

Решение. На основе указанных допущений (формальный заряд водорода в составе химических соединений H^{+1} , формальный заряд кислорода в составе химических соединений O^{-2}) составляются и затем решаются простейшие алгебраические уравнения, записанные обычным способом:

а) для HNO_2 имеем $+1 + x + 2(-2) = 0$, откуда $x = +3$;

для HNO_3 имеем $+1 + x + 3(-2) = 0$, откуда $x = +5$;

для NH_3 имеем $x + 3(+1) = 0$, откуда $x = -3$;

б) для SO_2 имеем $x + 2(-2) = 0$, откуда $x = -4$;

для Na_2SO_4 имеем $+2 + x + 4(-2) = 0$, откуда $x = +6$;

для CaS имеем $+2 + x = 0$, откуда $x = -2$;

в) для CaMnO_3 имеем $+2 + x + 3(-2) = 0$, откуда $x = +4$;

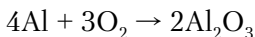
для Mn_2O_7 имеем $2x + 7(-2) = 0$, откуда $x = +7$;

для MnO имеем $x - 2 = 0$, откуда $x = +2$.

№ В.7 [В] (учебник, № В.10). Какая масса оксида алюминия может быть получена при взаимодействии 10 г алюминия и 20 г кислорода?

Решение. По уравнению химической реакции определяем, в каком мольном соотношении вступают в реакцию реагенты. Сначала следует составить

стехиометрическое уравнение химической реакции. Это окислительно-восстановительная реакция соединения:



На основе уравнения реакции следует вывод: алюминий и кислород для полного взаимодействия должны присутствовать в мольном соотношении

$$v(\text{Al}) : v(\text{O}_2) = 4 : 3 = 1 : 0,75.$$

Из условия задачи рассчитываем взятые количества веществ реагентов:

$$v(\text{Al}) = m(\text{Al})/M(\text{Al}) = 10 \text{ г}/(27 \text{ г/моль}) = 0,37 \text{ моля};$$

$$v(\text{O}_2) = m(\text{O}_2)/M(\text{O}_2) = 20 \text{ г}/(32 \text{ г/моль}) = 0,625 \text{ моля}.$$

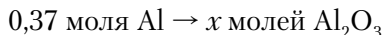
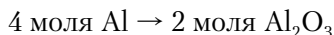
Этот расчет показал, что в исходной смеси по условиям задачи мольное отношение алюминия к кислороду

$$v(\text{Al}) : v(\text{O}_2) = 0,37 : 0,625 = 1 : 1,69.$$

Из уравнения реакции следует, что количество кислорода (0,75 моля) должно быть меньше, чем количество алюминия (1 моль). Имеющееся в условии задачи соотношение означает, что кислород взят в избытке, поэтому он не полностью вступит в химическую реакцию с имеющимся количеством алюминия. Следовательно, в недостатке присутствует алюминий, по количеству которого и следует вести расчет.

Расчет количества продукта реакции следует вести по веществу, находящемуся в недостатке, так как оно прореагирует полностью.

Из уравнения реакции следует, что из 4 молей алюминия получается 2 моля оксида алюминия. Составляем пропорцию:



$$\text{Отсюда } x = v(\text{Al}_2\text{O}_3) = (0,37 \cdot 2)/4 = 0,185 \text{ моля}.$$

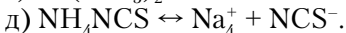
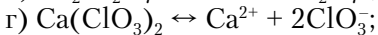
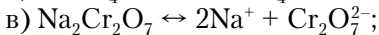
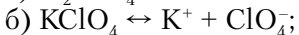
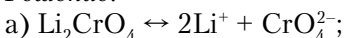
Массу оксида алюминия находим как произведение количества вещества на молярную массу:

$$m(\text{Al}_2\text{O}_3) = v(\text{Al}_2\text{O}_3) \cdot M(\text{Al}_2\text{O}_3) = 0,185 \text{ моля} \cdot (102 \text{ г/моль}) = 18,87 \text{ г}.$$

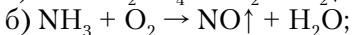
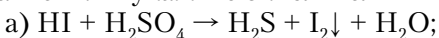
Ответ. Полученная масса Al_2O_3 составляет 18,87 г.

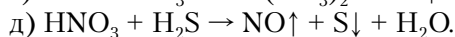
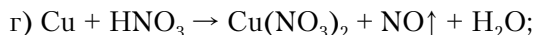
№ В.8 [В] (учебник, № В.11). Напишите уравнения процесса электролитической диссоциации молекулы указанного электролита.

Решение.

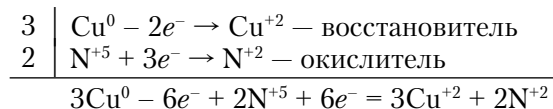
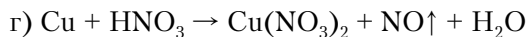
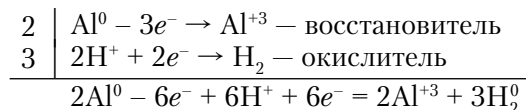
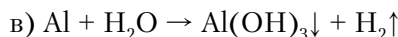
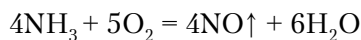
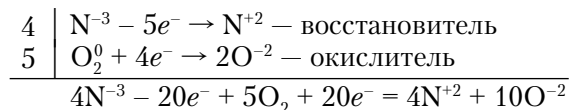
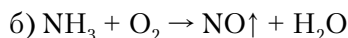
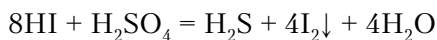
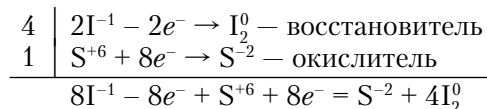
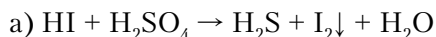


№ В.9 [В] (учебник, № В.12). Методом электронного баланса составьте уравнения и укажите окислитель и восстановитель.

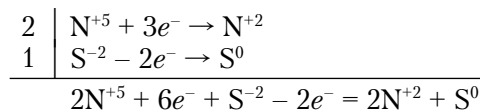
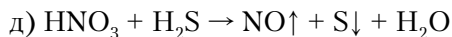
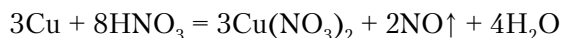




Решение. Метод опирается на баланс электронов, отданных восстановителем и принятых окислителем. Запись решения выглядит так же, как и любое алгебраическое выражение. Отличается оно лишь тем, что вместо математических символов записано символами, взятыми из химии.



При окончательном подсчете баланса атомов азота следует учесть, что шесть из атомов азота сохраняют степень окисления +5 в составе аниона NO_3^- и в окончательном уравнении образуют нитрат меди $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$. Окончательное уравнение имеет вид



Следует обязательно *проводить проверку баланса зарядов* левой и правой частей итогового уравнения. Лишь после того, как подтвердится равенство этих зарядов, можно записать окончательное уравнение окислительно-восстановительного процесса.

Задачи для самостоятельного решения

№ В.10 [В]. Из приведенного списка соединений: $\text{Cr}(\text{OH})\text{Cl}_2$, Li_2O , MgCl_2 , Na_2HPO_4 , KOH , SO_3 , H_2SO_4 , $\text{Al}(\text{OH})_3$, HCl , CH_3COOH , CaCO_3 выпишите формулы, обозначающие: 1) сильные кислоты; 2) слабые кислоты; 3) основания; 4) амфотерные основания; 5) основные оксиды; 6) кислотные оксиды; 7) средние соли; 8) кислые соли; 9) основные соли. Используя заданные соединения, напишите уравнения реакций, подтверждающие свойства конкретного соединения.

№ В.11 [В]. Из приведенного списка соединений: HCl , $\text{Fe}(\text{OH})\text{Cl}_2$, KHSO_4 , NaOH , SO_3 , MgO , CH_3COOH , CaCO_3 , H_2SO_4 , $\text{Al}(\text{OH})_3$, CaCl_2 выпишите формулы, обозначающие: 1) сильные кислоты; 2) слабые кислоты; 3) основания; 4) амфотерные основания; 5) основные оксиды; 6) кислотные оксиды; 7) средние соли; 8) кислые соли; 9) основные соли. Используя заданные соединения, напишите уравнения реакций, подтверждающие свойства конкретного соединения.

№ В.12 [В]. Из приведенного списка соединений: KOH , CH_3COOH , NaH_2PO_4 , SO_3 , HCl , $\text{Cr}(\text{OH})\text{Cl}_2$, CaCl_2 , CaCO_3 , H_2SO_4 , $\text{Al}(\text{OH})_3$, MgO выпишите формулы, обозначающие: 1) сильные кислоты; 2) слабые кислоты; 3) основания; 4) амфотерные основания; 5) основные оксиды; 6) кислотные оксиды; 7) средние соли; 8) кислые соли; 9) основные соли. Используя заданные соединения, напишите уравнения реакций, подтверждающие свойства конкретного соединения.

№ В.13 [В]. Из приведенного списка соединений: NaH_2PO_4 , KOH , SO_3 , HCl , $\text{Cr}(\text{OH})\text{Cl}_2$, MgO , CaCl_2 , CH_3COOH , CaCO_3 , H_2SO_4 , $\text{Al}(\text{OH})_3$ выпишите формулы, обозначающие: 1) сильные кислоты; 2) слабые кислоты; 3) основания; 4) амфотерные основания; 5) основные оксиды; 6) кислотные оксиды; 7) средние соли; 8) кислые соли; 9) основные соли. Используя заданные соединения, напишите уравнения реакций, подтверждающие свойства конкретного соединения.

№ В.14 [В]. Из приведенного списка соединений: $\text{Al}(\text{OH})\text{Cl}_2$, Cs_2O , MgCl_2 , Na_2HPO_4 , RbOH , SO_2 , H_2SO_3 , $\text{Al}(\text{OH})_3$, HBr , CH_3COOH , Na_2CO_3 выпишите формулы, обозначающие: 1) сильные кислоты; 2) слабые кислоты; 3) основания; 4) амфотерные основания; 5) основные оксиды; 6) кислотные оксиды; 7) средние соли; 8) кислые соли; 9) основные соли. Используя заданные соединения, напишите уравнения реакций, подтверждающие свойства конкретного соединения.

№ В.15 [В]. Из приведенного списка соединений: HCl , $\text{Cr}(\text{OH})\text{Cl}_2$, KHSO_4 , NaOH , SO_3 , MgO , CH_3COOH , CaCO_3 , H_2SO_4 , $\text{Al}(\text{OH})_3$, CaCl_2 выпишите формулы, обозначающие: 1) сильные кислоты; 2) слабые кислоты; 3) основания; 4) амфотерные основания; 5) основные оксиды; 6) кислотные оксиды; 7) средние соли; 8) кислые соли; 9) основные соли. Используя заданные соединения, напишите уравнения реакций, подтверждающие свойства конкретного соединения.

№ В.16 [А]. Рассчитайте количество вещества и объем при н.у. следующих масс газообразных веществ: 120 г CO ; 52 г NH_3 ; 100 кг Cl_2 .

№ В.17 [В]. На основе уравнений химической реакции между 56 г Fe и 32 г O_2 рассчитайте массу получившегося оксида железа(III) Fe_2O_3 .

№ В.18 [В]. На основе уравнений химической реакции между 150 г As и 160 г O₂ рассчитайте массу получившегося оксида мышьяка(V) As₂O₅.

№ В.19 [В]. На основе уравнений химической реакции между указанными веществами рассчитайте массу получившегося продукта.

| | | | | | | | |
|----------|--------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|---------------------|-----------------------|---------------------------------|
| Вариант | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Вещества | Na; O ₂ | K; O ₂ | FeO; O ₂ | BaO ₂ ; H ₂ O | Na; Cl ₂ | CaO; H ₂ O | H ₂ ; O ₂ |
| Массы, г | 20; 8 | 3,9; 1,6 | 7,2; 32 | 137; 360 | 46; 71 | 112; 180 | 2; 32 |
| Продукт | Na ₂ O ₂ | K ₂ O ₄ | Fe ₂ O ₃ | Ba(OH) ₂ | NaCl | Ca(OH) ₂ | H ₂ O |

№ В.20 [В]. Используя метод электронного баланса, составьте уравнения окислительно-восстановительной химической реакции между приведенными ниже веществами.

| | | | | | | | |
|----------|----------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|---|--------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------|
| Вариант | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Вещества | Na; O ₂ | NO; O ₂ | FeO; O ₂ | KClO ₃ | Na; Cl ₂ | Ca; H ₂ O | H ₂ ; O ₂ |
| Продукты | Na ₂ O ₂ | N ₂ O ₄ | Fe ₂ O ₃ | KCl; O ₂ | NaCl | Ca(OH) ₂ ; H ₂ | H ₂ O |
| Вариант | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| Вещества | NH ₃ ; O ₂ | NH ₃ ; O ₂ | Al; O ₂ | CrO ₃ | BaO ₂ ; HCl | N ₂ O ₅ | H ₂ O ₂ |
| Продукты | NO; H ₂ O | N ₂ ; H ₂ O | Al ₂ O ₃ | Cr ₂ O ₃ ; O ₂ | BaCl ₂ ; H ₂ O | NO ₂ ; O ₂ | H ₂ ; O ₂ |

Укажите окислитель и восстановитель.

№ В.21 [В]. Используя электронно-ионный метод, составьте уравнения окислительно-восстановительной химической реакции между приведенными ниже веществами.

| | | | |
|----------|--|--|--|
| Вариант | 1 | 2 | 3 |
| Вещества | H ₂ O ₂ + KMnO ₄ | Cl ₂ + KOH | Pt + HCl + HNO ₃ |
| Продукты | MnO ₂ + KOH + O ₂ + H ₂ O | KClO ₃ + KCl + H ₂ O | H ₂ [PtCl ₆] + NO + H ₂ O |
| Вариант | 4 | 5 | 6 |
| Вещества | Cu + HNO ₃ (разб) | AgNO ₃ + NaOH + H ₂ O ₂ | Cu + HNO ₃ (конц) |
| Продукты | NO + Cu(NO ₃) ₂ + H ₂ O | Ag + NaNO ₃ + O ₂ + H ₂ O | NO ₂ + Cu(NO ₃) ₂ + H ₂ O |

Укажите окислитель и восстановитель.

№ В.22 [С]. Используя любой из известных вам методов составления уравнений окислительно-восстановительной химической реакции, допишите уравнения между приведенными ниже веществами.

| | | | |
|----------|--|--|---|
| Вариант | 1 | 2 | 3 |
| Вещества | CrCl ₃ + H ₂ O ₂ + KOH | S + KOH | Ti + HF + HNO ₃ |
| Продукты | K ₂ CrO ₄ + H ₂ O + ... | K ₂ SO ₃ + K ₂ S + ... | H ₂ [NiF ₆] + NO + ... |
| Вариант | 4 | 5 | 6 |
| Вещества | K ₂ [TaF ₇] + K | AgNO ₃ + NaOH + H ₂ O ₂ | Au + HCl + HNO ₃ |
| Продукты | Ta + ... | Ag + NaNO ₃ + ... + H ₂ O | NO + H[AuCl ₄] + ... |

Глава 1

ВЕЩЕСТВО И ЕГО СТРОЕНИЕ

После усвоения материала главы 1 студент должен:

знать

- как использовать для решения задач основные понятия современной теории строения атома;
- как оперировать значениями квантовых чисел n , l , m_l , m_s и допустимыми соотношениями между ними;
- электронную и электронографическую формулы атома (иона);

уметь

- изображать электронные формулы атомов (ионов) в основном и возбужденном состояниях;
- определять парамагнетизм и диамагнетизм атомов (ионов) в зависимости от их электронного строения;
- схематично изображать атомные s -, p -, d -орбитали;

владеть

- навыками определения допустимых значений квантовых чисел l , m_l , m_s по заданному числу n ;
 - навыками изображения электронных формул атомов (ионов) в основном и возбужденном состояниях.
-

Основные понятия

В основе современных представлений химии о строении атомов лежит **квантовая механика** — раздел теоретической физики, изучающий *квантовые системы* и законы движения частиц в квантовых системах. Для описания поведения частиц в квантовых системах используется понятие **квант** (от лат. *quantum*) — *неделимая порция энергии*. Использование данного понятия представляет принципиальное различие классической и квантовой механики при описании движения материальных частиц.

В классической механике движение материальных частиц описывается как перемещение от точки к точке в виде определенной траектории. *При квантово-механическом описании понятие траектории отсутствует*. Состояние электрона в атоме *квантуется* — его энергия меняется скачкообразно. Он *с определенной вероятностью* появляется то в одной области пространства, то в другой, совершая при квантовании своеобразные «прыжки» из одного энергетического состояния в другое.

Движение электрона в поле ядра подчинено *квантовым законам*, которые позволяют описывать состояние электрона при переходе из одного состояния в другое. Для характеристики энергетического состояния до и после перемещения используют квантовые числа:

n — главное квантовое число, характеризующее энергетический уровень, на котором находится данный электрон в атоме;

l — орбитальное (побочное) квантовое число, характеризующее подуровень энергетического уровня, на котором находится данный электрон в атоме;

m_l — магнитное орбитальное квантовое число, учитывающее влияние внешнего магнитного поля на энергетическое состояние электрона;

m_s — собственный магнитный момент электрона (*спин*) — следствие проявления корпускулярных свойств *корпускулярно-волнового дуализма* электрона.

Совокупность квантовых чисел при подстановке их в *волновое уравнение* дает при решении этого уравнения общую характеристику — *волновую функцию* (ψ -функция) электрона, которая описывает наиболее существенные наблюдаемые физические свойства электрона. Аналитическое математическое выражение, т.е. значения этой функции в любой области околоядерного пространства, позволяет на данный момент времени определить вероятность нахождения электрона в определенной области пространства. Эта вероятность пропорциональна квадрату модуля волновой функции $|\psi|^2$ и дает возможность узнать энергию, импульс и магнитный момент интересующего нас электрона.

Точное решение волнового уравнения известно только для атома водорода. Подстановка квантовых чисел $n = 1, l = 0, m_l = 0$ позволяет определить энергию единственного электрона атома водорода $E(\text{H}) = 13,595 \text{ эВ}$ и *наиболее вероятный* радиус его орбитали $R(\text{H}) = 5,2 \text{ нм}$. Успешный расчет водородного атома позволил использовать его как модель для расчета многоэлектронных атомов.

Водородоподобные атомы химических элементов. Это понятие появилось после того, как в волновое уравнение, оправдавшее себя в случае атома водорода, стали подставлять параметры для других, уже многоэлектронных атомов. В результате решения этих уравнений получают распределение электронов в атомах других химических элементов, считая их аналогами атома водорода.

Строгое заполнение орбиталей атомов электронами выполняется лишь до элемента № 18 — аргона ($_{18}\text{Ar}$). Далее, начиная с калия $_{19}\text{K}$ в электронной оболочке атомов четвертого периода остаются незаполненные электронами $3d$ -орбитали в предвнешнем (втором снаружи) слое. На этих орбиталях электроны появляются в 3-й группе (IIIВ-группе). Возникает разновидность элементов, получившая название *d-элементы* или *переходные элементы* (имеется в виду, что в атомах этих элементов электроны вместо заполнения наружного энергетического слоя переходят на предвнешний слой).

Примеры решения задач

№ 1.1 [В] (учебник, № 1.3). Каков физический смысл квантовых чисел n, l, m_l и каковы их допустимые значения?

Ответ. Главное квантовое число n определяет *возможные уровни энергии* одноэлектронного атома, имеет значения от 1 до 7 в соответствии с периодами таблицы. Орбитальное (побочное) квантовое число l характеризует *орбитальный механический момент*, который появляется при движении электрона вокруг ядра. Иногда l называют *азимутальным квантовым чис-*

лом, чтобы отличить его от m_l — орбитального магнитного квантового числа. Значения $l = 0, 1, 2, 3, \dots$ до $(n - 1)$, или их заменяют буквами.

Числовые значения l : 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6.

Буквенные обозначения l : s, p, d, f, g, h, j.

Дискретные значения азимутального квантового числа l приводят к дискретным значениям квантового числа m_l , так как значения квантового числа m_l являются проекциями l на выбранные направления осей координат. Математически количество значений квантовых чисел m_l определяют по формуле $m_l = (2l + 1)$, а значения самих величин представляют последовательности от $-l$ через 0 до $+l$:

| l | 0 (s) | 1 (p) | 2 (d) | 3 (f) |
|-------|-------|-----------|-------------------|---------------------------|
| m_l | 0 | -1, 0, +1 | -2, -1, 0, +1, +2 | -3, -2, -1, 0, +1, +2, +3 |

№ 1.2 [В] (учебник, № 1.8, 1.11). Изобразите граничные поверхности орбиталей 0 (s), 1 (p), 2 (d), 3 (f).

Ответ. В качестве ответа приведем рисунок, взятый из Интернета (рис. 1.1).

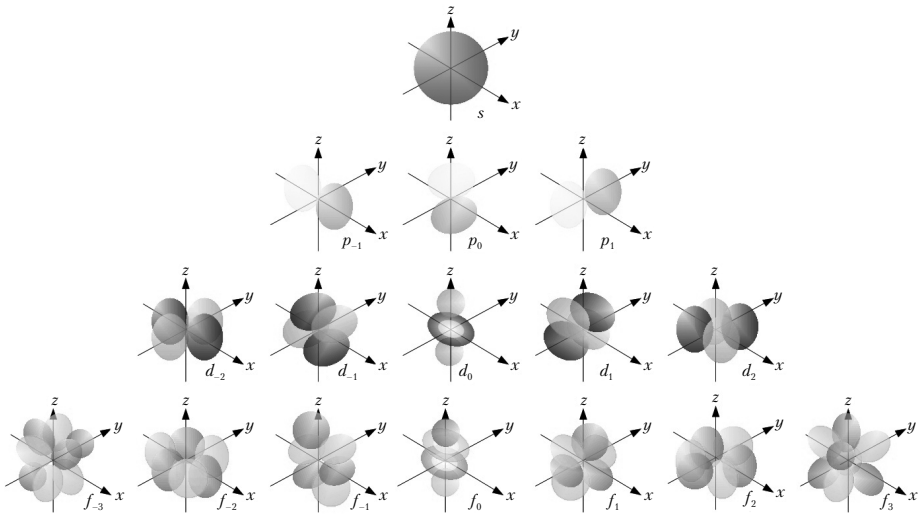


Рис. 1.1. Формы орбиталей в зависимости от значения числа m_l

Источник: [http://ru.wikiversity.org/wiki/Строение атома](http://ru.wikiversity.org/wiki/Строение_атома)

№ 1.3 [В] (учебник, № 1.12). Запишите электронные формулы атомов с зарядом ядер: а) 17; б) 33; в) 47 в стабильном и возбужденном состояниях.

Решение. Элементами с указанными зарядами являются соответственно хлор Cl, мышьяк As и серебро Ag.

а) ${}_{17}\text{Cl}^0$ стабильное состояние: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5 3d^0$;

${}_{17}\text{Cl}^*$ возбужденное состояние: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1 3p^3 3d^3$;

б) ${}_{33}\text{As}^0$ стабильное состояние: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^3 4d^0 4f^0$;

${}_{33}\text{As}^*$ возбужденное состояние: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^1 4p^4 4d^0 4f^0$;

в) ${}_{47}\text{Ag}^0$ стабильное состояние: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^6 4d^{10} 4f^0 5s^1 5p^0 5d^0 5f^0 5g^0$;

${}_{47}\text{Ag}^*$ возбужденное состояние: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^6 4d^{10} 4f^0 5s^0 5p^1 5d^0 5f^0 5g^0$.

В качестве возбужденных состояний взяты состояния с наименьшей энергией возбуждения, т.е. состояния, ближайšie по энергии к стабильному состоянию.