

Н. Л. Глинка

ОБЩАЯ ХИМИЯ

Часть 1

УЧЕБНИК ДЛЯ АКАДЕМИЧЕСКОГО БАКАЛАВРИАТА

19-е издание, переработанное и дополненное

Под редакцией доктора фармацевтических наук,
доктора педагогических наук, профессора **В. А. Попкова**,
доктора химических наук, профессора **А. В. Бабкова**

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

Книга доступна в электронной библиотечной системе
biblio-online.ru

Москва ■ Юрайт ■ 2017

Автор:

Глинка Николай Леонидович — профессор, доктор педагогических наук, заслуженный деятель науки Российской советской федеративной социалистической республики. С 1930 по 1965 г. был заведующим кафедрой общей и неорганической химии Всесоюзного заочного политехнического института.

Редакторы издания:

Попков Владимир Андреевич — доктор фармацевтических наук, доктор педагогических наук, профессор, заслуженный деятель науки Российской Федерации, заведующий кафедрой общей химии Первого Московского государственного медицинского университета им. И. М. Сеченова, действительный член Российской академии образования;

Бабков Александр Васильевич — доктор химических наук, профессор кафедры общей химии Первого Московского государственного медицинского университета им. И. М. Сеченова.

Рецензент:

Прокопов А. А. — доктор химических наук, профессор кафедры общей химии Московского государственного медико-стоматологического университета им. А. И. Евдокимова.

Глинка, Н. Л.

Г54 Общая химия. В 2 ч. Ч. 1 : учебник для академического бакалавриата / Н. Л. Глинка ; под ред. В. А. Попкова, А. В. Бабкова. — 19-е изд., перераб. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2017. — 364 с. — Серия : Бакалавр. Академический курс.

ISBN 978-5-534-01814-1 (ч. 1)

ISBN 978-5-534-01815-8

В книге изложены теоретические и практические основы курса общей химии. Большое внимание уделено строению атомов и молекул, закономерностям протекания химических реакций. В настоящем, переработанном и дополненном издании выделены в самостоятельные главы органические соединения и дисперсные системы, расширен материал по биохимии и проблемам взаимодействия человека с окружающей средой.

Учебник состоит из двух частей. Первая часть посвящена общехимическим законам, в ней раскрываются вопросы строения вещества, химических систем, учения о химическом процессе. Вторая часть содержит описание свойств химических элементов и их соединений.

Содержание учебника соответствует актуальным требованиям Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования и методическим требованиям, предъявляемым к учебным изданиям.

Издание подойдет студентам нехимических специальностей вузов и среднеспециальных учебных заведений, а также учащимся старших классов школы и абитуриентам.

УДК 54
ББК 24.1я73



Все права защищены. Никакая часть данной книги не может быть воспроизведена в какой бы то ни было форме без письменного разрешения владельцев авторских прав. Правовую поддержку издательства обеспечивает юридическая компания «Дельфи».

© Глинка Н. Л., 2010

© Попков В. А., Бабков А. В., 2011

© Попков В. А., Бабков А. В., 2013,
с изменениями

© ООО «Издательство Юрайт», 2017

ISBN 978-5-534-01814-1 (ч. 1)

ISBN 978-5-534-01815-8

Оглавление

Предисловие	6
Глава 1. Введение в общую химию	8
1. Материя и ее движение	8
2. Вещества и их изменения. Предмет химии	9
3. Значение химии	12
4. Зарождение химии и ее первоначальное развитие	14
5. Закон сохранения массы	18
6. Пневматическая химия	22
Глава 2. Атомно-молекулярная структура вещества	24
7. Возникновение атомно-молекулярного учения	24
8. Законы химии о составе веществ	25
9. Реальность атомов и молекул	31
10. Атомы. Химические элементы	33
11. Молекулы и кристаллические структуры	36
12. Количество вещества	42
13. Расчеты по уравнениям химических реакций	44
Глава 3. Периодический закон Д. И. Менделеева	50
14. Начало классификации элементов	50
15. Открытие Д. И. Менделеевым закона периодичности	52
16. Периодическая система элементов (таблица Менделеева)	54
17. Значение закона Менделеева	57
Глава 4. Строение атома. Атомное ядро	60
18. Открытие электронов	60
19. Открытие рентгеновских лучей	61
20. Открытие радиоактивности	63
21. Радиоактивный распад	64
22. Ядерная модель атома	67
23. Заряды атомных ядер	68
24. Строение атомных ядер	71
25. Устойчивость атомных ядер	74
26. Радиоактивные элементы и нуклиды	76
27. Происхождение химических элементов	79
Глава 5. Электроны в атомах	83
28. Спектры атомов в видимой и ультрафиолетовой областях. Теория Бора	83
29. Квантово-механическая теория электронного строения атомов	87
30. Характеристики состояния электрона. Квантовые числа	89
31. Структура электронных оболочек атомов	93
32. Периодически изменяющиеся свойства атомов	100
Глава 6. Химическая связь	104
33. Природа химической связи	104

34. Механизмы образования химических связей.....	107
35. Кратные (двойные и тройные) связи.....	110
36. Пространственное строение молекул.....	112
37. Метод молекулярных орбиталей.....	116
38. Полярные химические связи. Ионные связи.....	122
39. Многоцентровые химические связи. Водородные связи.....	127
40. Металлическая связь.....	131
41. Межмолекулярное взаимодействие.....	133
Глава 7. Газы и жидкости	138
42. Агрегатные состояния вещества.....	138
43. Характеристика газообразного состояния вещества.....	141
44. Кинетическая теория газов	143
45. Законы идеального газа.....	145
46. Уравнение Ван-дер-Ваальса	150
47. Воздух	151
48. Благородные (инертные) газы	153
49. Жидкости и жидкое состояние вещества	156
50. Жидкие кристаллы.....	161
Глава 8. Строение твердого вещества	163
51. Разновидности твердого состояния вещества	163
52. Кристаллическое состояние вещества.....	164
53. Внутреннее строение кристаллов	169
54. Типы кристаллических структур.....	171
55. Изоморфизм	174
Глава 9. Энергетика и направление реакций.....	177
56. Взаимосвязь химических реакций и энергетических явлений.....	177
57. Предмет химической термодинамики.....	180
58. Первое начало термодинамики.....	186
59. Возрастание неупорядоченности в самопроизвольных процессах	191
60. Второе начало термодинамики	193
61. Расчеты энтропии и энергии Гиббса.....	195
Глава 10. Химическое равновесие	199
62. Обратимость химических реакций.....	199
63. Свойства химического равновесия.....	201
64. Уравнение изотермы химической реакции	202
65. Закон действующих масс	205
66. Свойства констант равновесия	208
67. Смещение химического равновесия.....	210
Глава 11. Скорость химических реакций	213
68. Термодинамический и кинетический факторы химических реакций	213
69. Период полупревращения и скорость химической реакции	215
70. Зависимость скоростей реакций от концентраций реагентов	217
71. Механизмы сложных реакций	221
72. Зависимость скорости реакции от температуры	223
73. Катализ и катализаторы	227
Глава 12. Растворы	231
74. Характеристика растворов	231
75. Практическое значение растворов.....	233

76. Концентрация растворов.....	237
77. Растворители и растворимость.....	242
78. Зависимость растворимости от температуры.....	245
79. Растворимость газов	247
80. Осмос и осмотическое давление.....	250
81. Давление пара растворителя над раствором	253
82. Температуры замерзания и кипения растворов.....	255
Глава 13. Электролитическая диссоциация.....	259
83. Растворы электролитов	259
84. Сильные и слабые электролиты	262
85. Механизм образования ионов.....	264
86. Растворы слабых электролитов.....	266
87. Практическое значение концентраций ионов в растворах электролитов...	269
88. Растворы сильных электролитов	270
89. Ионные реакции в растворах электролитов.....	273
Глава 14. Кислоты и основания.....	276
90. Классификация веществ по типу химических реакций.....	276
91. Классы кислот и оснований	277
92. Протолитическая теория кислот и оснований	283
93. Среда в водных растворах.....	285
94. Сила кислот и оснований.....	288
95. Типы протолитических реакций	290
96. Амфотерные вещества.....	293
97. Буферные растворы	295
98. Электронная теория кислот и оснований	297
99. Реакции образования малорастворимых солей и гидроксидов.....	299
Глава 15. Реакции окисления-восстановления	304
100. Сущность и основные понятия.....	304
101. Составление уравнений реакций окисления-восстановления	307
102. Роль среды в реакциях окисления-восстановления.....	310
103. Классификация реакций окисления-восстановления.....	312
104. Сила окислителей и восстановителей.....	313
105. Направление реакций окисления-восстановления	321
106. Электролиз	323
Глава 16. Комплексные соединения	327
107. Понятие о комплексных соединениях	327
108. Разновидности лигандов по природе донорных атомов и числу связей, образуемых с центральным атомом	330
109. Номенклатура комплексных соединений.....	335
110. Реакции комплексных соединений	336
111. Устойчивость комплексных соединений в растворах.....	340
112. Строение комплексных соединений.....	344
Приложения.....	349
Литература	359
Именной указатель.....	360
Предметный указатель.....	361

Предисловие

Учебник «Общая химия», написанный профессором Н. Л. Глинкой в начале 40-х гг. прошлого столетия, оказался замечательно ценным и долгоживущим пособием в своей области знания и обучения. Он был 11 раз переиздан при жизни автора, а в дальнейшем редактировался и дополнялся. К 2012 г. «Общая химия» Глинки выдержала в общей сложности 33 издания. Тираж отдельных изданий учебника доходил до 350 тыс. экземпляров.

По этому учебнику изучали химию многие поколения студентов нехимических специальностей вузов и техникумов, школьников, стремящихся глубже освоить химию, специалистов разных областей, столкнувшихся в своей работе с необходимостью получить некоторую химическую информацию.

Специалисты старшего поколения, химики и не химики, с теплотой вспоминают этот учебник, неизменно отмечая доходчивость, простоту изложения, обилие интересных примеров. Ценными качествами книги являются также историзм изложения и приближенность к практическим задачам.

В более поздних редакциях «Общей химии» некоторые из первоначальных достоинств учебника были заметно ослаблены, исторический материал почти полностью исключен. Поэтому редакторы предлагаемого обновленного учебника выбрали в качестве прототипа 15-е издание (1971), практически не подвергавшееся изменениям по сравнению с авторским текстом. За прошедшие 42 года не только достигнут огромный прогресс в развитии химии, но и существенно изменились методика преподавания, содержание и структура программ по химии в школах, колледжах и вузах. Все это требовалось учитывать при переработке учебника, в максимальной мере сохраняя авторские подходы и бесспорные достижения в его содержании и стиле.

В результате переработки в учебнике стало на две главы больше за счет выделения разделов *органические соединения* и *дисперсные системы* в отдельные главы. Перераспределение материала между рядом других глав повлекло за собой в отдельных случаях изменение названий глав. Цифровой материал по свойствам химических элементов и веществ пересмотрен и представлен в основном по «Химической энциклопедии» (1988–1998) и справочнику Дж. Эмсли «Элементы» (1993). Данные по объемам промышленного производства приведены в ориентировочном виде для характеристики практической важности тех или иных химических продуктов.

Терминология и номенклатура химических соединений скорректированы в соответствии с современным состоянием.

В период времени, когда вышли первые 10–15 изданий учебника, химия рассматривалась главным образом как средство «химизации» народ-

ного хозяйства, повышения производительности труда и обороноспособности государства. В настоящее время акценты значительно сместились к рассмотрению химии как класса явлений, лежащих в основе биологических процессов. Химические элементы Вселенной оказались пригодными для построения биологических систем и поддержания процессов, составляющих сущность жизнедеятельности. Вероятно, именно этот аспект химии делает ее не только практически необходимой, но и мировоззренческой наукой, стимулирующей неослабевающий интерес к ней. В соответствии с этим в новой редакции учебника расширен материал по биологическому значению химии.

Читателям учебника рекомендуем с должным вниманием отнестись к прочтению и анализу приведенных примеров, так как в них содержится особенно действенный обучающий материал.

В результате изучения химии по данному учебнику студенты должны:

знать

- предмет, основное содержание дисциплины «общая химия»;
- практическое значение химии;
- основные опасности и риски, связанные с хозяйственным и бытовым применением химии (веществ и процессов);

уметь

- применять знания по химии при изучении специальных дисциплин;
- объяснять явления и наблюдения в возникающих ситуациях, связанных с химией;
- использовать справочные материалы по химии;

владеть

- навыками написания уравнений химических реакций;
- навыками расчетов, связанных со строением вещества и химическими явлениями.

В данной редакции учебника главы 6—14 и 21—23 переработаны академиком РАО В. А. Попковым (профессор, заведующий кафедрой общей химии Московской медицинской академии им. И. М. Сеченова).

Главы 1—5, 15—20 и 24—27 переработаны профессором А. В. Бабковым (кафедра общей химии Московской медицинской академии им. И. М. Сеченова).

Редакторы издания с благодарностью примут замечания по содержанию книги и непременно учтут их, если для этого представится возможность.

Глава 1.

ВВЕДЕНИЕ В ОБЩУЮ ХИМИЮ

Изучив содержание главы 1, студенты должны:

знать

- основные представления о материи и веществе;
- предмет химии как науки;
- значение химии в жизни и хозяйственной деятельности человека;
- основные этапы развития химии;
- закон сохранения массы;

уметь

- применять закон сохранения массы к химическим явлениям;

владеть

- навыками расчетов на основе закона сохранения массы.
-

1. Материя и ее движение

Химия относится к числу естественных наук, изучающих окружающий нас мир со всем богатством его различных форм и многообразием происходящих в нем явлений.

Каждый человек представляет собой часть природы, и все, что окружает человека, чем он пользуется в своей деятельности, что создает из исходных материалов, — все является объектами окружающей действительности. Все состоит из веществ или материалов. Бесконечно (если можно так выразиться) разнообразие этих объектов как по форме, так и по материальной составляющей. В самом деле, науке известно уже до 20 млн веществ, и ежегодно к ним добавляются сотни тысяч ранее неизвестных.

Можно слышать или встретить в книгах и несколько иное утверждение: «Все существующее является проявлением материи, состоит из материи, нет ничего, что не состояло бы из материи». Материя — это философская категория, и не может быть единого понимания смысла этой категории, так как существуют разные философские направления (течения). В практических целях, чтобы не путать понятия «вещество» и «материя», можно понимать под материей следующее.

Материя — это полная совокупность физически регистрируемых микро-частиц.

Многие микрочастицы изучаются в средней школе. Это протоны, нейтроны, электроны, мезоны, нейтрино, их античастицы, фотоны и т.д. Открыто много неустойчивых частиц. Список можно продолжить более

чем до сотни микрочастиц, но, тем не менее, очевидно, что здесь уже нет бесконечного разнообразия. Материя как глубинная основа всех веществ сводится к небольшому числу качественно различных элементов. Микрочастицы взаимодействуют между собой, объединяясь в различные ансамбли. Протоны, нейтроны и электроны образуют атомы. Атомы тоже относятся к микрочастицам, но они отличаются хорошо известной структурой, в то время как структура протонов, нейтронов и других простейших микрочастиц еще не до конца ясна. Атомы способны к дальнейшему объединению, образуя молекулы, макромолекулы и кристаллические структуры. Столь гигантские ансамбли микрочастиц воспринимаются уже как вещества и материалы. Их можно непосредственно видеть, осязать, обрабатывать, смешивать, испытывать приборами. Нередко слово «материя» используется в упрощенном смысле как замена слова «вещество».

Материя находится в непрерывном движении. Это совершенно буквально относится ко всем микрочастицам, а далее проявляется в движении и изменении всех их ансамблей, т.е. окружающих нас веществ и всевозможных предметов. Говоря о движении, мы не должны понимать его узко механически, как простое перемещение в пространстве. Формы движения материи чрезвычайно разнообразны. Нагревание и охлаждение тел, излучение света, электрический ток, химические превращения, жизненные процессы и, наконец, мысль — все это различные формы движения материи. Одни формы движения могут переходить в другие. Так, механическое движение легко переходит в тепловое, тепловое в химическое, химическое в электрическое и т.д. Эти переходы свидетельствуют о единстве и связи качественно различных форм движения. Отдельные формы движения материи изучаются разными науками: физикой, химией, биологией и др.

При всех разнообразных переходах одних форм движения в другие точно соблюдается основной закон природы — закон сохранения материи и ее движения. Этот закон распространяется на всю материю и все формы движения. Материя и движение не исчезают, а лишь изменяют форму и переходят от одних тел к другим. Эти положения подтверждены человеческой практикой, но не имеют теоретического доказательства.

Вся совокупность наук о природе называется *естествознанием*. Оно вскрывает закономерности явлений природы и связь между ними. Изучение и познание этих закономерностей дают человеку возможность использовать природные явления для обеспечения своего существования и предпринимать необходимые меры для поддержания устойчивого состояния окружающей среды.

2. Вещества и их изменения. Предмет химии

Каждый отдельный вид материальной основы тел, обладающий определенными физическими свойствами, как то: вода, железо, медь, сера, известь, уголь, кислород и т.д., в химии называют *веществом*. Возьмем, например, кусок серы. Исследуя его, прежде всего отмечаем, что это вещество светло-желтого цвета, хрупкое, имеет кристаллическое строение, нерастворимо

в воде. Далее, определяя плотность серы, находим ее равной $2,07 \text{ г/см}^3$. Подвергая серу нагреванию, устанавливаем, что она плавится при $112,8^\circ\text{C}$, и т.д. Все эти характерные особенности серы являются ее физическими свойствами.

Величины, количественно выражающие физические свойства вещества — плотность, температуру плавления, растворимость и др., имеющие при определенных условиях постоянные значения, называют *физическими константами* (от лат. «constans» — постоянный).

Для установления свойств вещества необходимо иметь его возможно более чистым, так как примеси других веществ изменяют числовые значения констант изучаемого вещества. Очистка веществ от примесей представляет собой одну из постоянно осуществляемых химических операций. Вещество с минимально достижимым содержанием примесей называют *индивидуальным* веществом.

Вещества в индивидуальном виде в природе встречаются редко. В большинстве случаев природные вещества представляют собой смеси, включающие большое количество разных веществ. Так, например, природная вода всегда содержит примеси солей. Когда одно из веществ содержится в смеси в преобладающем количестве, то вся смесь носит его название. На Урале иногда находят платиновые самородки. Фактически, кроме платины они содержат другие платиновые металлы, серебро, золото и другие элементы. Проводя еще одну важнейшую химическую операцию — анализ, устанавливают количественное содержание примесей.

В химии употребляются синонимы слова «вещество», среди которых следует остановиться на понятии «*химический реактив*». Это вещество, специально выпускаемое промышленностью и снабженное сертификатом, характеризующим его качество, т.е. допустимое максимальное содержание примесей, как в сумме, так и по отдельности. В табл. 1.1 приведены сведения об основных сортах или квалификациях химических реактивов.

Таблица 1.1

Качество химических реактивов

Квалификация	Обозначение	Содержание основного вещества, частей на 1000 частей по массе
Технический	тех	Более 700
Чистый	ч	Не менее 980
Чистый для анализа	чда	Не менее 990
Химически чистый	хч	Более 990
Особо чистый	осч	Более 999

Говоря о некотором образце вещества, часто употребляют слово «чистый», имея в виду, что вещество не содержит примесей. В действительности, вещества всегда содержат примеси. Слово «*чистый*» произносится взамен более точного понятия «*индивидуальный*». Иногда человек говорит о каком-то веществе, что оно абсолютно чистое. Однако это лишь

эмоциональное усиление оценки качества, так как вещество, совершенно очищенное от примесей, получить невозможно.

Индивидуальное вещество характеризуется однородностью, смеси же могут быть однородными или неоднородными.

Однородными называют смеси двух или нескольких веществ, в которых ни непосредственно по внешнему виду, ни при помощи специальных приборов нельзя обнаружить частиц этих веществ измеримой величины. Такими смесями являются смеси газов, многие жидкости (растворы), некоторые сплавы.

Примерами неоднородных смесей могут служить горные породы, почва, мутная вода, пыльный воздух и т.д.

Не всегда неоднородность смеси заметна сразу. В некоторых случаях ее можно обнаружить только при помощи микроскопа. Например, кровь с первого взгляда представляется совершенно однородной красной жидкостью, но при изучении ее под микроскопом видно, что она состоит из бесцветной основы, в которой плавают красные и белые тельца.

Повсеместно мы можем наблюдать, что вещества претерпевают различные изменения: пролитая вода «высыхает», превращаясь в невидимый пар; стальной предмет во влажном воздухе покрывается ржавчиной; дрова в печи сгорают, оставляя лишь небольшую кучку пепла; опавшие листья с деревьев постепенно истлевают, превращаясь в темную массу перегноя, и т.д.

Кусочек свинца легко нагреть на домашней плите до плавления, перехода в жидкое состояние. Но этот переход не сопровождается химическим изменением свинца — металл перешел в другое состояние, оставаясь тем же веществом. Иначе обстоит дело, когда свинец в результате продолжительного нагревания на воздухе превращается в оксид свинца (глет). В этом случае вместо свинца получается новое вещество с другими свойствами, качественно отличное от свинца. Точно так же при ржавлении стали, горении древесины, гниении листьев образуются новые вещества, качественно отличные от исходных.

Явления, сопровождающиеся коренными изменениями вещества, при которых из одних веществ образуются другие, новые вещества, называются *химическими*. Изучением таких явлений занимается *химия*. Следовательно, **химия есть наука о превращениях веществ. Она изучает состав и строение веществ, зависимость свойств вещества от его состава и строения, условия и пути превращения одних веществ в другие.**

Химические изменения всегда сопровождаются изменениями физическими. Поэтому химия теснейшим образом связана с физикой. Очень тесно связана химия и с биологией, поскольку все процессы жизнедеятельности — среди них кровообращение, дыхание, пищеварение, зрение, мышление — сопровождаются непрерывными химическими превращениями веществ в организме, непрерывным обменом веществ между организмом и окружающей его средой. Однако, несмотря на то что химические явления и связаны с физическими, так же как биологические связаны и с химическими, и с физическими явлениями, химия не может быть сведена к физике, а биология к физике и химии, так как каждая форма движения имеет свои качественные особенности.

В химии, как и в других науках, изучение всякого явления начинается с наблюдения и описания. Но наука не ограничивается одним только описанием наблюдаемых явлений; ее важнейшей задачей является их объяснение. В поисках объяснений явлений мы стараемся глубже проникнуть в их сущность, выяснить причины, вызывающие их, установить условия, при которых они могут происходить. Для этого приходится искусственно воспроизводить различные явления в наиболее удобных для их изучения условиях и обстановке. Такое искусственное воспроизведение явления называется *опытом*. Чаще всего опыт производится для проверки справедливости мыслей или предположений, возникающих при изучении явления. Предположения, выдвигаемые для объяснения данного явления, устанавливающие его связь с другими, ранее изученными явлениями, объединяющие несколько явлений одной общей идеей, называются *гипотезами*. Если следствия, логически вытекающие из сделанного предположения, подтверждаются опытом, если гипотеза не только объясняет данное явление, но и позволяет делать обобщающие выводы, предугадывать новые явления, то гипотеза становится *теорией*. Если же опыт не подтверждает выдвинутую гипотезу, то она отбрасывается.

Теория, являясь широким обобщением опыта, значительно облегчает изучение явлений, позволяет понять их глубже и правильнее. В то же время она дает направление и указания для постановки новых опытов, имея, таким образом, не только познавательное, но и методологическое значение. Теория позволяет вести исследования не вслепую, а планомерно, руководствуясь определенной точкой зрения, опираясь на уже установленные закономерности.

Особенно важными теоретическими обобщениями в химии, обеспечившими успехи этой науки, являются атомно-молекулярное учение, теория химического строения, закон периодической зависимости свойств химических элементов от зарядов их ядер — закон Менделеева.

3. Значение химии

Насколько важна химия для каждого человека, следует оценивать исходя из данного выше определения химии. Если химия — наука о веществах, то следует понимать, насколько важны вещества и знания о них.

На веществах и их превращениях основана жизнь. Тело человека состоит из нескольких тысяч различных белков, десятков разных липидов (жиров), углеводов. Соединяясь между собой, их молекулы образуют еще более сложные производные. Мы начали перечисление с больших молекул (белков), но в процессах жизнедеятельности участвуют и более простые вещества — разнообразные кислоты и их производные, неорганические и органические соли и т.д. Для жизни необходимо более 30 химических элементов. Одним из непрерывных проявлений жизнедеятельности, наряду с биением сердца, является дыхание. Как известно, смысл его заключается в снабжении всех тканей и органов кислородом, который в изумительно отлаженных клеточных процессах окисляет определенные органические вещества (как сказали бы в технике — энергоносители), освобождая заключенную в них энергию, которая и является необходимым фактором поддер-

жания жизни. Поэтому одним из важнейших природных процессов является синтез глюкозы в листьях растений, идущий при условии поглощения энергии солнечного излучения. Эти штрихи к характеристике роли химии в жизнедеятельности призваны в первую очередь привлечь внимание к такому необычайному феномену, производному от химической формы движения, каковым является жизнь.

Далее можно говорить о том, как химия помогает человеку жить, сохранять и восстанавливать здоровье, повышать комфортность жизни, облегчать труд, обеспечивать пищей и одеждой, делать интереснее досуг, защищать от многих неблагоприятных факторов. Ко всему этому и сводятся задачи промышленности, включая, конечно, и химическую промышленность. Одному человеку на год химических товаров требуется не так уж много, но при умножении на 6,5 млрд численности населения Земли получаются устрашающие цифры. За каждым килограммом конечного продукта скрываются килограммы отходов производства, да и сам конечный продукт превращается в отходы. В последующих главах будут приведены данные о масштабах производства важнейших химических продуктов.

Химия как наука открывает и исследует вещества. В современной химии каждое вновь полученное вещество проходит комплекс испытаний, включая обязательно изучение биологической активности. Из тысяч синтезированных и изученных веществ единицы проявляют какую-то полезную активность и отбираются для более детального изучения. В конце концов некоторые из них отбираются для лекарственного использования. На специальных химико-фармацевтических заводах производят лекарственные вещества небольшими партиями. Средства бытовой химии и полимерные вещества тоже проходят тщательный отбор, и для практического применения отбирается небольшая часть веществ. Этим отчасти и объясняется, зачем химикам понадобилось синтезировать 20 млн веществ, и это число продолжает увеличиваться. При получении веществ решаются не только практические задачи, но и чисто научные: проверяются новые идеи, гипотезы, совершенствуются методы синтеза.

Перечислим отрасли хозяйства, в которых особенно очевидна и велика доля химии.

Добывающая промышленность извлекает из недр Земли природные вещества, служащие сырьем для дальнейшей переработки.

Металлургия — старейшая отрасль промышленности, применяющая химические методы получения металлов.

Промышленность строительных материалов производит цемент, известь, керамику, стекло. В любом из этих производств применяются химические процессы.

Производство красителей и лаков. Продукция применяется во всех прочих производствах.

Бумажная промышленность применяет химические процессы переработки древесины.

Текстильная промышленность использует природные и синтетические волокна, подвергаемые разным видам химической обработки, включая крашение.

Пищевую промышленность тоже можно рассматривать как специфическую отрасль химической промышленности.

Переработка нефти и других горючих ископаемых. Здесь продукцией являются разные виды моторного топлива, газ для бытовых и промышленных целей, большой комплекс продуктов, получаемых из углеводородов.

Химическая промышленность. Многие отрасли производства оказываются, по существу, химическими. Химическая промышленность как таковая выпускает главным образом вещества, которые могут использоваться во многих других производствах: серная, азотная, соляная кислоты, щелочи, сода, аммиак и многое другое. В огромных количествах производятся и органические вещества: уксусная кислота, метанол, этанол, ацетон, анилин, этиленоксид и т.д.

Во всех перечисленных производствах и во многих других сферах деятельности применяется химический анализ. Он необходим для контроля производственных процессов и качества продукции, для определения примесей в питьевой воде и воздухе, для контроля качества лекарств, в медицине — для диагностики, в спорте — для допинг-контроля.

Дальнейшее развитие химических производств будет направлено не только на увеличение производства, но и на совершенствование технологии, с целью уменьшения отходов и вредных выбросов в окружающую среду, снижения расхода энергии.

4. Зарождение химии и ее первоначальное развитие

Химия, как и другие науки, возникла в процессе практической деятельности человека.

Добывая средства существования, человек постепенно познавал причины различных явлений, находил возможности использовать некоторые превращения веществ. Тысячелетия тому назад люди уже умели получать много полезных материалов: выплавлять металлы из руд, изготавливать и применять различные сплавы, варить стекло и изготавливать из него разные изделия. В Египте, который по развитию техники являлся одной из самых передовых стран древнего мира, уже задолго до нашей эры процветали многие ремесла, основанные на использовании химических процессов. Египтяне выплавляли железо из руд, получали цветные стекла, дубили кожу, извлекали из растений лекарства, краски, душистые вещества и т.д. Еще раньше началось развитие различных химических производств в других странах древней культуры — Индии и Китае.

Конечно, разрозненные химические сведения еще не составляли науку, но наряду с наблюдением природных явлений они создавали основу для размышлений о строении материи и ее превращениях. В дошедших до нас памятниках древней индийской философии ясно выражена идея о том, что вселенная построена из небольшого числа простых веществ.

Более широкое и цельное философское воззрение на природу сложилось в Древней Греции. Здесь впервые возникла мысль, что основа всех веществ едина, что все разнообразные вещества, из которых построен мир, это лишь

различные формы одного и того же начала. Одни из греческих философов учили, что все существующее произошло из воды. По мнению других — основой мира является воздух. Третьи принимали за начало всех вещей огонь. В V в. до нашей эры Эмпедокл, объединив идеи своих предшественников, добавил к указанным ими трем основным видам материи землю и допустил существование четырех начал, которые он назвал элементами.

В том же веке возникло и совершенно иное философское направление, пытавшееся объяснить строение материи. Представителями этого направления явились Левкипп и его ученик Демокрит — крупнейшие философы древности. По учению Демокрита, все тела природы построены из мельчайших твердых непроницаемых и неделимых частиц, которые он назвал атомами. Атомы так малы, что их нельзя видеть. Они могут быть бесконечно разнообразны по форме и величине, но все состоят из одной и той же материи. В мире нет ничего, кроме атомов и пустого пространства между ними. Различие между веществами зависит только от различия в числе, форме и порядке расположения атомов, из которых они образованы. Атомы обладают способностью вечного движения. Движением атомов объясняются сжатие тел при охлаждении и расширение при нагревании, смешивание с водой при растворении и другие явления. Всякое изменение состоит лишь в соединении и разделении атомов.

Учение Демокрита далеко опередило взгляды его современников, но не получило всеобщего признания. Развивавшаяся впоследствии философия стремилась объяснить все явления исходя из абстрактных качеств вещества. В основу этой философии легло учение Аристотеля (384—322 гг. до н.э.), оказавшее большое влияние на направление развития естествознания в последующие века.

Аристотель считал, что в основе всего материального бытия лежит первоматерия. Она вечна, не может возникнуть из ничего и превратиться в ничто, ее количество в природе неизменно. Первоматерии присущи четыре основных качества, воспринимаемых нашими чувствами и попарно противоположных друг другу: тепло и холод, сухость и влажность. Разнообразие веществ зависит от сочетания этих качеств в различных пропорциях. Комбинируя качества попарно, Аристотель приходит к четырем элементам Эмпедокла — земле, воде, огню и воздуху (рис. 1.1).

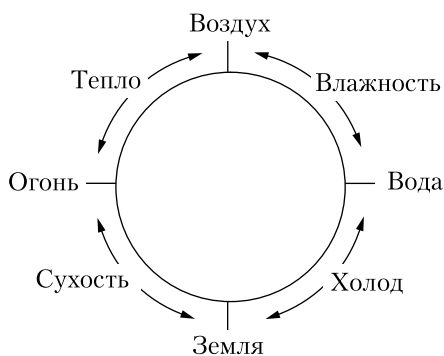


Рис. 1.1. Элементы природы по Аристотелю

По представлениям Аристотеля, основные качества не связаны нераздельно с первичной материей — их можно отнимать у нее или прибавлять к ней. Так, например, нагревая воду, мы отнимаем от нее холод и придаем ей тепло, вода испаряется, т.е. превращается, как считал Аристотель, в воздух. Из этого делался вывод, что один элемент может перейти в другой. Искусство создания различных веществ сводилось, таким образом, к соединению определенных качеств.

Греческие философы создавали общие представления о происходящем в природе, опираясь только на наблюдения; производительные силы общества были еще очень далеки от того уровня, когда могла бы возникнуть точная наука, основанная на эксперименте.

В то время как философы основное свое внимание сосредоточили на отвлеченных теориях, стараясь понять внутреннее строение материи, не прекращалось и постепенное накопление практических сведений о химических превращениях.

По общепринятому теперь мнению, химия как собрание различных сведений о веществах, часто облеченных в мистическую форму, возникла в I в. в Александрии — городе, расположенном в дельте Нила. Александрия являлась огромным торговым и культурным центром, куда стекались люди и товары из всех стран античного мира. Там концентрировались и оттуда распространялись практические знания, существовавшие в Египте с древнейших времен, и находили развитие философские идеи античной Греции. Трактаты, написанные в Александрии в I в., содержали много химических сведений, изображения химических аппаратов, описания операций прокаливания, возгонки, фильтрования, растворения, кристаллизации. Там же возникла идея о возможности превращения неблагородных металлов в золото, идея, которая надолго увлекла химию на путь неосуществимых исканий.

После завоевания в VII в. Египта и других стран Востока арабами часть накопленных в Александрии практических химических знаний все же сохранилась. Арабы воспользовались ими, а в дальнейшем открыли и изучили много новых веществ, в том числе азотную кислоту и различные соли. Употреблявшееся александрийскими учеными слово «химия» путем прибавления к нему арабской приставки *ал* превратилось в *алхимию*. Арабские ученые оставили ряд книг, содержащих описания различных химических опытов и много практических сведений.

Завоевание арабами Южной Испании способствовало проникновению в Западную Европу практических химических знаний; вместе с ними проникла также и идея о превращении неблагородных металлов в золото. Средние века проходят в Европе в безнадежных попытках осуществить эту идею. В истории химии этот период носит название *алхимического*. Господствующим учением являлось учение Аристотеля. Усилия алхимиков были направлены в первую очередь на отыскание таинственного философского камня, который должен был обладать чудесным свойством не только превращать неблагородные металлы в золото, но и исцелять болезни, возвращать молодость и удлинять жизнь.

Перелом в развитии химии начался только в эпоху Возрождения. В это время, характеризующееся возникновением в Европе капиталистических

отношений, жизнь выдвигает перед химией много новых практических задач. Опыты применения химических препаратов при лечении болезней привели к созданию нового направления в химии, получившего название *ятрохимии* (медицинской химии). Основателем его был швейцарский врач Парацельс (1493—1541), считавший основной целью химии приготовление лекарств. Успешные результаты, достигнутые Парацельсом, применившим химические препараты в своей медицинской практике, принесли ему огромную известность и привлекли к химическим исследованиям многих врачей. Новое направление оттеснило на задний план проблемы алхимиков и внесло разумное начало в изучение химических превращений. К этому же времени относятся работы немецкого металлурга Г. Агриколы (1494—1555), заложившие основы металлургии и открывшие для химии новую, весьма обширную область применения.

Хотя химики этого периода еще находились под влиянием учения Аристотеля и разделяли многие заблуждения алхимиков, в том числе и веру в философский камень, все же их работы дали возможность значительно углубить имевшиеся химические знания.

На Руси алхимия не имела распространения. Русская практическая химия вплоть до XVII в. развивалась почти независимо от Западной Европы. Обмен химическими знаниями происходил главным образом со странами Ближнего Востока (Византией, Арменией и др.). Русские мастера своими наблюдениями и изобретениями расширяли получаемые практические сведения и способствовали дальнейшему развитию химических знаний. Накопленный русскими химиками опыт был отчасти отражен в многочисленных рецептурных сборниках, носивших на Руси названия *травников, цветников, уставов, лечебников*.

Только в XVII в. химия начинает освобождаться от схоластического подхода к изучению природы и строить свои выводы на основе точного эксперимента. Начало этому новому направлению в химии было положено Робертом Бойлем (1627—1691).

Бойль первым применил в химии новый метод исследования, в основе которого лежало представление о том, что познания возникают из обобщения данных опыта и закономерностей, наблюдаемых в явлениях природы. Задача химика, говорил Бойль, заключается в том, чтобы ставить опыты, собирать наблюдения и не выдвигать ни одной теории без тщательного исследования относящихся к ней явлений. Цель химии — познание строения тел, а средство этого познания — химический анализ, состоящий в разложении тел на элементы. Но элементы Бойля не имеют ничего общего с аристотелевскими элементами. По учению Бойля, элементами следует считать «те простейшие тела, из которых составлены сложные тела и к которым мы в конце концов приходим, разлагая последние». Теоретические взгляды Бойля на химические элементы изложены им в книге «Скептик-химик», где он подвергает резкой критике представления алхимиков и их учение о превращении металлов.

Работы Бойля и особенно его метод исследования оказали большое влияние на дальнейшее развитие химии. Однако потребовалось еще около 100 лет, чтобы химия окончательно избавилась от ига аристотелевского