

СОДЕРЖАНИЕ

От автора.....	3	3.3. Закон сохранения массы.....	44
Часть I. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ХИМИИ.....	5	3.4. Закон постоянства состава.....	45
Г л а в а 1. Предмет химии. Вещество.....	6	3.5. Закон Авогадро. Плотность и относительная плотность газов.....	46
1.1. Предмет химии.....	6	3.6. Закон объемных отношений Гей-Люссака.....	48
1.2. Атомно-молекулярная теория.....	7	3.7. Способы собирания газов в лаборатории.....	48
1.3. Вещество.....	8	3.8. Молярная концентрация газа.....	50
1.4. Характеристики вещества.....	9	3.9. Объединенный газовый закон. Уравнение Клапейрона—Менделеева.....	50
1.5. Физические и химические явления.....	14	Г л а в а 4. Строение электронных оболочек атомов.....	52
1.6. Химические уравнения и схемы.....	15	4.1. Двойственная природа электрона. Электронное облако и атомная орбиталь.....	52
1.7. Еще раз о химических формулах.....	17	4.2. Энергетические уровни и подуровни в атоме.....	55
1.8. Составление формул сложных веществ по их названиям.....	19	4.3. Распределение электронов в атоме.....	58
1.9. Чистые вещества и смеси.....	20	4.4. Основное, возбужденное и невозможные состояния атома.....	62
1.10. Разделение смесей.....	21	4.5. Электронные конфигурации ионов.....	63
1.11. Классификация веществ.....	24	4.6. Квантовые числа электрона.....	63
Г л а в а 2. Атом. Химический элемент. Молекула.....	27	Г л а в а 5. Периодический закон и периодическая система элементов.....	68
2.1. Как выглядит атом.....	27	5.1. Периодический закон элементов.....	68
2.2. Элементарные частицы атома.....	30	5.2. Структура периодической системы.....	68
2.3. Нуклиды. Изотопы.....	31	5.3. Семейства элементов.....	71
2.4. Ионы.....	33	5.4. Изменение свойств атомов по периодам и группам.....	72
2.5. Химический элемент.....	33	5.5. Высшая валентность и высшая степень окисления.....	77
2.6. О соотношении понятий «химический элемент», «атом» и «простые вещества».....	35	5.6. Изменение ионных радиусов.....	78
2.7. Относительная атомная масса.....	36	5.7. Изменение свойств простых и сложных веществ.....	79
2.8. Молекулы. Относительная молекулярная и формульная масса.....	38	Г л а в а 6. Химическая связь.....	82
2.9. Явление радиоактивности.....	40	6.1. Что следует понимать под химической связью.....	82
Г л а в а 3. Моль. Молярная масса. Основные законы химии.....	42	6.2. Ковалентная связь.....	83
3.1. Моль.....	42	6.3. Свободные радикалы.....	87
3.2. Молярная масса.....	43	6.4. Способы перекрыwania АО: σ - и π -связи.....	87
		6.5. Одинарные и кратные связи.....	88
		6.6. Ковалентные полярные и неполярные связи. Молекулы полярные и неполярные.....	89
		6.7. Характеристики ковалентной связи.....	93
		6.8. Гибридизация атомных орбиталей.....	96

Глава 7. Ионная связь. Металлическая связь.		Глава 14. Соли (кислые и основные)	160
Типы кристаллических решеток	100	14.1. Общая характеристика	160
7.1. Ионная связь	100	14.2. Химические свойства кислых солей	163
7.2. Металлическая связь	103	14.3. Получение кислых солей	165
7.3. Типы кристаллических решеток	106	14.4. Химические свойства и получение основных солей	166
Глава 8. Межмолекулярное взаимодействие	111	Глава 15. Комплексные соли (на примере соединений алюминия, цинка и бериллия). Генетическая связь между классами неорганических соединений	167
8.1. Природа межмолекулярного взаимодействия	111	15.1. Комплексные соединения	167
8.2. Водородная связь	114	15.2. Влияние порядка смешивания реагентов на состав продуктов	169
8.3. На что влияет водородная связь	118	15.3. Связь между классами неорганических соединений	171
Глава 9. Степень окисления и валентность	120	Глава 16. Классификация химических реакций в неорганической химии. Окислительно-восстановительные реакции	174
9.1. Степень окисления	120	16.1. Классификация химических реакций	174
9.2. Валентность	123	16.2. Окислительно-восстановительные реакции	178
9.3. Валентные возможности атомов элементов	125	Глава 17. Скорость химической реакции	183
9.4. О соотношении валентности и степени окисления	127	17.1. Общие понятия	183
Глава 10. Оксиды	129	17.2. От чего зависит скорость химической реакции	186
10.1. Общая характеристика	129	17.3. Энергия активации	188
10.2. Общие химические свойства оксидов	131	17.4. Катализ и катализаторы	190
10.3. Специфические химические свойства оксидов	137	Глава 18. Химическое равновесие	193
10.4. Получение оксидов	138	18.1. Сущность химического равновесия	193
Глава 11. Основания. Амфотерные гидроксиды	140	18.2. Смещение химического равновесия	194
11.1. Общая характеристика	140	Глава 19. Растворы	201
11.2. Химические свойства нерастворимых в воде оснований	142	19.1. Общая характеристика	201
11.3. Химические свойства щелочей	142	19.2. Тепловые эффекты процессов растворения	206
11.4. Получение нерастворимых оснований и щелочей	144	19.3. Растворимость веществ	208
11.5. Амфотерные гидроксиды: свойства и получение	145	19.4. Качественные и количественные характеристики растворимости	212
Глава 12. Кислоты	147	Глава 20. Электролитическая диссоциация	215
12.1. Общая характеристика	147	20.1. Электролиты и неэлектролиты	215
12.2. Химические свойства кислот	150		
12.3. Способы получения кислот	153		
Глава 13. Соли (средние)	155		
13.1. Общая характеристика	155		
13.2. Химические свойства средних солей	155		
13.3. Получение средних солей	158		

20.2. Механизм электролитической диссоциации	216
20.3. Сильные и слабые электролиты	218
20.4. Уравнения диссоциации электролитов	221
20.5. От чего зависит степень электролитической диссоциации	223
20.6. Водородный показатель (рН)	224
20.7. Кислоты, основания, амфотерные гидроксиды и соли с точки зрения теории электролитической диссоциации (ТЭД)	226
Глава 21. Ионные уравнения реакций. Гидролиз солей.	
Электролиз	230
21.1. Ионные уравнения	230
21.2. Гидролиз солей	233
21.3. Электролиз водных растворов и расплавов электролитов	235
Часть II. ХИМИЯ ЭЛЕМЕНТОВ И ИХ СОЕДИНЕНИЙ	239
Глава 22. Общая характеристика неметаллов. Водород	240
22.1. Неметаллы — химические элементы	240
22.2. Неметаллы — простые вещества	242
22.3. Оксиды и водородные соединения неметаллов	244
22.4. Водород	245
Глава 23. Неметаллы VIIA-группы	251
23.1. Химические элементы	251
23.2. Простые вещества	253
23.3. Химические свойства и получение хлора	254
23.4. Другие соединения галогенов	256
23.5. Обнаружение анионов галогенов. Применение галогенов	259
Глава 24. Неметаллы VIA-группы	260
24.1. Химические элементы	260
24.2. Простые вещества	262
24.3. Водородные и кислородные соединения халькогенов	262

24.4. Кислород: химические свойства, получение и применение	264
24.5. Сера: физические и химические свойства и применение	269
24.6. Серная кислота	271
24.7. Химические основы промышленного получения серной кислоты контактным способом	276
24.8. Применение серной кислоты и ее солей. Отношение сульфатов к нагреванию	279

Глава 25. Неметаллы VA-группы. Азот и его соединения	281
25.1. Химические элементы	281
25.2. Простые вещества	283
25.3. Водородные и кислородные соединения	284
25.4. Азот: физические и химические свойства, получение и применение	285
25.5. Аммиак: свойства и получение	288
25.6. Гидрат аммиака	293
25.7. Соли аммония	294
25.8. Азотная кислота	298
25.9. Получение азотной кислоты и ее применение	303
25.10. Соли азотной кислоты	304

Глава 26. Фосфор и его соединения	307
26.1. Физические свойства аллотропных модификаций. Получение фосфора	307
26.2. Химические свойства фосфора	309
26.3. Оксиды фосфора	311
26.4. Применение фосфора и его соединений	315
26.5. Минеральные удобрения	316

Глава 27. Неметаллы IVA-группы	320
27.1. Общая характеристика	320
27.2. Простые вещества. Аллотропия углерода	322
27.3. Химические свойства углерода и кремния	326
27.4. Оксиды углерода и кремния	329
27.5. Угольная и кремниевая кислоты. Карбонаты и силикаты	331
27.6. Применение углерода, кремния и их соединений	332
27.7. Стекла. Вяжущие строительные материалы. Керамические материалы	333

Глава 28. Общая характеристика металлов	335
28.1. Химические элементы	335
28.2. Простые вещества: физические свойства	336
28.3. Простые вещества: химические свойства	339
28.4. Оксиды и гидроксиды металлов	344
28.5. Металлы в природе. Получение металлов	347
28.6. Электрохимический (э/х) ряд напряжений металлов	352
28.7. Коррозия металлов. Защита металлов от коррозии	354
28.8. Качественное обнаружение ионов металлов	358
Глава 29. Щелочные металлы	360
29.1. Общая характеристика	360
29.2. Взаимодействие щелочных металлов с простыми веществами	362
29.3. Взаимодействие щелочных металлов со сложными неорганическими веществами	364
29.4. Свойства оксидов и гидроксидов щелочных металлов	365
Глава 30. Кальций и его соединения. Жесткость воды	369
30.1. Кальций	369
30.2. Оксид кальция	371
30.3. Гидроксид кальция	372
30.4. Соли кальция	373
30.5. Жесткость воды и способы ее устранения	374
Глава 31. Алюминий	377
31.1. Общая характеристика	377
31.2. Химические свойства алюминия	378
31.3. Оксид алюминия	383
31.4. Гидроксид алюминия	385
31.5. Применение алюминия	386
Глава 32. Железо	388
32.1. Общая характеристика	388
32.2. Химические свойства	389
32.3. Оксиды и гидроксиды	392
32.4. Получение железа, чугуна и стали	396

Глава 33. Медь	400
33.1. Общая характеристика	400
33.2. Химические свойства меди	401
33.3. Оксиды, гидроксиды и соли меди. Применение меди и ее соединений	402
Глава 34. Цинк	404
34.1. Общая характеристика	404
34.2. Химические свойства цинка	404
34.3. Химические свойства оксида цинка	406
34.4. Химические свойства гидроксида цинка	407
Глава 35. Хром	409
35.1. Общая характеристика	409
35.2. Химические свойства хрома	410
35.3. Химические свойства оксидов и гидроксидов хрома	410
Часть III. ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ	413
Глава 36. Основные положения органической химии	414
36.1. Предмет органической химии	414
36.2. Теория строения органических соединений	416
36.3. Гомологи	421
36.4. Классификация органических соединений	422
36.5. Классификация органических реакций	424
36.6. Номенклатура органических соединений	428
Глава 37. Алканы	430
37.1. Номенклатура	430
37.2. Строение	435
37.3. Изомерия	437
37.4. Физические свойства	439
37.5. Химические свойства	440
37.6. Получение алканов	447
37.7. Применение	450

Г л а в а 38. Циклоалканы (моноциклоалканы)	451	42.5. Химические свойства	506
38.1. Номенклатура.....	451	42.6. Получение	511
38.2. Строение и изомерия.....	453	42.7. Применение.....	513
38.3. Физические свойства	454	Г л а в а 43. Природные источники углеводородов	
38.4. Химические свойства	454	и их переработка	514
38.5. Получение	456	43.1. Природный газ.....	514
Г л а в а 39. Алкены	458	43.2. Попутные нефтяные газы.....	514
39.1. Номенклатура ациклических алкенов,		43.3. Нефть	515
их галоген- и нитропроизводных	458	43.4. Каменный уголь	520
39.2. Строение.....	459	Г л а в а 44. Спирты (алкоголи)	522
39.3. Изомерия	463	44.1. Классификация	522
39.4. Физические свойства	467	44.2. Алканолаы.....	523
39.5. Химические свойства	468	Г л а в а 45. Многоатомные спирты (полиолы)	538
39.6. Получение	476	45.1. Номенклатура.....	538
39.7. Применение алкенов и их производных	478	45.2. Физические и химические свойства, получение	
Г л а в а 40. Алкадиены	479	и применение	538
40.1. Номенклатура.....	479	Г л а в а 46. Фенолы	543
40.2. Строение сопряженных диенов		46.1. Номенклатура. Изомерия.....	543
(на примере бутадиена-1,3).....	480	46.2. Физические свойства	545
40.3. Изомерия	481	46.3. Строение фенола	545
40.4. Физические и химические свойства	482	46.4. Химические свойства фенола.....	548
40.5. Получение	486	46.5. Получение фенола.....	551
Г л а в а 41. Алкины	488	46.6. Применение.....	553
41.1. Номенклатура.....	488	Г л а в а 47. Альдегиды. Понятие о кетонах	554
41.2. Строение.....	489	47.1. Номенклатура.....	555
41.3. Изомерия	491	47.2. Изомерия	557
41.4. Физические свойства	491	47.3. Строение.....	558
41.5. Химические свойства	492	47.4. Физические свойства	559
41.6. Получение	496	47.5. Химические свойства	560
41.7. Применение.....	498	47.6. Получение	564
Г л а в а 42. Арены	499	47.7. Применение.....	566
42.1. Строение молекулы бензола	499	Г л а в а 48. Карбоновые кислоты	567
42.2. Номенклатура.....	502	48.1. Классификация	567
42.3. Изомерия	504		
42.4. Физические свойства	505		

48.2. Номенклатура.....	569	53.6. Химические свойства	631
48.3. Изомерия	571	53.7. Получение	634
48.4. Строение.....	572	53.8. Применение.....	636
48.5. Физические свойства одноосновных ациклических насыщенных кислот.....	575	Г л а в а 54. Аминокислоты.....	637
48.6. Химические свойства	576	54.1. Номенклатура. Классификация.....	637
48.7. Получение	582	54.2. Изомерия	640
48.8. Применение.....	584	54.3. Строение. Физические свойства.....	641
Г л а в а 49. Сложные эфиры. Ангидриды кислот.....	585	54.4. Химические свойства	643
49.1. Сложные эфиры.....	585	54.5. Получение	646
49.2. Номенклатура.....	585	54.6. Применение и биологическое значение	647
49.3. Изомерия	587	Г л а в а 55. Белки	648
49.4. Физические свойства	588	55.1. Строение. Классификация.....	648
49.5. Получение	588	55.2. Белки в природе	652
49.6. Химические свойства	590	55.3. Свойства белков	653
49.7. Применение.....	591	55.4. Качественные реакции белков.....	655
49.8. Ангидриды кислот	591	55.5. Превращение белков в организме.....	656
Г л а в а 50. Жиры. Мыла. Синтетические моющие средства	593	Г л а в а 56. Понятие о высокомолекулярных соединениях	657
50.1. Жиры	593	56.1. Классификация	657
50.2. Мыла. Синтетические моющие средства (СМС).....	598	56.2. Способы получения. Строение.....	659
Г л а в а 51. Углеводы (сахара).....	600	56.3. Пластмассы	662
51.1. Классификация углеводов.....	600	56.4. Эластомеры	666
51.2. Глюкоза.....	602	56.5. Волокна	667
51.3. Фруктоза.....	609	56.6. Распознавание пластмасс и волокон.....	671
51.4. Дисахариды. Сахароза	610		
Г л а в а 52. Полисахариды	613		
52.1. Крахмал	613		
52.2. Целлюлоза (клетчатка)	616		
Г л а в а 53. Амины	625		
53.1. Классификация	625		
53.2. Номенклатура.....	627		
53.3. Изомерия	628		
53.4. Физические свойства	628		
53.5. Строение. Основные свойства.....	629		

От автора

Книга, которую Вы, читатель, держите в руках, представляет собой фундаментальное классическое пособие по химии для старшеклассников и абитуриентов. Школьный материал излагается на высоком научном уровне, простым и ясным языком и учитывает особенности программ по химии для поступающих в вузы Республики Беларусь и Российской Федерации.

Пособие состоит из трех частей: ч. I. Теоретическая химия; ч. II. Химия элементов и их соединений; ч. III. Органическая химия.

В первой части читатель познакомится с основными понятиями химии, строением атома и вещества, теорией растворов, скоростью химической реакции и химическим равновесием. Здесь же рассматриваются гидролиз солей, электролиз расплавов и растворов электролитов, квантовые числа электронов, теория гибридизации атомных орбиталей.

Во второй части излагается химия элементов в последовательности: атом — простое вещество — химические соединения. Описываются особенности промышленных способов получения серной кислоты, аммиака, азотной кислоты, чугуна и стали.

Третья часть посвящена химии углеводородов и их функциональных производных, природных соединений и высокомолекулярных соединений. Особое внимание уделяется вопросам номенклатуры, изомерии, взаимного влияния атомов в молекулах органических соединений. Излагаются правила Марковникова, Зайцева и др.

Автор выражает надежду, что пособие не останется незамеченным читателями и окажет существенную помощь при подготовке к вступительным испытаниям, в какой бы форме они ни проводились — в виде ЦТ, ЕГЭ или традиционного устного либо письменного экзамена.

Часть I

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ХИМИИ

Глава 1

ПРЕДМЕТ ХИМИИ. ВЕЩЕСТВО

1.1. ПРЕДМЕТ ХИМИИ

Мир, в котором мы живем, настолько многообразен, что дать его полное описание в рамках какой-либо одной науки не представляется возможным. Разделение науки на отдельные направления началось еще в средние века и продолжается до сих пор. Каждая наука имеет свой предмет исследования: ботаника изучает растения, зоология — животных, математика — числа, механика — движение и взаимодействие тел.

Предметом исследования химии является *вещество*. Мы живем в мире веществ, все, что нас окружает, будь то творение природы или рук человека, состоит из веществ — одного или нескольких. Железный гвоздь состоит из железа, алюминиевая ложка — из алюминия, монетный сплав — из меди и никеля, воздух — из кислорода и азота, реки, озера, моря и океаны — из воды и растворенных в ней солей.

Каждое вещество имеет свой *состав, строение и свойства*. Самое удивительное свойство веществ — это их способность при определенных условиях превращаться в другие вещества. Данные превращения постоянно происходят самопроизвольно в природе (пожелтение листьев осенью, брожение виноградного сока, гниение растительных и животных организмов) или в результате целенаправленной деятельности человека (получение лекарств, новых материалов, удобрений). Можно дать следующее определение:

Химия — это наука о веществах, их строении, составе и превращениях в другие вещества.

1.2. АТОМНО-МОЛЕКУЛЯРНАЯ ТЕОРИЯ

В течение почти 2000 лет ученые пытались объяснять превращения веществ, пользуясь учением древнегреческого философа Аристотеля (384—322 гг. до н. э.) о восьми элементах-стихиях, в число которых входили, например, огонь, сухость, тепло, холод, влажность. Вот как описывали процесс образования воды: «Вода возникает из воздуха, когда теплое становится холодным». Теория Аристотеля допускала превращение одних элементов-стихий в другие, чем в средние века и воспользовались алхимики, предприняв многочисленные попытки превращения других металлов в золото с помощью так называемого философского камня.

Теоретическим фундаментом современной химии является *атомно-молекулярное учение*. Какой бы ни была современная теория химического взаимодействия, в основе ее неизменно лежит представление о том, что все вещества состоят из атомов, а некоторые — из молекул.

Гениальная гипотеза о том, что все тела состоят из мельчайших далее неделимых частиц, родилась более 2500 лет назад в древней Греции (Левкипп). Философ Демокрит назвал эти частицы *атомами*, что в переводе с греческого и означает *неделимый*.

Размеры атомов чрезвычайно малы, их диаметр колеблется в пределах 0,2—0,5 нм ($1 \text{ нм} = 10^{-9} \text{ м}$), поэтому увидеть атомы можно только с помощью сложных приборов, например туннельного микроскопа (рис. 1.1).

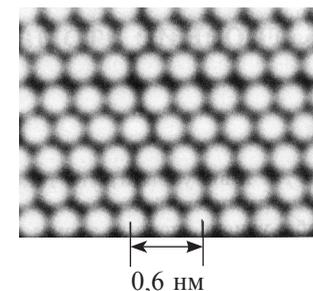


Рис. 1.1. Вид поверхности золота при увеличении примерно в 26 млн раз (светлые шарики — атомы золота)

Атомная теория прошла долгий и сложный путь развития, пережив эпоху почти двухтысячелетнего забвения и последующее возрождение только в начале XIX в. благодаря работам английского ученого Дж. Дальтона. Убедительные доказательства существования молекул веществ были получены гораздо позже итальянским химиком А. Авогадро (1811 г.). Окончательно атомно-молекулярная теория утвердилась в науке в 1860 г., когда в г. Карлсруэ (Германия) состоялся Первый международный химический конгресс, на котором были сформулированы основные положения этого учения:

1. Все вещества состоят из молекул. *Молекула* — наименьшая частица вещества, сохраняющая его состав и химические свойства.

2. Молекулы состоят из атомов. *Атом* — наименьшая неделимая частица химического элемента.

3. Химический элемент — определенный вид атомов.

4. Молекулы и атомы находятся в постоянном движении.

5. В химических реакциях молекулы одних веществ превращаются в молекулы других веществ. Атомы при химических превращениях сохраняются (не изменяются).

Данные положения с учетом двух поправок не потеряли актуальности и по настоящее время. В дальнейшем было установлено, что:

1) далеко не все вещества состоят из молекул;

2) атом имеет сложное строение и, оставаясь неделимым в химических реакциях, делим в некоторых физических процессах (ядерные реакции).

1.3. ВЕЩЕСТВО

Выясним смысл такого ключевого понятия химии, как вещество. Согласно строгому научному определению, *вещества* — это все материальные объекты, имеющие массу. Таким образом, веществом можно назвать и порцию сахара массой 10 г, и одну молекулу сахара, и даже один атом углерода, кислорода или водорода, из которых состоит сахар (формула сахара, точнее сахарозы, $C_{12}H_{22}O_{11}$). Более того, веществом можно назвать один протон, нейтрон или электрон. Именно так понятие «ве-

щество» трактуется в физике, потому что данная наука изучает, в том числе, и явления, протекающие на *микроскопическом* уровне, т. е. на уровне элементарных частиц.

По-другому работает химик, проводящий свои исследования в пробирке, колбе или реакторе (т. е. на *макроскопическом* уровне). Иными словами, химик привык иметь дело не с отдельными частицами, а с измеримыми порциями веществ. Поэтому в химии понятие «вещество» трактуется в более узком смысле:

Химическое вещество — это устойчивая совокупность атомов, молекул или ионов, находящаяся при данных внешних условиях в определенном агрегатном состоянии и обладающая конкретными физическими и химическими свойствами.

Говоря проще, химическое вещество — это продукт взаимодействия очень большого числа атомов, молекул или ионов.

Таким образом, с химической точки зрения одна молекула или атом не являются веществом, так как не обладают определенным агрегатным состоянием и рядом других физических свойств — растворимостью, окраской, запахом, электрической проводимостью и т. д. Все упомянутые свойства присущи совокупности частиц, т. е. веществу в химическом смысле.

1.4. ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЕЩЕСТВА

Каждое вещество обладает присущими только ему составом, строением и определенным набором свойств.

Состав вещества

Состав вещества отражает его химическая формула.

Химическая формула — это условное отображение состава вещества с помощью символов химических элементов и различных индексов.

Индексами могут быть числа, квадратные или фигурные скобки и др.: H_2O , $\text{K}_3[\text{Al}(\text{OH})_6]$.

Различают качественный и количественный состав вещества. *Качественный состав* — это природа атомов, образующих вещество, а *количественный состав* — это наименьшее целочисленное отношение чисел атомов в веществе. И тот и другой состав устанавливаются по химической формуле вещества. Например, вещество сульфат калия (формула K_2SO_4) состоит из атомов калия, серы и кислорода (качественный состав) в численном соотношении соответственно 2:1:4 (количественный состав).

В зависимости от состава вещества бывают *простыми* и *сложными*. Простые вещества состоят из атомов одного элемента (H_2 , O_2 , O_3 , P_4 , S_8), а сложные — из атомов двух (бинарные вещества) или более (многоэлементные вещества) элементов (H_2SO_4 , $\text{C}_2\text{H}_5\text{NO}_2$). Сложные вещества принято называть *химическими соединениями*.

Строение вещества

В зависимости от природы частиц, формирующих вещества, последние бывают *молекулярного* и *немолекулярного* строения. В первых можно выделить отдельные группировки, состоящие из химически связанных атомов (т. е. молекулы). В веществах немoleкулярного строения *все* атомы или ионы, находящиеся в их составе, химически связаны между собой, так что молекулы (изолированные группировки атомов) в данном случае отсутствуют (рис. 1.2).

Примеры веществ молекулярного строения: бром Br_2 , белый фосфор P_4 , ромбическая сера S_8 , кислород O_2 , вода H_2O , углекислый газ CO_2 , бензол C_6H_6 , сахароза $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$.

Примеры веществ немoleкулярного строения: все металлы (Cu, K, Fe), оксид кремния(IV) SiO_2 , бор B, кремний Si, графит и алмаз (C), все соли, основные и амфотерные оксиды (K_2O , Al_2O_3), карборунд SiC, щелочи (KOH, $\text{Ba}(\text{OH})_2$).

Вещества молекулярного и немoleкулярного строения сильно различаются по физическим свойствам. Поскольку энергия связи между молекулами малая (не больше нескольких десят-

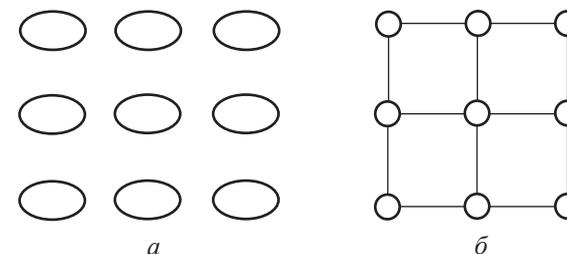


Рис. 1.2. Схема строения вещества молекулярного (а) и немoleкулярного (б) строения (○ — отдельные молекулы, например, H_2O ; ○ — отдельные атомы, ионы; например, С или Na^+)

ков кДж/моль), вещества молекулярного строения имеют низкие температуры кипения ($t_{\text{кип}}$) и плавления ($t_{\text{пл}}$), летучи. Молекулярное строение при обычных условиях имеют все газы и жидкости (за исключением жидкой ртути). Твердые вещества могут иметь молекулярное и немoleкулярное строение. Отличить их можно по температуре плавления: у веществ немoleкулярного строения она несравненно выше. В качестве примера в табл. 1.1 приведены значения $t_{\text{пл}}$ и $t_{\text{кип}}$ для однотипных веществ молекулярного (HNO_3 , H_2SO_4 и Cl_2) и немoleкулярного (KNO_3 , K_2SO_4 и KCl) строения.

Таблица 1.1

Сравнение температур плавления и кипения для веществ молекулярного и немoleкулярного строения

Вещество	HNO_3	KNO_3	H_2SO_4	K_2SO_4	Cl_2	KCl
$t_{\text{пл}}, ^\circ\text{C}$	-41,6	334	10,3	1070	-101	776
$t_{\text{кип}}, ^\circ\text{C}$	83	разлагается	280	>2000	-34,1	1500

В веществах немoleкулярного строения связь между частицами (атомами или ионами) прочная, это обычная ковалентная или ионная связь (энергия этих связей порядка нескольких сотен кДж/моль). По этой причине вещества этого типа нелетучи, имеют высокие $t_{\text{пл}}$ и $t_{\text{кип}}$, при обычных условиях все (за исключением ртути) находятся в твердом агрегатном состоянии.