

СОДЕРЖАНИЕ

<i>От автора</i>	3
------------------------	---

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Тема 1. Основные понятия и определения химии	5
1.1. Атом, ион, химический элемент, молекула	5
1.2. Вещество. Явления физические и химические. Простые и сложные вещества. Аллотропия. Чистые вещества и смеси. Химические формулы.....	6
1.3. Относительная атомная, формульная и молекулярная массы.....	11
Контрольные вопросы и задания	13
Тестовое задание	15
 Тема 2. Химическое количество вещества.	
Основные законы химии	22
2.1. Химическое количество вещества. Моль — единица химического количества вещества. Молярная масса	22
2.2. Законы постоянства состава, сохранения массы веществ, Авогадро. Молярный объем газа. Относительная плотность газа. Молярная концентрация газа. Способы собирания газа в лаборатории	24
2.3. Смеси газов.....	26
Контрольные вопросы и задания	27
Тестовое задание	29
 Тема 3. Строение атома	35
3.1. Ядерная модель строения атома. Состав атомных ядер. Протонное и массовое числа. Нуклиды. Изотопы	35
3.2. Явление радиоактивности	37
Контрольные вопросы и задания	38
Тестовое задание	40

Тема 4. Строение электронных оболочек атомов	46
4.1. Состояние электрона в атоме. Понятие об электронном облаке. Атомная орбиталь, <i>s</i> - и <i>p</i> -орбитали в атоме	46
4.2. Энергетический уровень и энергетический подуровень. Формулы электронных конфигураций атомов и одноатомных ионов. Строение электронных оболочек атомов первых четырёх периодов	48
Контрольные вопросы и задания	51
Тестовое задание	51
Тема 5. Периодический закон	57
5.1. Периодический закон и периодическая система Д. И. Менделеева. Физический смысл атомного номера элемента, номера периода и номера группы. Структура периодической системы (полудлинный вариант)	57
5.2. Периодичность изменения свойств атомов химических элементов первых трёх периодов	59
5.3. Периодичность изменения свойств простых и сложных веществ	61
Контрольные вопросы и задания	62
Тестовое задание	63
Тема 6. Природа и типы химической связи.	
Ковалентная связь	71
6.1. Ковалентная связь: одинарная и кратная, σ - и π -, полярная и неполярная	71
6.2. Механизмы образования ковалентной связи	72
6.3. Характеристики ковалентной связи	73
Контрольные вопросы и задания	74
Тестовое задание	77
Тема 7. Ионная связь. Металлическая связь. Типы кристал- лических решеток. Межмолекулярное взаимодействие	84
7.1. Ионная и металлическая связь	84
7.2. Типы кристаллических решеток	84
7.3. Межмолекулярное взаимодействие	86
Контрольные вопросы и задания	86
Тестовое задание	90

Тема 8. Валентность. Степень окисления.	
Окислительно-восстановительные реакции	97
8.1. Валентность и степень окисления	97
8.2. Окислительно-восстановительные реакции	99
Контрольные вопросы и задания	102
Тестовое задание	102
Тема 9. Оксиды	109
9.1. Классификация оксидов. Основные оксиды	109
9.2. Кислотные оксиды (ангидриды кислот)	110
9.3. Амфотерные оксиды	111
9.4. Получение оксидов	112
Контрольные вопросы и задания	113
Тестовое задание	114
Тема 10. Основания (гидроксиды с основными свойствами).	
Амфотерные гидроксиды	118
10.1. Классификация оснований	118
10.2. Нерастворимые основания	118
10.3. Щелочи	119
10.4. Амфотерные гидроксиды	120
10.5. Получение оснований	121
Контрольные вопросы и задания	122
Тестовое задание	124
Тема 11. Кислоты	128
11.1. Классификация кислот. Химические свойства кислот	128
11.2. Получение кислот	131
Контрольные вопросы и задания	132
Тестовое задание	134
Тема 12. Соли (средние, комплексные)	139
12.1. Классификация солей. Химические свойства средних солей ...	139
12.2. Получение средних солей	140
Контрольные вопросы и задания	141
Тестовое задание	143
Тема 13. Соли (кислые)	147
13.1. Химические свойства кислых солей	147
13.2. Получение кислых солей	148
Контрольные вопросы и задания	149
Тестовое задание	151

Тема 14. Классификация химических реакций.	
Электрохимический ряд напряжений металлов (ЭРНМ)	157
Контрольные вопросы и задания	159
Тестовое задание	162
Тема 15. Химическая кинетика	167
15.1. Скорость химической реакции	167
15.2. Химическое равновесие.....	169
Контрольные вопросы и задания	170
Тестовое задание	171
Тема 16. Растворы	179
16.1. Растворы и смеси. Теплота растворения	179
16.2. Растворимость, ее качественные и количественные характеристики.....	180
Контрольные вопросы и задания	182
Тестовое задание	184
Тема 17. Электролитическая диссоциация. Понятие о водородном показателе (рН). Ионные уравнения реакций	189
17.1. Электролитическая диссоциация. Сильные и слабые электролиты. Электролитическая диссоциация кислот, щелочей и солей.....	189
17.2. Водородный показатель (рН).....	192
17.3. Ионные уравнения реакций	193
Контрольные вопросы и задания	195
Тестовое задание	196

ХИМИЯ ЭЛЕМЕНТОВ

Тема 18. Общая характеристика неметаллов. Водород. Галогены	205
18.1. Неметаллы как химические элементы	205
18.2. Неметаллы как простые вещества	206
18.3. Водород.....	207
18.4. Галогены. Хлор.....	207
18.5. Галогеноводороды. Соляная кислота. Другие соединения галогенов.....	214
18.6. Обнаружение анионов галогенов	216
18.7. Применение водорода и галогенов	216
Контрольные вопросы и задания	217
Тестовое задание	219

Тема 19. Кислород. Сера	229
19.1. Кислород. Озон	229
19.2. Сера	232
19.3. Вода. Сероводород. Пероксид водорода	233
19.4. Кислородсодержащие соединения серы. Получение серной кислоты.....	235
19.5. Применение кислорода, озона, серы и их соединений.....	240
Контрольные вопросы и задания	240
Тестовое задание	244
Тема 20. Азот и его соединения	253
20.1. Азот.....	253
20.2. Аммиак. Соли аммония.....	254
20.3. Оксиды азота. Азотная кислота	255
20.4. Соли азотной кислоты.....	259
Контрольные вопросы и задания	260
Тестовое задание	262
Тема 21. Фосфор и его соединения. Минеральные удобрения ..270	
21.1. Фосфор	270
21.2. Оксиды фосфора	272
21.3. Фосфорная кислота.....	274
21.4. Минеральные удобрения.....	274
Контрольные вопросы и задания	275
Тестовое задание	277
Тема 22. Углерод. Кремний. Соединения углерода и кремния ...283	
22.1. Углерод и кремний — химические элементы и простые вещества	283
22.2. Оксиды углерода и кремния	286
22.3. Угольная и кремниевая кислоты. Карбонаты и силикаты.....	288
22.4. Применение углерода, кремния и их соединений.....	289
22.5. Стекла. Вяжущие строительные материалы. Керамические материалы	290
Контрольные вопросы и задания	292
Тестовое задание	294
Тема 23. Металлы: общая характеристика	301
23.1. Металлы как химические элементы и простые вещества. Сплавы металлов.....	301
23.2. Металлы в природе. Получение металлов.....	303

23.3. Коррозия металлов.....	306
23.4. Электролиз	307
Контрольные вопросы и задания	308
Тестовое задание	310

Тема 24. Химические свойства металлов	317
24.1. Химические свойства простых веществ	317
24.2. Свойства оксидов и гидроксидов металлов.....	320
24.3. Обнаружение катионов металлов.....	321
24.4. Жесткость воды и способы ее устранения.....	321
Контрольные вопросы и задания	322
Тестовое задание	326

ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Тема 25. Общие положения органической химии	335
25.1. Предмет органической химии. Теория химического строения. Изомерия. Гомологи	335
25.2. Классификация органических соединений	337
25.3. Классификация органических реакций	340
Контрольные вопросы и задания	341
Тестовое задание	343

Тема 26. Алканы. Циклоалканы	352
26.1. Номенклатура алканов	352
26.2. Строение алканов	354
26.3. Изомерия алканов.....	354
26.4. Физические свойства алканов.....	356
26.5. Химические свойства алканов.....	356
26.6. Нахождение алканов в природе. Получение алканов. Применение алканов	358
26.7. Циклоалканы	359
Контрольные вопросы и задания	360
Тестовое задание	363

Тема 27. Алкены. Циклоалкены	371
27.1. Номенклатура алкенов	371
27.2. Строение алкенов	373
27.3. Изомерия алкенов.....	374
27.4. Физические свойства алкенов.....	375
27.5. Химические свойства алкенов.....	375

27.6. Нахождение алкенов в природе. Получение и применение алкенов	379
27.7. Циклоалкены	380
Контрольные вопросы и задания	381
Тестовое задание	386
Тема 28. Алкадиены	395
28.1. Номенклатура и строение алкадиенов.....	395
28.2. Изомерия алкадиенов.....	396
28.3. Физические и химические свойства алкадиенов	397
28.4. Каучуки	399
28.5. Нахождение диенов в природе. Получение и применение диенов	400
Контрольные вопросы и задания	401
Тестовое задание	404
Тема 29. Алкины	412
29.1. Номенклатура алкинов.....	412
29.2. Строение	412
29.3. Изомерия алкинов	413
29.4. Физические и химические свойства алкинов.....	414
29.5. Нахождение в природе. Получение и применение.....	415
Контрольные вопросы и задания	417
Тестовое задание	419
Тема 30. Арены. Природные источники углеводородов	426
30.1. Строение бензола.....	426
30.2. Гомологи бензола. Номенклатура аренов.....	428
30.3. Изомерия.....	429
30.4. Физические и химические свойства бензола	429
30.5. Химические свойства гомологов бензола и стирола.....	431
30.6. Получение и применение аренов.....	432
30.7. Природные источники углеводородов	434
Контрольные вопросы и задания	436
Тестовое задание	440
Тема 31. Спирты	451
31.1. Классификация спиртов.....	451
31.2. Алканолаы: номенклатура.....	453
31.3. Строение алканолов	455
31.4. Изомерия алканолов.....	456

31.5. Физические свойства алканолов.....	456
31.6. Химические свойства алканолов.....	457
31.7. Получение и применение алканолов.....	459
31.8. Многоатомные спирты.....	460
Контрольные вопросы и задания	463
Тестовое задание	469
Тема 32. Фенолы	479
32.1. Строение фенола	479
32.2. Физические и химические свойства фенола	480
32.3. Получение и применение фенола	482
Контрольные вопросы и задания	483
Тестовое задание	485
Тема 33. Альдегиды	494
33.1. Номенклатура. Классификация.....	494
33.2. Строение	495
33.3. Изомерия.....	496
33.4. Физические и химические свойства альдегидов	498
33.5. Получение и применение альдегидов	500
Контрольные вопросы и задания	501
Тестовое задание	504
Тема 34. Карбоновые кислоты	511
34.1. Классификация. Номенклатура.....	511
34.2. Строение	513
34.3. Изомерия насыщенных монокарбоновых кислот	514
34.4. Физические и химические свойства насыщенных моноккарбоновых кислот	515
34.5. Ненасыщенные карбоновые кислоты	519
34.6. Получение карбоновых кислот.....	519
34.7. Применение кислот.....	521
Контрольные вопросы и задания	521
Тестовое задание	527
Тема 35. Сложные эфиры. Жиры. Мыла	537
35.1. Сложные эфиры.....	537
35.1.1. Строение. Номенклатура.....	537
35.1.2. Изомерия	538
35.1.3. Физические и химические свойства.....	540
35.1.4. Нахождение в природе. Получение. Применение.....	541

35.2. Жиры.....	542
35.2.1. Структура. Номенклатура.....	542
35.2.2. Физические и химические свойства жиров.....	543
35.2.3. Применение жиров.....	545
35.3. Мыла. Синтетические моющие средства.....	545
Контрольные вопросы и задания.....	547
Тестовое задание.....	551
Тема 36. Углеводы.....	561
36.1. Классификация.....	561
36.2. Структура глюкозы и фруктозы.....	562
36.3. Физические и химические свойства глюкозы и фруктозы.....	563
36.4. Получение и применение глюкозы.....	566
36.5. Дисахариды. Сахароза.....	566
36.6. Полисахариды.....	568
36.7. Крахмал.....	568
36.8. Целлюлоза (клетчатка).....	571
Контрольные вопросы и задания.....	573
Тестовое задание.....	576
Тема 37. Амины.....	587
37.1. Классификация.....	587
37.2. Номенклатура. Структура.....	588
37.3. Изомерия.....	589
37.4. Физические и химические свойства.....	590
37.5. Анилин.....	593
37.6. Получение и применение аминов.....	594
Контрольные вопросы и задания.....	595
Тестовое задание.....	602
Тема 38. Аминокислоты. Белки.....	615
38.1. Аминокислоты.....	615
38.1.1. Номенклатура.....	615
38.1.2. Классификация.....	616
38.1.3. Изомерия.....	617
38.1.4. Физические и химические свойства.....	619
38.1.5. Получение и применение АМК.....	624
38.2. Белки.....	625
38.2.1. Структура.....	625
38.2.2. Классификация. Физические свойства.....	628

38.2.3. Химические свойства	628
38.2.4. Белки в природе и организме человека. Белки как питательные вещества.....	629
Контрольные вопросы и задания	631
Тестовое задание	635

Тема 39. Высокмолекулярные соединения (ВМС, полимеры) .646

39.1. Классификация.....	646
39.2. Основные структурные понятия химии ВМС.....	649
39.3. Методы синтеза полимеров	651
39.4. Пластмассы.....	652
39.5. Каучуки. Волокна	653
Контрольные вопросы и задания	657
Тестовое задание	659

ОТВЕТЫ на тестовые задания

Тема 1. Основные понятия и определения химии	670
Тема 2. Химическое количество вещества. Основные законы химии.....	670
Тема 3. Строение атома.....	671
Тема 4. Строение электронных оболочек атомов.....	671
Тема 5. Периодический закон.....	672
Тема 6. Природа и типы химической связи. Ковалентная связь.....	672
Тема 7. Ионная связь. Металлическая связь. Типы кристаллических решеток. Межмолекулярное взаимодействие	673
Тема 8. Валентность. Степень окисления. Окислительно- восстановительные реакции	673
Тема 9. Оксиды.....	674
Тема 10. Основания (гидроксиды с основными свойствами). Амфотерные гидроксиды.....	674
Тема 11. Кислоты.....	674
Тема 12. Соли (средние, комплексные)	675
Тема 13. Соли (кислые)	675
Тема 14. Классификация химических реакций. Электрохимический ряд напряжений металлов (ЭРНМ).....	675
Тема 15. Химическая кинетика.....	676
Тема 16. Растворы	676
Тема 17. Электролитическая диссоциация. Понятие о водородном показателе (рН). Ионные уравнения реакций	677
Тема 18. Общая характеристика неметаллов. Водород. Галогены....	677
Тема 19. Кислород. Сера	678

Тема 20. Азот и его соединения.....	678
Тема 21. Фосфор и его соединения. Минеральные удобрения.....	679
Тема 22. Углерод. Кремний. Соединения углерода и кремния.....	679
Тема 23. Металлы: общая характеристика.....	680
Тема 24. Химические свойства металлов.....	680
Тема 25. Общие положения органической химии	681
Тема 26. Алканы. Циклоалканы	681
Тема 27. Алкены. Циклоалкены	682
Тема 28. Алкадиены	682
Тема 29. Алкины.....	683
Тема 30. Арены. Природные источники углеводородов	683
Тема 31. Спирты	684
Тема 32. Фенолы.....	684
Тема 33. Альдегиды.....	685
Тема 34. Карбоновые кислоты.....	685
Тема 35. Сложные эфиры. Жиры. Мыла.....	686
Тема 36. Углеводы	686
Тема 37. Амины	687
Тема 38. Аминокислоты. Белки.....	687
Тема 39. Высокомолекулярные соединения (ВМС, полимеры)	688
Список рекомендуемой литературы.....	689

От автора

Анализ содержания тестовых заданий по химии для ЕГЭ показывает, что для их успешного выполнения абитуриент должен:

- глубоко понимать теоретический материал предмета и уметь применять полученные знания на практике;
- научиться выполнять задания на осуществление химических превращений;
- овладеть навыками работы с тестовыми заданиями.

Из опыта проведения ЕГЭ следует, что достичь этих целей можно только в том случае, если в процессе подготовки к вступительным испытаниям использовать не только школьные учебники, но и другие учебные пособия (сборник тестов и книгу с изложением теоретических основ химии).

Конечно, работать одновременно с несколькими учебными пособиями неудобно, особенно если абитуриент готовится к экзаменам самостоятельно и не в состоянии выбрать из текущего потока учебной литературы действительно стоящую. В ходе личного общения с педагогами и абитуриентами автор пришел к выводу о необходимости написания пособия, в котором под одной обложкой был бы объединен весь теоретический материал, необходимый для подготовки к ЕГЭ по химии.

Несмотря на обилие учебной литературы по химии, подобная книга на прилавках книжных магазинов отсутствует. Точнее отсутствовала, поскольку как раз такое пособие вы, читатель, и держите в руках.

Пособие состоит из 39 тем (рекомендуется изучать одну тему в неделю начиная с сентября), охватывающих весь материал школьного курса химии и программы вступительных испытаний в ссузы и вузы. Каждая тема в свою очередь

включает разделы: а) с кратким теоретическим изложением содержания изучаемой темы; б) с химическими превращениями (начиная с гл. 10); в) с тестовыми заданиями с одним (как это принято на ЕГЭ) правильным ответом из четырех предлагаемых. В каждой теме тестовые вопросы расположены в порядке постепенного их усложнения. В случае тестов с несколькими правильными ответами, указанными, например, под буквами а), б), г), верным является только тот ответ, в котором перечислены все данные буквы. Еще один раздел включает контрольные вопросы и упражнения по изучаемой теме. Выполнять предложенные задания нужно обязательно, поскольку они составлены таким образом, что поиск ответа на них существенно углубит ваши знания. Значком (*) отмечены задания или материал повышенной сложности.

Во всех тестовых заданиях используйте округленные до целого числа значения относительных атомных масс, но для хлора $A_r = 35,5$. Постоянная Авогадро $N_A = 6,02 \cdot 10^{23}$ моль⁻¹, атомная единица массы $u = 1,66 \cdot 10^{-24}$ г. Можно пользоваться калькулятором, таблицей элементов Д. И. Менделеева (черно-белым вариантом, без указания значений электроотрицательностей и радиусов атомов), таблицей растворимости кислот, солей и оснований в воде, электрохимическим рядом напряжений металлов.

Наличие ответов позволяет абитуриенту осуществлять самостоятельный контроль за качеством усвоения материала. Удовлетворительным считается результат, когда число правильных ответов составляет не менее 75 % от их общего количества.

Для получения дополнительной информации и закрепления приобретенных знаний следует обращаться к школьным учебникам и пособиям автора [1, 2].

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

ТЕМА 1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ ХИМИИ

1.1. Атом, ион, химический элемент, молекула

Атом — наименьшая химически неделимая электронейтральная частица вещества, состоящая из положительно заряженного ядра и отрицательно заряженных электронов. Электронейтральность атома обусловлена тем, что числа положительных (протонов) и отрицательных (электронов) частиц в его составе равны¹.

Ион — атом или группа атомов, имеющие положительный (*катион*) либо отрицательный (*анион*) заряд. В составе катионов преобладают протоны, а в составе анионов — электроны. Ионы могут быть *простыми*, т. е. одноатомными (Na^+ , F^-), и *сложными*, т. е. многоатомными (OH^- , PO_4^{3-} , CH_3COO^- , NH_4^+), *однозарядными* (NH_4^+ , Cl^-) и *многозарядными* (Fe^{3+} , SO_4^{2-}).

Химический элемент — вид атомов или одноатомных ионов² с одинаковым положительным зарядом ядра. Каждый химический элемент имеет свой знак (символ). К настоящему времени известно 118 химических элементов.

Молекула — мельчайшая электронейтральная частица вещества, способная существовать самостоятельно и являющаяся носителем его химических свойств. Атомы в молекуле

¹ Строго говоря, атом электронейтрален в изолированном состоянии (Ar^0 , H^0) либо в составе простых веществ молекулярного ($\text{Cl}^0\text{—Cl}^0$) или атомного (алмаз, черный фосфор) строения. В составе сложных веществ атомы могут иметь избыточный положительный или отрицательный заряд (K^+F^-).

² Атомы и одноатомные ионы имеют общее название — атомные частицы.

связаны прочными ковалентными химическими связями, тогда как между собой молекулы связаны сравнительно слабыми силами межмолекулярного взаимодействия (см. п. 7.3). По этой причине молекулу можно рассматривать как *изолированную* совокупность химически связанных атомов.

Молекула может состоять из одного (He, Ar, Ne), двух (H₂, O₂) или более (S₈, P₄, O₃) атомов, причем эти атомы могут быть как одинаковыми (N₂, Cl₂), так и различными (HNO₃, CH₄, NH₃). В случае благородных газов понятия «атом» и «молекула» идентичны (можно сказать, что молекулы благородных газов одноатомны). В отличие от атомов молекулы в химических реакциях разрушаются.

1.2. Вещество. Явления физические и химические.

Простые и сложные вещества. Аллотропия.

Чистые вещества и смеси. Химические формулы

При объединении большого числа атомов, молекул или ионов образуется химическое вещество.

Химическое вещество — устойчивая совокупность атомов, молекул или ионов, обладающая при данных условиях определенным набором физических и химических свойств.

К *физическим свойствам* вещества относятся агрегатное состояние, окраска (цвет), запах, вкус, растворимость, температуры плавления ($t_{\text{пл.}}$) и кипения ($t_{\text{кип.}}$), теплопроводность, электрическая проводимость и др. Под *химическими свойствами* понимается совокупность сведений о том, с какими веществами и при каких условиях реагирует данное вещество и какие новые вещества при этом образуются.

С веществом могут происходить всевозможные изменения, в связи с чем различают явления физические и химические. В результате *химических явлений (химических реакций)* обязательно образуются новые вещества, но природа атомов не изменяется!

В *физических процессах* новые вещества или не образуются (плавление, испарение, конденсация), или же их образование

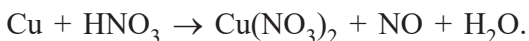
сопровождается изменением природы атомов (ядерные реакции и радиоактивный распад).

Химические явления сопровождаются физическими явлениями (выделение газа, изменение окраски, образование осадка и т. д.).

Сущность химической реакции отображают с помощью *химических уравнений*:



а также схем реакций:



Вещество характеризуется *составом* (качественным и количественным). Например, вещество серная кислота состоит из атомов элементов водорода, кислорода и серы (качественный состав), причем их числа соотносятся как 2 : 1 : 4 соответственно (количественный состав).

Простые вещества состоят из атомов одного химического элемента (Ne, O₂, P₄, S₈), *сложные* — из атомов различных химических элементов (HCl, CH₄, NH₃, H₂SO₄, KOH). Также различают вещества *бинарные*, состоящие из атомов только двух элементов (NH₃, Ca₃N₂), и *многоэлементные*, в состав которых входят атомы трех и более элементов (NaOH, CaCO₃, HNO₃, NaH₂PO₄).

Отметим, что простых веществ известно примерно в 5 раз больше, чем химических элементов. Это обусловлено явлением *аллотропии*, т. е. способностью химического элемента к образованию не одного, а нескольких простых веществ, называемых *аллотропными модификациями* (*видоизменениями*). Например, простые вещества черный, красный и белый фосфор являются аллотропными модификациями химического элемента фосфора. Явление аллотропии известно также для элементов кислорода (кислород O₂ и озон O₃), серы (ромбическая, моноклинная и пластическая сера), углерода (алмаз, графит, карбин, фуллерен, графен). Аллотропия может быть вызвана разным числом атомов в молекуле (кислород) или различным строением кристаллической решетки (углерод,

фосфор, сера). Аллотропные модификации различаются физическими и химическими свойствами.

Из-за совпадения названий большинства простых веществ и химических элементов эти понятия следует различать. Например, атомный номер, заряд ядра, положение в периодической системе, строение электронной оболочки — все это характеристики химического элемента. Простое вещество характеризуется определенным набором физических (температуры плавления $t_{\text{пл.}}$ и кипения $t_{\text{кип.}}$, запах, окраска и т. д.) и химических свойств, получением и применением. Можно сказать, что характеристики (свойства) элемента — это характеристики (свойства) одного изолированного атома, а свойства простого вещества — это свойства совокупности атомов.

Под **строением вещества** понимается порядок соединения образующих его частиц и их природа. В связи с этим различают вещества *молекулярного* (состоят из молекул, связанных между собой слабыми силами межмолекулярного взаимодействия) и *немолекулярного* (состоят из атомов и ионов, связанных между собой прочными ковалентными, ионными или металлическими связями) строения. Соответственно, вещества молекулярного строения летучи, характеризуются низкими $t_{\text{пл.}}$ и $t_{\text{кип.}}$, при обычных условиях являются газами, легкокипящими жидкостями или легкоплавкими твердыми веществами. Вещества немолекулярного строения нелетучи, имеют высокие $t_{\text{пл.}}$ и $t_{\text{кип.}}$, при обычных условиях твердые (кроме ртути). Немолекулярное строение могут иметь как простые вещества (алмаз, графит, бор, кремний, черный и красный фосфор), так и сложные (карборунд SiC, оксид кремния(IV) SiO₂, практически все соли, щелочи, основные и амфотерные оксиды, а также карбиды (CaC₂), гидриды (КН), нитриды (Ca₃N₂), фосфиды (Mg₃P₂) и силициды (Mg₂Si) металлов).

Качественный и количественный состав вещества отображается с помощью **химических формул**. Различают молекулярные формулы и формульные единицы.

Молекулярная формула — это формула простого или сложного вещества молекулярного строения; она показывает

состав реально существующих структурных единиц вещества — молекул.

Формульная единица — это атом или группа атомов, представляющие формулу простого либо сложного вещества немолекулярного строения; она показывает только простейшее соотношение между числами атомов различных элементов в веществе. Формульную единицу можно считать структурной единицей (условной молекулой) вещества немолекулярного строения.

Например:

1) вода — вещество молекулярного строения, состав которого отражает молекулярная формула H_2O . Молекулы такого состава существуют реально и являются структурными единицами вещества вода;

2) сульфат натрия — вещество немолекулярного строения, которое образуют ионы Na^+ и SO_4^{2-} , причем в составе этой соли на один ион SO_4^{2-} приходится два иона Na^+ , поэтому ее состав отражается формулой Na_2SO_4 . Группа атомов Na_2SO_4 называется формульной единицей; формульные единицы Na_2SO_4 можно считать структурными единицами вещества сульфат натрия.

Вещества молекулярного и немолекулярного строения существенно различаются по свойствам (см. табл. 1.1).

Наряду с молекулярными используются *эмпирические (простейшие)* формулы, которые показывают *наименьшее* целочисленное отношение чисел атомов в молекуле. Эмпирические и молекулярные формулы для одного вещества могут как совпадать (NH_3 , H_2O , CH_4), так и не совпадать (H_2O_2 , $H_4P_2O_6$ — молекулярные формулы; HO , H_2PO_3 — эмпирические формулы).

В случае простых веществ немолекулярного строения формулой является химический знак соответствующего элемента (С — алмаз, графит; Р — красный и черный фосфор; Си — медь; В — бор и т. д.). Химический знак является формулой и простых веществ благородных газов, молекулы которых одноатомны (He, Ne). Для других простых веществ молеку-

лярного строения химический знак и формула не совпадают (Н и Н₂, О и О₂ (О₃), N и N₂, Р и Р₄, S и S₈ соответственно).

Таблица 1.1

**Сравнительная характеристика веществ
молекулярного и немолекулярного строения**

Признак	Вещества	
	молекулярного строения	немолекулярного строения
Элементарная структурная единица вещества	Молекула	Формульная единица
Частицы, образующие вещество	Молекулы	Атомы, ионы
Прочность связи между частицами	Небольшая	Большая
Летучесть (способность к испарению)	Летучи	Нелетучи
Температуры плавления и кипения	Низкие	Высокие
Агрегатное состояние при обычных условиях	Твердое, жидкое, газообразное	Твердое
Нахождение в природе	Основа органического мира; входят в состав живых и растительных организмов, составляют большинство газообразных и жидких веществ	Основа минерального мира; входят в состав горных пород, минералов, образуют самородные металлы

Чистые вещества — вещества с пренебрежимо малым содержанием примесей; физические и химические свойства чистых веществ постоянны и одинаковы.

Смеси — системы, состоящие из двух и более веществ (компонентов), содержащихся в соизмеримых количествах.

Свойства смесей непостоянны и неодинаковы, так как зависят от относительного содержания каждого из компонентов. Например, плотность смеси азота и кислорода зависит от объемных долей каждого из газов смеси. Смесей бывают *однородными*, т. е. гомогенными (растворы), и *неоднородными*, т. е. гетерогенными (туман, дым). Для разделения смесей используют как физические методы (отстаивание, фильтрование, выпаривание, перегонку (дистилляцию)), так и химические. Гетерогенные смеси иногда называют *механическими*.

Неоднородные смеси делятся на *суспензии* (твердое вещество + жидкость), *эмульсии* (жидкость + жидкость), *пены* (газ + жидкость) и *аэрозоли* (газ + жидкость, газ + твердое вещество, газ + жидкость + твердое вещество).

1.3. Относительная атомная, формульная и молекулярная массы

Относительная атомная масса элемента $A_r(\text{Э})$ — физическая величина, которая показывает, во сколько раз масса атома (средняя масса атома — при наличии изотопов) данного химического элемента больше $1/12$ части массы нуклида углерода с массовым числом 12¹:

$$A_r(\text{Э}) = \frac{m_a(\text{Э})}{\frac{1}{12}m_a(^{12}\text{C})} = \frac{m_a(\text{Э})}{m_u},$$

где $m_u = 1,66 \cdot 10^{-27}$ кг = $1,66 \cdot 10^{-24}$ г.

Значения A_r элементов приведены в периодической таблице.

Относительная молекулярная (формульная) масса вещества $M_r(\text{В})$ — физическая величина, равная отношению

¹ Данная часть массы нуклида С-12 получила название *атомной единицы массы* или *постоянной атомной массы* (международное обозначение — u).

средней массы молекулы или формульной единицы (ФЕ) к 1/12 части массы нуклида углерода с массовым числом 12:

$$M_r(\text{B}) = \frac{m_{\text{мол., ФЕ}}}{m_{\text{u}}}$$

Подобно относительной атомной массе значение M_r показывает, во сколько раз масса молекулы больше 1/12 части массы нуклида С-12.

Величины A_r и M_r являются безразмерными.

С использованием формулы вещества можно рассчитать массовые доли атомов элементов в нем:

$$w(\text{Э}) = \frac{A_r(\text{Э}) \cdot N(\text{Э})}{M_r(\text{B})},$$

где $N(\text{Э})$ — число атомов элемента в молекуле или формульной единице вещества.

Данная формула используется также для нахождения:

- относительной молекулярной (формульной) массы:

$$M_r(\text{B}) = \frac{A_r(\text{Э}) \cdot N(\text{Э})}{w(\text{Э})};$$

- числа атомов элементов в составе молекулы (формульной единицы):

$$N(\text{Э}) = \frac{M_r(\text{B})w(\text{Э})}{A_r(\text{Э})};$$

- относительной атомной массы элемента:

$$A_r(\text{Э}) = \frac{M_r(\text{Э})w(\text{Э})}{N(\text{Э})}.$$

По массовым долям элементов можно найти формулу вещества $A_xB_yC_z$:

$$x : y : z = \frac{w(\text{A})}{A_r(\text{A})} : \frac{w(\text{B})}{A_r(\text{B})} : \frac{w(\text{C})}{A_r(\text{C})}.$$

На практике значение $M_r(B)$ находят суммированием $A_r(E)$ входящих элементов с учетом числа атомов в структурной единице:

$$M_r(A_x B_y C_z) = xA_r(A) + yA_r(B) + zA_r(C).$$

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Химические явления всегда сопровождаются физическими явлениями. Верно ли обратное утверждение? Приведите примеры, подтверждающие вашу точку зрения.
2. Правильно ли утверждение, что в результате химической реакции всегда изменяется качественный и количественный состав вещества?
3. Можно ли рассматривать одну молекулу воды или один атом меди как химическое вещество? Почему? Приведите примеры характеристик (свойств), которыми обладают:
а) только химическое вещество (но не атом и не молекула);
б) как молекула (атом), так и химическое вещество.
4. В формулах бинарных соединений на первом месте принято записывать символ менее электроотрицательного элемента (NaCl, H₂O и т. п.). Знакомы ли вам исключения из этого правила?
5. Укажите принципиальные различия между смесями и сложными веществами.
6. Какие из перечисленных в тексте способов разделения смесей используются в случае: а) однородных смесей; б) неоднородных смесей? На чем основан способ очистки смесей методом дистилляции? Можно ли для разделения смесей использовать магнит, воду, химические методы? Приведите примеры.
7. Простые вещества делятся на металлы и неметаллы. Чем различаются их физические свойства?

8. Обсудите различие между понятиями *атом* и *химический элемент*.
9. Всегда ли названия простых веществ совпадают с названиями химических элементов? Подтвердите вашу точку зрения примерами.
10. Почему вещества молекулярного и немолекулярного строения так сильно различаются по физическим свойствам? Рассмотрите зависимость $t_{\text{кип}}$ от особенностей строения этих двух групп веществ.
11. Приведите примеры, когда формула простого вещества:
а) совпадает со знаком химического элемента; б) не совпадает со знаком химического элемента.
12. Визуально мы не замечаем, что молоко состоит из нескольких компонентов. Тем не менее молоко считается смесью. Почему?
- *13. Насколько обоснованно часто встречающееся утверждение, что молекула сохраняет (т. е. имеет такие же) химические свойства соответствующего вещества?
14. Можно ли из данного простого вещества получить: а) другое простое вещество; б) сложное вещество?
15. Приведите примеры получения из данного сложного вещества: а) нескольких простых веществ; б) простого вещества и нового сложного вещества; в) нескольких других сложных веществ; *г) нового сложного вещества с тем же качественным и количественным составом (пример возьмите из органической химии).
16. Какой химический элемент наиболее распространен: а) в земной коре; б) в нашей Галактике?
17. Обсудите различие между понятиями *масса атома* и *относительная атомная масса*.
18. Можно ли применять для очистки смесей метод отстаивания: а) на Луне; б) в условиях невесомости?

19. Почему для одних веществ немолекулярного строения молекулы можно получить, переводя вещества в газовую фазу нагреванием, а для других — нет?
20. Какое явление называется *сублимацией* (*возгонкой*)?
21. Расскажите, какую информацию вы можете получить из формулы фосфорной кислоты H_3PO_4 .
22. Как вы понимаете словосочетание *изолированная совокупность атомов* в определении молекулы?
23. Прокомментируйте следующие утверждения (здесь и далее утверждения взяты из различных пособий по химии): а) физическими называются явления, при которых не изменяется химический состав вещества; б) химическими называются явления, при которых образуются молекулы новых веществ; в) наиболее общим признаком химической реакции является изменение химического количества продуктов по сравнению с химическим количеством исходных веществ.

ТЕСТОВОЕ ЗАДАНИЕ

1. Химическим веществом можно считать:
- 1) атом меди;
 - 2) ион аммония;
 - 3) молекулу аммиака;
 - 4) порцию метана объемом 10 дм^3 .
2. Укажите химические свойства меди: а) плотность равна $8,96 \text{ г/см}^3$; б) при нагревании реагирует с кислородом; в) хорошо проводит электрический ток; г) растворяется в HNO_3 (конц.) с выделением газа бурого цвета.
- 1) а, б; 2) б, в; 3) в, г; 4) б, г.
3. Молекулярное строение (н. у.) имеют:
- 1) вода и аммиак;
 - 2) метан и медь;
 - 3) углекислый газ и графит;
 - 4) алмаз и черный фосфор.

4. Названия только простых веществ перечислены в ряду:
- 1) графит, озон, аммиак;
 - 2) фуллерен, алмаз, ромбическая сера;
 - 3) кислород, аргон, карборунд;
 - 4) азот, кремний, вода.
5. Химические явления наблюдаются при: а) замерзании воды; б) смешивании сульфата бария и воды; в) сливании растворов HCl и Na_2CO_3 ; г) облучении ультрафиолетовым светом смеси хлора и метана.
- 1) а, б;
 - 2) б, в, г;
 - 3) в, г;
 - 4) б, в.
6. Химическое уравнение можно составить для процесса:
- 1) возгонки иода;
 - 2) испарения воды;
 - 3) растворения натрия в воде;
 - 4) смешивания бензина и воды.
7. Чистым веществом можно считать:
- 1) керосин;
 - 2) соляную кислоту;
 - 3) дистиллированную воду;
 - 4) латунь.
8. К однородным смесям относятся:
- 1) бромная вода и столовый уксус;
 - 2) пена и соляная кислота;
 - 3) чай и сливки;
 - 4) томатный сок с мякотью и аммиачная вода.
9. Наименьшую температуру плавления имеет вещество, формула которого:
- 1) Cu ;
 - 2) SiCl_4 ;
 - 3) KOH ;
 - 4) NaCl .
10. Укажите **НЕВЕРНОЕ** математическое выражение:
- 1) $M_r(\text{O}_2) = 32$;
 - 2) $A_r(\text{N}) = 14$;
 - 3) $m_a(\text{Na}) = 23$ у;
 - 4) $m_a(\text{Al}) = 27$ г.

11. Формульные единицы являются структурными единицами для обоих веществ в паре:
- 1) хлорид бария и гидроксид кальция;
 - 2) карборунд и белый фосфор;
 - 3) оксид кремния(IV) и вода;
 - 4) сульфат меди(II) и аммиак.
12. Масса атома бериллия примерно равна: а) 9 у; б) 4 у; в) 9 г; г) $1,49 \cdot 10^{-26}$ кг.
- 1) а, в;
 - 2) б, г;
 - 3) а, в, г;
 - 4) а, г.
13. Укажите символ элемента, средняя масса атомов которого равна $8,632 \cdot 10^{-23}$ г:
- 1) Mn;
 - 2) Cr;
 - 3) Fe;
 - 4) Cu.
14. Немолекулярное строение имеет:
- 1) CO_2 ;
 - 2) NaOH;
 - 3) NH_3 ;
 - 4) H_2O .
15. В веществе, относительная молекулярная масса которого 240, массовая доля атомов кислорода **НЕ МОЖЕТ** быть равной:
- 1) 6,67 %;
 - 2) 0,2;
 - 3) 30 %;
 - 4) 0,333.
16. Укажите эмпирическую формулу:
- 1) S_8 ;
 - 2) P_4O_{10} ;
 - 3) H_2O_2 ;
 - 4) CH_3 .
17. Эмпирическая и молекулярная формулы **НЕ** совпадают для:
- 1) воды и аммиака;
 - 2) метана и углекислого газа;
 - 3) пероксида водорода и оксида фосфора(V);
 - 4) уксусной кислоты и пропана.
18. Используя в качестве вспомогательного материала только периодическую таблицу Д. И. Менделеева, по химической формуле вещества **НЕЛЬЗЯ** определить: а) массу молекулы (формульной единицы); б) массовые доли атомов элементов в веществе; в) относительную молекулярную (формульную) массу; г) растворимость в этаноле при 25 °С; д) температуру кипения (точно).
- 1) г, д;
 - 2) б, г;
 - 3) а, б;
 - 4) в, г, д.

19. Укажите все характеристики (свойства) азота как химического элемента: а) плотность (н. у.) равна $1,25 \text{ г/дм}^3$; б) не имеет аллотропных модификаций; в) находится в VA-группе периодической системы; г) плохо растворим в воде; д) используется для получения аммиака; е) содержит 7 протонов.
- 1) а, в, г; 2) б, д, е; 3) б, в, е; 4) а, г, е.
20. Укажите число утверждений, относящихся к простому веществу железо:
- образует несколько оксидов;
 - на воздухе во влажной среде ржавеет;
 - используется как катализатор для получения аммиака;
 - находится в четвертом периоде периодической системы;
 - весьма распространено в земной коре;
 - массовая доля в составе магнетита — $72,4 \%$;
 - входит в состав гемоглобина;
 - суточная потребность человеческого организма составляет около $0,015 \text{ г}$.
- 1) 5; 2) 4; 3) 3; 4) 2.
21. Химическую формулу можно составить для:
- 1) бронзы; 3) бензина;
2) воздуха; 4) гексана.
22. Как смесь, так и сложное вещество:
- 1) имеют определенную химическую формулу;
2) могут быть однородными и неоднородными;
3) могут быть бесцветными или окрашенными;
4) имеют постоянную плотность (при данных температуре и давлении).
23. В отличие от молекулы, вещество (или его порция) характеризуется: а) массой; б) качественным составом; в) объемом; г) растворимостью; д) агрегатным состоянием; е) химическими свойствами.
- 1) а, в, г, д; 2) г, д; 3) г, д, е; 4) а, б, в, е.