

Оглавление

От автора	3
-----------------	---

ОБЩАЯ ХИМИЯ

Глава 1. Основные понятия, определения и законы химии	6
1.1. Вещество, его физические и химические свойства	6
1.2. Физические и химические явления	10
1.3. Закон сохранения массы вещества	12
1.4. Чистые вещества и смеси	13
1.5. Атом. Химический элемент. Простое вещество	16
1.6. Относительная атомная масса элемента	22
1.7. Молекула. Ион. Вещества молекулярного и немолекулярного строения. Химическое уравнение	23
1.8. Химическая формула. Формульная единица. Химическое уравнение	26
1.9. Закон постоянства состава	30
1.10. Относительная молекулярная и формульная масса	31
1.11. Химическое количество вещества. Моль. Молярная масса	32
1.12. Газовые законы. Смеси газов	37
1.13. Способы собирания газов. Молярная концентрация газа	40
1.14. Решение типовых расчетных задач	44
Глава 2. Строение ядер и электронных оболочек атомов ..	50
2.1. Строение ядер атомов	50
2.2. Нуклиды. Изотопы	52
2.3. Явление радиоактивности. Ядерные реакции	56
2.4. Состояние электрона в атоме	60
2.5. Атомные электронные орбитали	61
2.6. Энергетические уровни и подуровни	62

2.7. Распределение электронов в атоме	65
<i>Электронные конфигурации атомов элементов</i> <i>4-го периода периодической системы</i>	68
2.8. Основное, возбужденное и запрещенное состояния атома	70
2.9. Электронные конфигурации ионов.....	71
<i>Квантовые числа электронов</i>	73
Глава 3. Периодический закон и периодическая система химических элементов	81
3.1. Структура периодической системы	81
3.2. Семейства элементов	83
3.3. Периодическое изменение свойств атомов элементов	85
3.4. Периодическое изменение свойств веществ	90
Глава 4. Природа и типы химической связи. Ковалентная связь	96
4.1. Природа химической связи	96
4.2. Типы химической связи. Ковалентная химическая связь..	98
4.3. Механизмы образования ковалентной связи.....	99
4.4. Радикалы.....	104
4.5. Типы ковалентной связи	105
4.6. Характеристики ковалентной связи	109
<i>Пространственное строение молекул</i>	115
Глава 5. Ионная и металлическая связь. Межмолекулярное взаимодействие и водородная связь, типы кристаллических решеток. Валентность и степень окисления	132
5.1. Ионная и металлическая связь	132
5.2. Межмолекулярное взаимодействие.....	136
5.3. Водородная связь.....	138
5.4. Типы кристаллических решеток	146
5.5. Валентность и степень окисления	149
Глава 6. Оксиды. Основания. Амфотерные гидроксиды ...	160
6.1. Оксиды	160
6.1.1. Общая характеристика	160
6.1.2. Химические свойства оксидов	162
6.1.3. Способы получения оксидов	166

6.2. Основания. Амфотерные гидроксиды	168
6.2.1. Общая характеристика	168
6.2.2. Химические свойства оснований	170
6.2.3. Химические свойства амфотерных гидроксидов	174
6.2.4. Получение оснований и амфотерных гидроксидов..	175
6.3. Применение оксидов и оснований	177

Глава 7. Кислоты. Соли. Взаимосвязь между классами неорганических веществ

178

7.1. Кислоты	178
7.1.1. Общая характеристика	178
7.1.2. Химические свойства кислот	182
7.1.3. Способы получения кислот	186
7.1.4. Факторы, влияющие на силу кислот	187
7.2. Соли	188
7.2.1. Общая характеристика	188
7.2.2. Химические свойства и получение средних солей ...	189
7.2.3. Химические свойства и получение кислых солей ...	193
<i>Химические свойства и способы получения</i> <i>основных солей.....</i>	198
7.2.4. Специфические химические свойства солей цинка, бериллия и алюминия	198
7.3. Влияние порядка смешивания реагентов на природу продуктов	199
7.4. Взаимосвязь между классами неорганических веществ ...	201

Глава 8. Классификация химических реакций.

Элементы термохимии. Окислительно-восстановительные реакции. Электролиз

203

8.1. Классификация химических реакций	203
<i>Гомогенные и гетерогенные, гомофазные и гетерофазные</i> <i>реакции</i>	208
8.2. Основные понятия термохимии	210
<i>Тепловой эффект химической реакции. Закон Гесса</i>	215
8.3. Окислительно-восстановительные реакции: общие положения	218
8.4. Метод электронного баланса	221
<i>Классификация окислительно-восстановительных реакций</i>	229

8.5. Прогнозирование окислительно-восстановительных свойств веществ	230
8.6. Электролиз	232
<i>Электролиз водных растворов электролитов</i>	235

Глава 9. Скорость химической реакции.

Химическое равновесие 241 |

9.1. Скорость химической реакции: общие положения	241
9.2. Факторы, влияющие на скорость химической реакции ...	244
<i>Зависимость скорости реакции от температуры</i>	249
9.3. Химическое равновесие и его смещение	254
<i>Константа равновесия</i>	262

Глава 10. Растворы и взвеси 269 |

10.1. Общие определения	269
10.2. Тепловой эффект при растворении	273
10.3. Классификация растворов	275
10.4. Количественные характеристики растворов	276
10.5. Растворимость. Факторы, влияющие на растворимость ...	278

Глава 11. Электролитическая диссоциация.

Ионные уравнения реакций 283 |

11.1. Электролиты и неэлектролиты	283
11.2. Степень диссоциации электролита	285
11.3. Уравнения диссоциации электролитов	288
11.4. Факторы, влияющие на степень электролитической диссоциации	291
11.5. Ионные уравнения реакций	292
11.6. Свойства кислот и оснований с точки зрения теории электролитической диссоциации	296
11.7. Водородный показатель (рН). Кислотно-основные индикаторы	296
<i>Гидролиз солей</i>	301

ХИМИЯ ЭЛЕМЕНТОВ И ИХ СОЕДИНЕНИЙ

Глава 12. Общая характеристика неметаллов. Водород.

Галогены	308
12.1. Общая характеристика неметаллов	308

12.2. Химические свойства неметаллов	312
12.3. Водород	314
12.3.1. Общая характеристика элемента	314
12.3.2. Физические и химические свойства водорода ...	315
12.3.3. Получение водорода и его применение	318
12.4. Галогены	319
12.4.1. Общая характеристика	319
12.4.2. Химические свойства галогенов	321
12.4.3. Получение хлора	324
12.5. Галогеноводороды. Галогеноводородные кислоты	324
12.6. Кислородсодержащие кислоты хлора и их соли	328
12.7. Обнаружение галогенид-ионов	328
12.8. Биологическая роль галогенов и их применение	329
Глава 13. Элементы VIA-группы	332
13.1. Кислород и сера	332
13.1.1. Общая характеристика	332
13.1.2. Химические свойства, получение и применение кислорода и серы	335
13.2. Вода. Пероксид водорода	341
13.3. Сероводород и сульфиды	344
13.4. Оксиды серы. Серная кислота	346
Глава 14. Элементы VA-группы	355
14.1. Общая характеристика элементов VA-группы	355
14.2. Азот. Аммиак и соли аммония	356
<i>Оксиды азота</i>	364
14.3. Азотная кислота	365
14.4. Нитраты	371
Глава 15. Фосфор. Оксиды фосфора. Фосфорная кислота. Удобрения	374
15.1. Фосфор	374
15.2. Оксиды фосфора	380
15.3. Фосфорная кислота и ее соли	381
15.4. Удобрения	386

Глава 16. Углерод. Кремний. Соединения углерода и кремния. Стекло. Вяжущие материалы	390
16.1. Общая характеристика элементов IVA-группы	390
16.2. Углерод и кремний. Аллотропные модификации углерода	391
16.3. Оксиды углерода и кремния	397
16.4. Угольная кислота и кремниевая кислота	402
16.5. Стекло. Вяжущие строительные материалы	407
Глава 17. Металлы	410
17.1. Общая характеристика металлов	410
17.2. Химические свойства металлов	414
17.3. Сплавы. Получение металлов	414
17.4. Коррозия металлов	420
17.5. Электрохимический ряд напряжений металлов	422
17.6. Идентификация металлов	424
Глава 18. Металлы IA- и IIA-групп. Жесткость воды. Алюминий	426
18.1. Щелочные металлы	426
18.2. Бериллий. Щелочноземельные металлы. Магний	428
18.3. Свойства оксидов и гидроксидов щелочных и щелочноземельных металлов, магния	429
18.4. Биологическая роль соединений натрия, калия, кальция и магния	433
18.5. Жесткость воды	434
18.6. Алюминий. Оксид и гидроксид алюминия	435
Глава 19. Металлы B-групп четвертого периода. Железо ...	442
19.1. Общая характеристика металлов B-групп четвертого периода	442
19.2. Железо	445
19.3. Химические свойства соединений железа	447

ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Глава 20. Общие положения органической химии	456
20.1. Предмет органической химии. Особенности органических веществ	456

20.2. Теория строения органических соединений. Изомерия ...	457
<i>Оптическая изомерия</i>	460
20.3. Формулы органических соединений	462
20.4. Классификация органических реакций	464
20.5. Классификация органических соединений	466
20.6. Гомологи. Гомологический ряд	470
Глава 21. Алканы. Циклоалканы	473
21.1. Общая характеристика и физические свойства алканов ...	473
21.2. Алкильные группы. Номенклатура алканов	474
21.3. Изомерия алканов	477
21.4. Строение алканов	479
21.5. Химические свойства алканов	480
<i>Особенности реакции галогенирования алканов</i>	485
21.6. Получение алканов	487
21.7. Нахождение алканов в природе. Применение алканов ...	490
<i>Циклоалканы</i>	491
Глава 22. Алкены	494
22.1. Номенклатура алкенов	494
22.2. Строение алкенов	495
22.3. Изомерия алкенов	498
22.4. Физические и химические свойства алкенов	500
22.5. Получение алкенов	507
22.6. Применение алкенов	511
Глава 23. Диены	515
23.1. Общая характеристика	515
23.2. Изомерия и строение диенов	516
23.3. Химические свойства диенов	520
23.4. Получение диенов	526
Глава 24. Алкины	529
24.1. Общая характеристика и номенклатура алкинов	529
24.2. Изомерия и строение алкинов	530
24.3. Физические и химические свойства алкинов	532
24.4. Получение и применение алкинов	536

Глава 25. Ароматические углеводороды (арены).	
Природные источники углеводородов	539
25.1. Общая характеристика ароматических углеводородов. Строение бензола	539
25.2. Номенклатура и изомерия аренов	542
25.3. Физические и химические свойства бензола	546
<i>Химические свойства гомологов бензола и стирола</i>	549
25.4. Получение и применение аренов	552
25.5. Природные источники углеводородов. Нефть. Октановое число бензина	555
Глава 26. Спирты. Простые эфиры	562
26.1. Общая характеристика и классификация спиртов	562
26.2. Номенклатура и изомерия спиртов	564
26.3. Алканолаы	567
26.3.1. Физические свойства. Строение	567
26.3.2. Химические свойства	570
26.3.3. Получение и применение	577
26.4. Многоатомные спирты	578
26.4.1. Общая характеристика и химические свойства ...	578
26.4.2. Получение и применение этиленгликоля и глицерина	581
<i>Простые эфиры</i>	583
Глава 27. Фенолы	585
27.1. Общая характеристика. Классификация и номенклатура. Изомерия	585
27.2. Физические и химические свойства фенола	588
27.3. Получение фенола и его применение	593
Глава 28. Альдегиды	598
28.1. Общая характеристика альдегидов. Понятие о кетонах. Классификация альдегидов	598
28.2. Номенклатура и изомерия	599
28.3. Строение молекул альдегидов	602
28.4. Физические свойства	603
28.5. Химические свойства	604
28.6. Получение и применение	607

Глава 29. Карбоновые кислоты	610
29.1. Общая характеристика. Классификация	610
29.2. Номенклатура, изомерия и строение	612
29.3. Физические свойства	617
29.4. Химические свойства насыщенных алифатических монокрбонных кислот	617
29.5. Химические свойства отдельных представителей кислот других классов	622
29.6. Высшие карбоновые кислоты	626
<i>Функциональные производные карбоновых кислот</i>	627
29.7. Получение и применение	633
29.8. Генетическая связь спиртов, альдегидов и кислот	634
Глава 30. Сложные эфиры	638
30.1. Общая характеристика. Номенклатура	638
30.2. Физические свойства и применение	643
30.3. Изомерия. Строение	644
30.4. Химические свойства	645
30.5. Получение	649
Глава 31. Жиры. Мыла. Синтетические моющие средства	652
31.1. Общая характеристика и физические свойства жиров ...	652
31.2. Химические свойства жиров	655
31.3. Биологическая роль и применение жиров	658
31.4. Мыла. Синтетические моющие средства	660
Глава 32. Углеводы. Моносахариды	663
32.1. Углеводы	663
32.1.1. Общая характеристика. Классификация	663
32.1.2. Номенклатура	664
32.2. Моносахариды	665
32.2.1. Глюкоза: строение	665
32.2.2. Физические свойства глюкозы. Нахождение в природе	667
32.2.3. Химические свойства глюкозы	668
32.2.4. Получение глюкозы и ее применение	672
32.2.5. Фруктоза	673

Глава 33. Дисахариды. Полисахариды	675
33.1. Дисахариды	675
33.1.1. Общая характеристика дисахаридов	675
33.1.2. Химические свойства сахарозы и ее получение ...	677
33.2. Полисахариды	678
33.2.1. Крахмал. Гликоген	678
33.2.2. Целлюлоза	681
Глава 34. Амины	687
34.1. Общая характеристика. Классификация	687
34.2. Номенклатура	688
34.3. Алифатические амины	692
34.3.1. Физические свойства	692
34.3.2. Строение молекул и химические свойства	693
34.4. Влияние строения аминов на их основные свойства ...	696
34.5. Анилин	697
34.6. Получение аминов и их применение	700
Глава 35. Аминокислоты. Белки	703
35.1. Аминокислоты	703
35.1.1. Классификация. Номенклатура	703
35.1.2. Строение, изомерия и физические свойства	706
35.1.3. Химические свойства	709
35.1.4. Получение аминокислот	716
35.2. Белки	718
35.2.1. Общая характеристика и классификация	718
35.2.2. Строение белков	719
35.2.3. Химические свойства	721
35.2.4. Роль белков в природе	723
Глава 36. Высокомолекулярные соединения	726
36.1. Общая характеристика. Классификация	726
36.2. Способы получения	727
36.3. Пластмассы, их применение и распознавание	730
36.4. Каучуки	734
36.5. Волокна	736

Приложения	745
<i>Приложение 1.</i> Некоторые физические свойства металлов	745
<i>Приложение 2.</i> Некоторые сплавы металлов и их применение	746
<i>Приложение 3.</i> Некоторые минералы металлов.....	747
<i>Приложение 4.</i> Важнейшие соединения элементов А-группы и их применение	749
<i>Приложение 5.</i> Применение некоторых соединений металлов групп В	751
<i>Приложение 6.</i> Обнаружение органических веществ ...	752
 Литература	 754

От автора

Основная проблема, с которой сталкивается абитуриент при подготовке к экзамену по химии, состоит в выборе подходящего учебного пособия, излагающего необходимый теоретический материал. Конечно, основной литературой были и остаются школьные учебники уже хотя бы потому, что они включают необходимый и достаточный объем экзаменационного материала. Однако и учебные пособия имеют свои преимущества, главное из которых состоит в том, что в них можно достичь более высокого уровня обобщения знаний. Таких пособий, написанных как отечественными, так и российскими авторами, известно достаточно много. Тогда почему же автор взялся за написание еще одного? Несмотря на обилие литературы по химии на прилавках книжных магазинов, отсутствует пособие, которое:



- в полной мере содержит информацию, востребованную на экзамене, и при этом не перегружено лишними сведениями;
- охватывает весь материал новейших школьных учебников;
- написано с учетом ошибок, допускаемых абитуриентами на вступительных испытаниях.

Настоящее пособие обобщает многолетний опыт работы автора с абитуриентами, который показал, что объема представленного в нем материала вполне достаточно для того, чтобы абитуриент смог самостоятельно и качественно подготовиться к экзамену по химии. Пособие охватывает весь материал базового школьного курса химии в соответствии с новыми учебниками и программой по химии для поступающих в ссузы и вузы.

Несомненным достоинством книги является и то, что теоретический материал подкрепляется разбором многочисленных

тестовых заданий, взятых из практики вступительных испытаний. Данные примеры обязательно следует разбирать, так как в них содержится информация, дополняющая материал раздела.

Подчеркнем еще одну немаловажную деталь. Некоторые вопросы в химии трактуются неоднозначно, поэтому в ряде книг они излагаются по-разному. Автор настоящего пособия в подобных ситуациях придерживается позиций авторов школьных учебников, поскольку экзаменационные задания (и об этом не следует забывать) составляются исключительно на основании материалов школьных учебников.

С учетом того что в ряде школьных учебных заведений химия изучается на повышенном уровне, автор счел необходимым изложить некоторые вопросы более углубленно (такой материал обозначен символом  и при подготовке к вступительным испытаниям его можно опустить). Информация, на которую следует обратить особое внимание, помечена символом .

Отметим, что эффективность работы с пособием существенно возрастет, если для контроля за качеством усвоения теоретического материала воспользоваться книгами автора [1—4]. Пособия [5—11] можно рекомендовать в качестве дополнительных для более углубленного изучения материала. Физические константы веществ взяты по [12, 13]. Некоторая справочная информация приведена в приложениях.

Пособие в первую очередь адресовано абитуриентам, занимающимся самостоятельной подготовкой к экзамену, однако будет полезно и педагогам, репетиторам, учащимся лицеев, профильных классов, подготовительных отделений вузов, а также всем, кто желает качественно подготовиться к вступительным испытаниям по химии.

Автор надеется, что книга будет тепло встречена читателями и войдет в число основных пособий, используемых при подготовке к вступительным испытаниям по химии.

ОБЩАЯ ХИМИЯ

Глава 1

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ, ОПРЕДЕЛЕНИЯ И ЗАКОНЫ ХИМИИ

1.1. ВЕЩЕСТВО, ЕГО ФИЗИЧЕСКИЕ И ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

Химия — наука о веществах, их строении, свойствах и превращениях.

В самом широком смысле *вещество* — это то, из чего состоят физические тела. Например, физическое тело «железный гвоздь» состоит из вещества железа. Физическое тело может состоять как из одного вещества (физическое тело «медная проволока» состоит из одного вещества — меди), так и из нескольких (физическое тело «автомобиль» состоит из различных металлов, пластмасс). Одно и то же вещество, в свою очередь, может образовывать несколько физических тел. Например, вещество вода образует айсберги, капли дождя, снежинки, иней; только из вещества железо состоят железные гвоздь, скрепка, проволока. В отличие от физического тела, понятие «вещество» абстрактное, вещество нельзя потрогать, нарисовать.

Вещество — только одна из форм материи*. Вторая форма существования материи — поле. *Поле* — это материальная

* Материя — объективная, существующая вне нашего сознания реальность, которую мы воспринимаем с помощью органов чувств или приборов.

среда, посредством которой тела или частицы вещества взаимодействуют между собой. Примеры полей: гравитационное, электрическое, магнитное, ядерные силы. Вещество имеет дискретное (прерывистое, корпускулярное) строение, поскольку состоит из атомов, а поле однородно, непрерывно. Частицы поля (кванты), в отличие от частиц вещества, не имеют массы покоя (это означает, что они всегда находятся в движении). Характеристики поля: частота, потенциал, напряженность. Характеристики вещества: масса (покоя), размеры, плотность, окраска и т. д.

Традиционно физика и химия понятие «вещество» рассматривают по-разному. В *физическом смысле* веществом являются все материальные объекты, имеющие массу покоя; иными словами, это не только, например, порция воды массой 1 г, но и отдельно взятая молекула воды, а также любая элементарная частица — электрон, протон или нейтрон.



С *химической точки зрения* вещество — это устойчивая совокупность атомов, молекул или ионов:

- находящаяся при данных условиях в определенном агрегатном состоянии;
- обладающая некоторым набором постоянных при данных условиях физических и химических свойств.

Пример 1.1. Укажите химические вещества: а) молекула воды; б) порция аммиака массой 10 г; в) соляная кислота; г) медный таз; д) порция метана объемом 1,12 дм³.

- | | |
|----------------|----------------|
| 1) б, в, г, д; | 3) а, б, в, д; |
| 2) б, в, д; | 4) б, д. |

Решение. Молекула воды является веществом только в физическом смысле, так как имеет массу, но не имеет определенного агрегатного состояния. Соляная кислота — это не вещество, а смесь HCl и H₂O, медный таз — физическое тело. О веществах в химическом смысле говорится в случаях б), д).

Ответ: 4).

К настоящему времени известно свыше 70 млн веществ, и их число ежегодно стремительно возрастает.

Физические свойства вещества — это набор определенных характеристик и констант, описывающих его агрегатное состояние, плотность, температуры плавления и кипения, цвет, растворимость, твердость, вязкость, летучесть, запах и вкус, теплопроводность, электрическую проводимость, магнитные и оптические свойства, диэлектрическую проницаемость и т. д.

Химические свойства вещества — это совокупность данных о том, с какими веществами и при каких условиях реагирует данное вещество и в какие другие вещества оно при этом превращается.

Например, физические свойства воды: бесцветная жидкость (обычные условия), без цвета, запаха и вкуса, плотность (н. у.) равна 1 г/см^3 , температуры кипения и плавления соответственно $100 \text{ }^\circ\text{C}$ и $0 \text{ }^\circ\text{C}$, плохо проводит электрический ток. Химические свойства воды: взаимодействует с кислотными и основными оксидами, некоторыми металлами, при электролизе разлагается на водород и кислород.

Свойства вещества зависят от его состава и строения. Различают качественный и количественный **состав вещества**.

Качественный состав — это природа атомов, образующих вещество. **Количественный состав** — это число атомов каждого элемента в составе молекулы или в формульной единице вещества.

Например, вещество гидроксид натрия состоит из атомов натрия, кислорода и водорода (качественный состав), причем в формульной единице вещества, NaOH , мольное отношение атомов равно 1:1:1 (количественный состав).

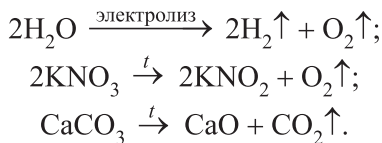
Под **строением вещества** понимается природа его структурных единиц (молекулы — в случае веществ молекулярного строения или формульные единицы — для веществ немолекулярного строения), взаимное положение атомов и структурных единиц, длины связей, валентные углы, распределение электронной плотности в молекуле или формульной единице. Например, именно о строении идет речь, когда мы говорим,

что вещество вода состоит из молекул, молекулы воды имеют угловую форму (валентный угол равен 105°), связь в молекуле ковалентная полярная.

Каждое вещество имеет свое название (названия). Названия бывают:

- *международные (систематические)*: NaCl — хлорид натрия; KNO₃ — нитрат калия; H₂SO₄ — сульфат водорода;
- *традиционные (привычные)*: H₂SO₄ — серная кислота; H₃PO₄ — фосфорная кислота;
- *специальные*: NH₃ — аммиак; H₂O — вода; H₂S — сероводород;
- *тривиальные*: олеум, норвежская селитра, угарный газ, пирит, галит, сусальное золото.

В зависимости от качественного состава вещества делят на простые и сложные. *Простые вещества* состоят из атомов одного элемента, причем число атомов в структурной единице простого вещества может быть разным: аргон Ar, медь Cu, водород H₂, кислород O₂, белый фосфор P₄, ромбическая сера S₈. *Сложные вещества (химические соединения)* состоят из атомов различных элементов. Например, вода H₂O, аммиак NH₃, метан CH₄. Сложные вещества, в отличие от простых, можно разложить на несколько других простых и/или сложных веществ:



В свою очередь, простые вещества делятся на неметаллы и металлы. **Неметаллы**, как правило, плохо проводят теплоту и электрический ток, при обычных условиях могут быть жидкими (бром), твердыми (кремний, бор, сера) или газообразными (водород, кислород, азот, хлор). **Металлы** (медь, железо, кальций) хорошо проводят электрический ток и теплоту, твердые при обычных условиях (кроме ртути), ковкие, непрозрачные.

Сложные вещества классифицируются:

- по происхождению (органические и неорганические);
- составу (бинарные, т. е. состоящие из атомов двух различных элементов — CaO , H_2O , PH_3 , и многоэлементные, состоящие из атомов трех и более различных элементов — H_3PO_4 , $\text{C}_2\text{H}_5\text{NO}_2$).

Бинарные вещества, в свою очередь, делятся на оксиды (CuO , K_2O), нитриды (Ca_3N_2), фосфиды (Mg_3P_2), карбиды (CaC_2), гидриды (NaH), галогениды (KCl , FeBr_3), халькогениды (K_2S , CS_2 , Al_2Se_3), силициды (Mg_2Si) и др.

Среди *многоэлементных веществ* различают соли, гидроксиды (кислородсодержащие кислоты, основания и амфотерные гидроксиды), комплексные соединения ($\text{K}_3[\text{Al}(\text{OH})_6]$, $\text{Na}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4]$) и кристаллогидраты ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, $\text{Na}_2\text{SO}_4 \times \times 7\text{H}_2\text{O}$). Комплексные соединения содержат внешнюю и внутреннюю (указана в квадратных скобках) сферы. Частицы, образующие внутреннюю сферу соединения, очень устойчивы и в водных растворах существуют самостоятельно: $[\text{Al}(\text{OH})_6]^{3-}$, $[\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-}$.

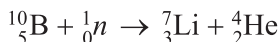
При записи формул бинарных соединений вначале, как правило, записывается символ менее электроотрицательного элемента. Исключения: аммиак NH_3 , гидразин N_2H_4 , углеводороды CH_4 , C_2H_2 и др., фосфин PH_3 .

1.2. ФИЗИЧЕСКИЕ И ХИМИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ

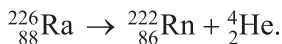
В природе с веществами происходят различные изменения (явления), которые принято классифицировать на химические и физические.

Физические явления — это изменение агрегатного состояния, скорости движения, температуры и формы тел. При этих явлениях новые вещества не образуются. Например, таяние снега, испарение воды, возгонка (сублимация) сухого льда CO_2 (сублимация — переход вещества при нагревании из твердого состояния в газообразное, минуя жидкое).

К физическим явлениям относятся также *ядерные реакции*:



и *радиоактивные превращения*:

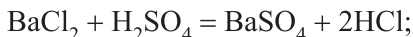


В этих процессах новые вещества хотя и образуются, однако это связано с изменением природы атомов.

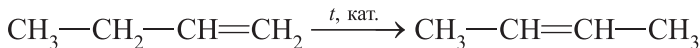
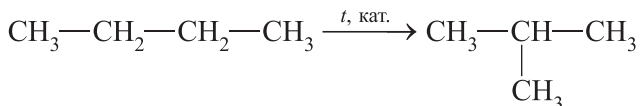
Химические явления, или **химические реакции**, — это изменение веществ, процесс их превращения в другие вещества, протекающий без изменения природы атомов (атомы в химических реакциях сохраняются, атомы новых химических элементов не возникают). В химических реакциях разрушаются химические связи в исходных веществах и образуются новые химические связи между атомами в продуктах реакции.

В результате химических явлений могут изменяться:

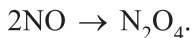
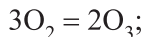
- как качественный состав, так и строение веществ:



- только строение веществ с сохранением качественного и количественного состава:



- количественный состав (с сохранением качественного) и строение:





1. В результате химических явлений молекулы (формульные единицы) разрушаются, а атомы не изменяются (сохраняются).
2. Ядерные реакции и радиоактивные превращения относятся к физическим явлениям.

Каждому химическому явлению сопутствует физическое, которое может быть зафиксировано непосредственно нашими органами чувств или специальными приборами. К числу важнейших физических признаков химических явлений относятся *выделение газа, выпадение или растворение осадка, изменение окраски, выделение или поглощение теплоты, излучение света, появление запаха.*

Следует иметь в виду, что само по себе каждое из отмеченных физических явлений еще не будет однозначным признаком химической реакции. Например, если ударить молотком по куску железа, то выделится тепло и железо нагреется (механическая энергия переходит в тепловую), однако новые вещества при этом не образуются. Откроем флакон с духами — появится запах, но и в этом случае новые вещества не образуются. Оба описанных явления относятся к физическим. Однозначный признак химической реакции — это образование новых веществ.

Ряд явлений (например, образование растворов электролитов, см. 10.1) относятся к *физико-химическим*.

1.3. ЗАКОН СОХРАНЕНИЯ МАССЫ ВЕЩЕСТВА

Поскольку при химических реакциях атомы не исчезают и их природа сохраняется (новые атомы не образуются), то и общее число атомов до и после реакции остается неизменным. Отсюда следует **закон сохранения массы** в химических реакциях (М. В. Ломоносов, 1748; А. Лавуазье, 1789):

масса веществ, вступивших в химическую реакцию, равна массе продуктов.



Отметим, что этот закон справедлив только в практическом смысле, так как из-за взаимосвязи массы и энергии выделение или поглощение теплоты (энергии) в химических реакциях должно приводить к тому, что массы исходных веществ и продуктов будут различаться. Оценим численное значение этого различия.

Связь массы и энергии выражается уравнением А. Эйнштейна:

$$E = mc^2,$$

где c — скорость света ($c = 3 \cdot 10^8$ м/с).

Отсюда следует, что изменение массы

$$\Delta m = \frac{\Delta E}{c^2}.$$

Для химических реакций значение $\Delta E(Q)$ составляет порядка нескольких сотен килоджоулей, поэтому при огромной скорости света значения Δm получаются чрезвычайно малыми ($\approx 10^{-9}$ г) и не поддаются измерению. (Изменение энергии огромно в ядерных реакциях, например в процессах образования ядер атомов из протонов и нейтронов. Это приводит к так называемому **дефекту масс**, суть которого состоит в том, что масса ядра атома всегда меньше общей суммы масс составляющих его протонов и нейтронов.) Тем не менее более правильно говорить о сохранении не только массы, но и энергии (т. е. материи) в химических реакциях:

суммарные масса и энергия веществ, вступающих в химическую реакцию, равны суммарным массам и энергии продуктов реакции.

1.4. ЧИСТЫЕ ВЕЩЕСТВА И СМЕСИ

В природе вещества встречаются как в индивидуальном виде (так называемые чистые вещества), так и (чаще) в виде смесей.

Смесь — это система, состоящая из двух и более разных веществ, не изменяющих свои свойства в результате смешивания. Примеры смесей: молоко, бетон, дым, туман, пена.



1. Абсолютно чистых веществ в природе нет и быть не может.
2. Смеси к веществам не относятся.

Вещество считают чистым (индивидуальным), если содержание примесей в нем настолько мало, что практически не влияет на физические и химические свойства вещества.

Чистые сложные вещества следует отличать от смесей (табл. 1.1).

Таблица 1.1

Различия между смесями и сложными веществами

Сложное вещество	Смесь веществ
Образуется в результате химической реакции	Образуется при смешивании
Физические и химические свойства отдельных веществ, из которых получено сложное вещество, не сохраняются	Физические и химические свойства веществ, образующих смесь, сохраняются (исключение — растворы)
Имеет определенный качественный и количественный состав, который может быть выражен химической формулой	Состав произвольный и не может выражаться определенной химической формулой
Разлагается на составные части только в химических реакциях	Можно разделить на составные компоненты сравнительно простыми физическими методами (выпаривание, фильтрование и т. д.)
Физические свойства постоянные	Физические свойства непостоянные

Например, при нагревании железных опилок с серой образуется новое химическое вещество с определенным качественным и количественным составом — сульфид железа(II) FeS . В составе FeS химические свойства веществ железо и сера утрачены и не проявляются. Разложить сульфид железа(II) на простые вещества железо и серу простыми физическими методами нельзя. Плотность сульфида железа(II) постоянна, магнитом это вещество не притягивается.

Смешаем железные опилки и серу без нагревания. Во-первых, смешивать эти вещества можно в любых соотношениях (состав смеси произвольный и не имеет определенной формулы), во-вторых, железо и сера не утратили своих свойств (в составе смеси железо так же притягивается магнитом, как и индивидуальное железо); эту смесь можно разделить на отдельные компоненты с помощью магнита или воды (сера водой не смачивается и остается плавать на ее поверхности), ее плотность не постоянна и возрастает с увеличением содержания железа.

Смеси делятся на однородные и неоднородные. В *однородных (гомогенных) смесях* отдельные компоненты нельзя различить не только невооруженным глазом, но и с помощью микроскопа. Однородными смесями являются растворы и смеси газов. В *неоднородных (гетерогенных) смесях* отдельные компоненты можно различить невооруженным глазом (смесь бензина и воды) или с помощью микроскопа (сливки). Неоднородные смеси часто называются *механическими*.

Из неоднородных смесей отдельные компоненты выделяют:

- отстаиванием (смесь воды и подсолнечного масла, воды и глины);
- фильтрованием (смесь воды и глины, воды и осадка BaSO_4);
- с помощью магнита (смесь железных и древесных опилок, железа и серы).

Однородную смесь разделяют на отдельные вещества:

- выпариванием (смесь NaCl и H_2O);
- дистилляцией (перегонкой); этот метод основан на различии температур кипения компонентов.