

Содержание

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

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

<i>Тема 1.</i> Основные понятия и законы химии	6
<i>Тема 2.</i> Строение ядер и электронных оболочек атомов	28
<i>Тема 3.</i> Периодический закон и периодическая система химических элементов	47
<i>Тема 4.</i> Природа и типы химической связи. Ковалентная химическая связь	57
<i>Тема 5.</i> Ионная, водородная, металлическая связи. Типы кристаллических решеток. Межмолекулярное взаимодействие. Валентность, степень окисления, координационное число	76
<i>Тема 6.</i> Основные классы неорганических веществ	92
<i>Тема 7.</i> Химические реакции.....	117
<i>Тема 8.</i> Растворы. Электролитическая диссоциация	149

ХИМИЯ ЭЛЕМЕНТОВ

<i>Тема 9.</i> Неметаллы	184
<i>Тема 10.</i> Металлы	207

ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

<i>Тема 11.</i> Общие положения органической химии.....	228
<i>Тема 12.</i> Углеводороды. Природные источники углеводородов...	246
<i>Тема 13.</i> Кислородсодержащие органические соединения	292
<i>Тема 14.</i> Амины. Аминокислоты. Белки	335
<i>Тема 15.</i> Высокмолекулярные соединения. Идентификация веществ (качественные реакции). Вещества в природе. Применение и получение веществ	361

ПРОВЕРЬ СЕБЯ

<i>Тема 16.</i> Тестовые вопросы, рекомендуемые для подготовки к ЦТ и ЕГЭ.....	376
<i>Ответы</i> (раздел «Проверь себя»)	397

От автора

Чтобы эффективно подготовиться к вступительным испытаниям, работы с учебниками и сборниками задач, выполнения тестовых заданий недостаточно. Необходим серьезный и систематический разбор ошибок, совершаемых на экзаменах.

Цель настоящего учебного издания прежде всего в том, чтобы подробно проанализировать и систематизировать ошибки, допускаемые абитуриентами на вступительных испытаниях по химии.

Характер этих ошибок, их природа хорошо известны: недостаточное знание материала школьных учебников, неумение применять полученные знания в незнакомой ситуации, вполне понятное волнение и т. д.

В первую очередь в пособии рассматриваются типичные ошибки, характерные для подавляющего большинства абитуриентов. Примеры взяты из практики ЦТ и ЕГЭ. Кроме того, в пособии приведены решения ряда достаточно трудных тестовых заданий из популярных сборников тестов. Подробные комментарии к решениям позволяют рассматривать книгу как пособие-репетитор по химии для подготовки к сдаче ЦТ и ЕГЭ. В конце книги представлены 100 тестовых вопросов для самостоятельной работы, а также ответы к ним.

В первую очередь пособие адресовано абитуриентам, однако оно будет полезно педагогам, учащимся средних

школ, лицеев, а также слушателям подготовительных отделений вузов и всем тем, кто самостоятельно готовится к сдаче конкурсного экзамена, ЦТ и ЕГЭ по химии.

В отдельных случаях при написании пособия использовалась книга А. А. Каверина «Единый государственный экзамен. Химия. Комплекс материалов для подготовки учащихся» (М. : Интеллект-центр, 2017. — 256 с.).

Теоретическая ХИМИЯ

Тема 1

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ЗАКОНЫ ХИМИИ

Данная тема включает следующие разделы Программы вступительных испытаний по химии:

Основные понятия химии. Атом. Химический элемент. Молекула. Ион. Химический смысл понятия «вещество». Простые и сложные вещества. Явления физические и химические. Аллотропия. Химические формулы. Химические уравнения. Молекулярное и немолекулярное строение вещества. Смеси веществ и их разделение. Относительная атомная, формульная и молекулярная массы. Моль — единица химического вещества. Молярная масса. Закон постоянства состава и закон сохранения массы веществ. Законы газового состояния вещества: объемных отношений Гей-Люссака и Авогадро. Молярный объем газа. Относительная плотность газа. Способы собирания газов в лаборатории. Сушение газов.

Абитуриенты считают, что задания по основным понятиям и законам химии несложные, поскольку эта тема является первой в курсе. Однако это глубоко ошибочное мнение, так как данная тема изобилует рядом понятий и определений, разобраться с которыми в состоянии далеко не все. По данным Республиканского института контроля знаний, некоторые задания данного раздела Программы успешно выполняет только пятая часть ($\approx 20\%$) всех участников ЦТ.

Примеры 1.1—1.3 помогут понять сущность таких понятий, как «физическое тело», «вещество», «химическое вещество», «смесь».

Пример 1.1. Вещество — это:

- 1) айсберг; 2) снежинка; 3) снег; 4) вода.

Решение. Ошибка состоит в том, что в числе правильных ответов указывают «1», «2» или «3», однако айсберг, снежинка, снег — это физические тела, обладающие определенной формой, размерами. Вещество — это то, из чего состоят физические тела. Причем различные физические тела могут состоять из одного вещества. В данном примере веществом, очевидно, является вода, из которой состоят айсберг, снежинка и снег. Аналогичный пример: медный таз, медный гвоздь, медная пуговица, медная проволока. Это также различные физические тела, состоящие из одного и того же вещества — меди.

Ответ: 4.

Пример 1.2. Химическим веществом можно назвать:

- 1) молекулу кислорода; 3) железную скрепку;
2) порцию воды массой 10 г; 4) ион Cu^{2+} .

Решение. Ошибка состоит в том, что в числе правильных ответов указывают «1», «3» или «4». Следует понимать, что химическое вещество — это устойчивая совокупность атомов, ионов или молекул, обладающая определенными химическими и физическими свойствами. *Обратите внимание:* в определении говорится не об одной частице, а об их совокупности (т. е. множестве), под физическими свойствами вещества понимаются в том числе температуры плавления и кипения, окраска, растворимость, электро- и теплопроводность и т. д. Иными словами, те свойства, которые как раз и присущи не отдельному атому (молекуле, иону), а их совокупности (отдельные частицы перечисленными свойствами не обладают). По этой причине молекула кислорода и ион Cu^{2+} не могут считаться химическим веществом, а железная скрепка — это физическое тело. Правильный ответ — порция воды массой 10 г.

Ответ: 2.

Пример 1.3. Смесь по отдельности всегда являются:

- 1) соляная и серная кислоты;
2) нашатырь и фосфорная кислота;

- 3) соляная кислота и нашатырный спирт;
 4) туман и нашатырь.

Решение. *Обращайте внимание* на формулировку теста, анализируйте его содержание. В ряде случаев при формулировке задания используются слова, призванные усилить однозначность теста, придать ответам категоричность: **всегда, обязательно, только, все, любой** и т. д. В настоящем примере смесями **всегда** являются соляная кислота (смесь воды и хлороводорода), нашатырный спирт (смесь воды и аммиака) и туман (смесь капелек воды и воздуха). Серная и фосфорная кислоты могут быть как в индивидуальном (100% -ном) виде, так и в виде растворов, т. е. смесей. Нашатырь — это индивидуальное химическое вещество, формула которого NH_4Cl . Таким образом, правильный ответ — «3».

Ответ: 3.

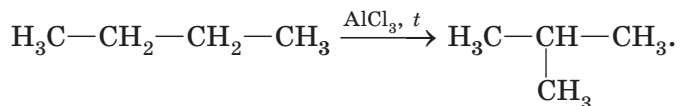
Как правило, абитуриенты верно перечисляют признаки химической реакции, однако многие не представляют, что само по себе изменение энергии, выделения газа, появление запаха и т. д. еще не являются обязательным доказательством химического явления (химической реакции). Например, появление запаха при открывании флакона с духами, выделение газа при кипячении воды — явления физические.

Пример 1.4. Укажите все справедливые утверждения. В результате протекания химической реакции обязательно:

- а) изменяется количественный состав вещества;
 - б) образуется новое вещество;
 - в) выделяется энергия;
 - г) изменяется количественный состав вещества;
 - д) сохраняется природа атомов;
 - е) разрушаются молекулы или формульные единицы;
 - ж) изменяется строение вещества.
- | | |
|-------------------|-------------------------|
| 1) б, д, е, ж; | 3) а, б, в, г, д, е, ж; |
| 2) а, б, д, е, ж; | 4) б, е, ж. |

Решение. Следует четко понимать, что химическая реакция **обязательно сопровождается образованием новых веществ («б»)**,

которые отличаются от исходных строением («ж»), т. е. взаимным расположением атомов, образующих молекулу (формульную единицу), относительно друг друга. При этом вовсе не всегда изменяется качественный состав вещества, например: $3\text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{O}_3$. Более того, могут сохраняться как качественный, так и количественный состав (строение же изменяется всегда):



Атомы в химических реакциях сохраняются (ядра атомов остаются неизменными), а молекулы и формульные единицы разрушаются. Учитывая, что в химическом процессе энергия может не только выделяться, но и поглощаться, приходим к выводу, что правильный ответ — «1».

Ответ: 1.

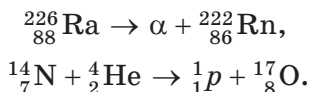
Обратите внимание, как изменился бы ответ на предыдущий вопрос, если бы тестовое задание формулировалось так: в результате химической реакции может В этом случае правильными бы являлись все ответы («а—ж»).

Цель следующего примера — подчеркнуть различия между физическими и химическими явлениями, свойствами вещества и отдельной частицы. *Обратите внимание* на смысл понятия «аллотропия».

Пример 1.5. Правильным является утверждение:

- 1) новые вещества образуются только в результате химических, но не физических явлений;
- 2) алмаз и графит — аллотропные модификации простого вещества углерода;
- 3) при нормальных условиях молекула водорода газообразна, а молекула брома — жидкая;
- 4) молекулы кислорода и азота различаются массами.

Решение. Следует помнить, что новые вещества могут образоваться и в результате физического явления, а именно ядерных реакций или радиоактивных превращений:



Однако в данных процессах изменяется также природа атомов, тогда как в химических — ядра атомов сохраняются. Явление «аллотропия» относится к химическому элементу, поэтому следует говорить, что алмаз и графит — это простые вещества, являющиеся аллотропными модификациями химического элемента углерода. Простое вещество углерод вообще отсутствует, ибо названия всех простых веществ, образованных атомами элемента углерода, не включают слово «углерод» (графит, алмаз, карбин, фуллерен, графен, тубулен).

Молекула водорода не может быть газообразной, равно как и молекула брома — жидкой, так как агрегатное состояние характеризует химическое вещество, а не отдельную частицу. Правильным будет утверждение «4».

Ответ: 4.

Может показаться удивительным, однако около 80 % абитуриентов плохо представляют различия между такими фундаментальными понятиями, как «химический элемент» и «простое вещество». Напоминаем свойства (характеристики) химического элемента, тем более что этот вопрос плохо изложен в школьных учебниках и большинстве существующих учебных пособий:

- 1) химический знак (символ);
- 2) относительная атомная масса A_r ;
- 3) строение атома (заряд ядра, число электронов и т. д.);
- 4) валентные возможности и степени окисления;
- 5) положение в периодической системе (период, группа, тип семейства, металл или неметалл);
- 6) энергия ионизации $E_{\text{ион.}}$, сродство к электрону $E_{\text{ср.}}$, электроотрицательность χ ;
- 7) изотопный состав, радиоактивность, в том числе период полураспада;
- 8) явление аллотропии;
- 9) распространенность в природе;
- 10) массовая или мольная доля в веществе.

Именно о химическом элементе идет речь, когда описывают качественный и количественный состав вещества. Например, не говорят, что в состав пероксида водорода H_2O_2 входят простые вещества водород и кислород (или молекулы H_2 и O_2), а выражаются так: «В состав пероксида водорода входят атомы элементов водорода и кислорода (качественный состав вещества) в мольном отношении 2 : 2 (количественный состав)».

Свойства простого вещества делятся на *физические* (плотность, окраска, растворимость, температуры плавления и кипения, электро- и теплопроводность, твердость, вязкость, показатель преломления и т. д.) и *химические*. Под последними понимаются способность вещества вступать в химические реакции с другими веществами, условия их протекания. О простом веществе идет речь, когда рассматривают его способы получения и применение. Молярная масса также является характеристикой простого вещества.

Пример 1.6. Укажите число всех утверждений, относящихся к химическому элементу кислороду:

- а) входит в состав всех оксокислот;
 - б) образуется при фотосинтезе;
 - в) имеет несколько нуклидов;
 - г) по распространенности в земной коре занимает первое место;
 - д) тяжелее воздуха;
 - е) неметалл;
 - ж) применяется для резки металлов.
- 1) три; 2) четыре; 3) шесть; 4) семь.

Решение. В соответствии с вышесказанным правильными будут ответы «а», «в», «г» и «е», т. е. всего четыре утверждения.

Ответ: 2.

Обратите внимание, что масса атомов, ионов, молекул и формульных единиц может выражаться не только в г, кг, но и в единицах постоянной атомной массы (а. е. м., или u), что следует из формулы:

$$A_r(\text{Э}) = \frac{m_a(\text{Э})}{u},$$

откуда:

$$m_a(\text{Э}) = A_r(\text{Э}) \cdot u,$$

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

Например: $m_a(\text{Na}) = 23u$ (23 а. е. м.) = $23 \cdot 1,66 \cdot 10^{-24} \text{ г} = 38,18 \cdot 10^{-24} \text{ г}$.

Будьте внимательны и не путайте атомный номер Z элемента в периодической системе и его относительную атомную массу A_r (например, $Z(\text{N}) = 7$; $A_r = 14$), что нередко наблюдается даже у сильных абитуриентов (иначе, как волнением, это не объяснишь).

В следующем примере объединены задания, акцентирующие внимание на таких понятиях, как «атом», «молекула», «относительная молекулярная и формульная массы», «химическая формула», «химическое уравнение».

Пример 1.7. Укажите все справедливые утверждения:

- а) относительная молекулярная масса хлорида натрия равна 58,5;
 - б) атом графита;
 - в) для аргона понятия «атом» и «молекула» тождественны;
 - г) нельзя составить химическую формулу нефти;
 - д) уравнение химической реакции $2\text{SO}_2(\text{г.}) + \text{O}_2(\text{г.}) \rightleftharpoons 2\text{SO}_3(\text{г.})$ позволяет судить о выходе продукта.
- 1) а, б, в, г, д; 2) а, в, г; 3) б, д; 4) в, г.

Решение. Хлорид натрия NaCl имеет немолекулярное строение (соль), а по отношению к таким веществам употребляют выражение «относительная формульная (но не молекулярная!) масса», поэтому ответ «а» неверен. Нельзя сказать «атом графита», поскольку графит — это название простого вещества элемента углерода. Следует выразиться так: «Атом элемента углерода».

Для аргона, состоящего из одноатомных частиц, понятия «атом» и «молекула» тождественны, так как носителем свойств вещества аргона выступает атом (говорят, что молекулы аргона одноатомны). Следовательно, ответ «в» правильный.

Нефть — это смесь углеводородов, поэтому для нее нельзя составить химическую формулу. Наконец, уравнение приведенной

обратимой реакции не позволяет судить о выходе продукта, а указывает на мольные (массовые, объемные) отношения реагентов и продуктов. Таким образом, правильными являются только два утверждения — «в», «г».

Ответ: 4.

Необходимо четко различать понятия «моль» и «молекула». Первое из них применимо к веществам как молекулярного, так и немолекулярного строения, а второе — исключительно к веществам молекулярного строения.

Пример 1.8. Понятия «моль» и «молекула» применимы (н. у.) для:

- | | |
|------------------------|--------------------|
| 1) воздуха; | 3) белого фосфора; |
| 2) оксида кремния(IV); | 4) железа. |

Решение. Воздух — это смесь. Бесмысленно говорить о молекуле воздуха (хотя понятие «моль» по отношению к воздуху используют). Железо и оксид кремния(IV) имеют немолекулярное строение, а белый фосфор — молекулярное. Правильный ответ — «3».

Ответ: 3.

Следует иметь в виду, что для некоторых веществ молекулярное строение достигается при высоких температурах (в парах обнаружены молекулы SiO_2 , Na_2 , HgCl и т. д.), а для ряда веществ молекулярная форма существования вообще отсутствует. Например, нет молекул CaCO_3 , так как при нагревании это вещество разлагается.

Приведем еще несколько тестовых заданий, ответы на которые вызывают у абитуриентов значительные затруднения.

Пример 1.9. Условия получения не влияют на состав и свойства:

- | | |
|-----------------------|---------------------------|
| 1) чугуна; | 3) сульфида кобальта(II); |
| 2) оксида железа(II); | 4) оксида серы(IV). |

Решение. Условия получения не влияют на состав и свойства веществ молекулярного строения. Такие вещества называются **стехиометрическими**, и только для них справедлив закон постоянства