

**ГОСУДАРСТВЕННАЯ
ИТОГОВАЯ АТТЕСТАЦИЯ**



А.В. КУПЦОВА, А.С. КОРОЩЕНКО

ХИМИЯ

ПОЛНЫЙ ЭКСПРЕСС-РЕПЕТИТОР

**для подготовки
к основному государственному
экзамену**

**ОГЭ – ШКОЛЬНИКАМ
И УЧИТЕЛЯМ**

**100
БАЛЛОВ**

УДК 373:54
ББК 247я721
К92

Купцова, Анна Викторовна.

К92 Химия: полный экспресс-репетитор для подготовки к ОГЭ / А.В. Купцова, А.С. Корощенко. — Москва: Издательство АСТ, 2021. — 334, [2] с. — (Полный экспресс-репетитор для подготовки к ОГЭ).

ISBN 978-5-17-137800-4

Пособие рассчитано на самостоятельную или под руководством учителя подготовку школьников к основному государственному экзамену. В него в полном объёме включён материал курса химии, который проверяется на экзамене. Теоретическая часть пособия излагается в краткой и доступной форме.

Для каждого типа заданий представлена его характеристика, пример, алгоритм выполнения и блок тренировочных заданий. В конце пособия приводятся ответы на все задания.

Подробные инструкции, описывающие порядок действий при работе с каждым типом заданий, позволяют в короткий срок выработать навыки выполнения заданий разных типов, систематизировать знания и качественно подготовиться к основному государственному экзамену.

УДК 373:54
ББК 247я721

ISBN 978-5-17-113780-4

© Купцова А.В., Корощенко А.С., 2021
© ООО «Издательство АСТ», 2021

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	5
Тема 1. Химический элемент. Простые и сложные вещества	9
Тема 2. Строение атома	20
Тема 3. Закономерности изменения свойств элементов в периодической системе	36
Тема 4. Валентность. Степень окисления	46
Тема 5. Виды химической связи	61
Тема 6. Строение атома и закономерности изменения свойств элементов и их соединений в периодической системе	71
Тема 7. Основные классы неорганических веществ: классификация	78
Тема 8. Химические свойства простых веществ и оксидов ..	88
Тема 9. Химические свойства простых и сложных веществ: продукты реакций	105
Тема 10. Химические свойства простых и сложных веществ: определение возможности взаимодействия веществ	125
Тема 11. Классификация химических реакций	137
Тема 12. Условия и признаки протекания химических реакций	148
Тема 13. Электролитическая диссоциация	162
Тема 14. Реакции ионного обмена и условия их осуществления	176
Тема 15. Окислитель и восстановитель. Окислительно-восстановительные реакции	188
Тема 16. Человек в мире веществ, материалов и химических реакций	200
Тема 17. Качественные реакции на вещества и ионы	209
Темы 18–19. Вычисление массовой доли химического элемента в веществе. Человек в мире веществ, материалов и химических реакций	219
Тема 20. Окислительно-восстановительные реакции. Окислитель и восстановитель (повышенный уровень)	231

Тема 21. Взаимосвязь различных классов неорганических веществ. Реакции ионного обмена	240
Тема 22. Решение задач на расчёт по уравнению реакции	257
Темы 23–24. Решение экспериментальных задач	275
Ответы	290
Тема 1. Химический элемент. Простые и сложные вещества	290
Тема 2. Строение атома	290
Тема 3. Закономерности изменения свойств элементов в периодической системе	290
Тема 4. Валентность. Степень окисления	290
Тема 5. Виды химической связи	291
Тема 6. Строение атома и закономерности изменения свойств элементов и их соединений в периодической системе	291
Тема 7. Основные классы неорганических веществ: классификация	291
Тема 8. Химические свойства простых веществ и оксидов	291
Тема 9. Химические свойства простых и сложных веществ: продукты реакций ..	292
Тема 10. Химические свойства простых и сложных веществ: определение возможности взаимодействия веществ	292
Тема 11. Классификация химических реакций	292
Тема 12. Условия и признаки протекания химических реакций	292
Тема 13. Электролитическая диссоциация	293
Тема 14. Реакции ионного обмена и условия их осуществления	293
Тема 15. Окислитель и восстановитель. Окислительно-восстановительные реакции	293
Тема 16. Человек в мире веществ, материалов и химических реакций	293
Тема 17. Качественные реакции на вещества и ионы	294
Темы 18–19. Вычисление массовой доли химического элемента в веществе. Человек в мире веществ, материалов и химических реакций	294

Тема 20. Окислительно-восстановительные реакции. Окислитель и восстановитель (повышенный уровень)	294
Тема 21. Взаимосвязь различных классов неорганических веществ. Реакции ионного обмена	299
Тема 22. Решение задач на расчёт по уравнению реакции	306
Темы 23–24. Решение экспериментальных задач	314
Словарь	324

Приложения

<i>Приложение 1. Тривиальные названия некоторых веществ, изучаемых в курсе химии в 8–9 классах</i>	<i>329</i>
--	------------

<i>Приложение 2. Интеллект-карта «Химические свойства водорода»</i>	<i>333</i>
---	------------

<i>Приложение 3. Интеллект-карта «Химические свойства алюминия»</i>	<i>334</i>
---	------------

ТЕМА 1. Химический элемент. Простые и сложные вещества

Блок 1. Повторяем материал

Характеристика химических элементов. *Химический элемент* — это вид атомов с определённым зарядом атомного ядра.

К характеристикам химических элементов относятся высказывания:

- а) о положении элемента в периодической системе;
- б) о строении и свойствах атомов (например, радиус атома, электроотрицательность, металлические или неметаллические свойства);
- в) об изотопах и образовании аллотропных модификаций;
- г) о степенях окисления и валентности;
- д) о распространённости элементов в природе (Вселенной, земной коре, организме человека, растениях и т. п.);
- е) о том, в виде каких веществ элемент находится в природе и в состав каких сложных веществ он входит;
- ж) о применении сложных веществ, содержащих элемент.

Например, высказывания о химическом элементе фторе:

- а) фтор находится во 2-м периоде периодической системы;
- б) электроотрицательность фтора больше, чем электроотрицательность хлора;
- в) фтор в природе существует в виде единственного стабильного изотопа;
- г) в соединениях фтор всегда проявляет отрицательную степень окисления;
- д) распространённость фтора в земной коре составляет 0,02%;
- е) фтор входит в состав криолита, месторождений которого на Земле мало;
- ж) фтор входит в состав компонентов зубной пасты.

Характеристика простых веществ. Простое вещество — это вещество, образованное одним химическим элементом.

К характеристикам простых веществ относятся высказывания:

а) о строении вещества (например, составе молекулы, виде химической связи, типе кристаллической решётки);

б) о физических и химических свойствах вещества, его токсичности;

в) о применении, хранении, правилах безопасного использования вещества;

г) о способах получения вещества;

д) о смесях, в состав которых входит простое вещество;

е) о нахождении вещества в природе в свободном виде (в виде простого вещества).

Например, высказывания о простом веществе — фторе:

а) молекула фтора состоит из двух атомов;

б) фтор при комнатной температуре находится в газообразном состоянии;

в) фтор используют для получения химически инертных полимеров;

г) в промышленности фтор получают электролитическим разложением фтороводорода;

д) смесь фтора с водородом взрывоопасна;

е) фтор в природе в виде газа не встречается.

Для правильного выполнения заданий на определение высказываний о химических элементах и простых веществах необходимо иметь широкий химический кругозор, знать тривиальные названия веществ (приложение 1), названия некоторых сплавов и другую фактическую информацию о простых веществах.

Формулы и названия простых веществ. Простое вещество — это вещество, образованное одним химическим элементом. Формула простого вещества состоит либо из символа одного химического элемента (например, К, Na, С), либо из одного символа с индексом, который

указывает число атомов, входящих в состав молекулы вещества (например, H_2 , O_3 , S_8).

Названия большинства простых веществ совпадают с названиями элементов, которые их образуют. Например, химический элемент — натрий, простое вещество — натрий.

Названия некоторых простых веществ состоят из двух слов (прилагательного и названия элемента), например, ромбическая сера или пластическая сера, красный фосфор или белый фосфор, белое олово или серое олово. Эти простые вещества — аллотропные видоизменения элементов.

Названия простых веществ, образованных элементом углеродом (алмаз, графит, фуллерен, карбин), не совпадают с названием элемента. Элемент кислород также образует два простых вещества — кислород и озон (название одного из них не совпадает с названием элемента).

Формулы и названия сложных веществ. Сложное вещество — это вещество, образованное несколькими химическими элементами. Формула сложного вещества включает два или более символов химических элементов, а также индексы, указывающие число атомов, входящих в состав молекулы (формульной единицы) вещества. Например: KCl , Na_2O , H_2SO_4 , $\text{Fe}(\text{NO}_3)_2$, $\text{Cr}(\text{OH})_3$.

Названия сложных веществ, составленные по правилам номенклатуры, принятой в химии в настоящее время, содержат определённые слова. Например:

- слово «оксид» в названии указывает на то, что вещество относится к сложным веществам — оксидам;
- слово «кислота» в названии указывает на то, что вещество относится к сложным веществам — кислотам;
- слово «гидроксид» в названии указывает на то, что вещество относится к сложным веществам — основаниям или амфотерным гидроксидам;

- названия кислотных остатков в названиях веществ указывает на то, что вещество относится к сложным веществам — солям.

Некоторые сложные вещества имеют тривиальные (исторически сложившиеся) названия, которые необходимо запомнить (см. приложение 1).

Блок 2. Рассматриваем примеры решения заданий

Задание 1. Выберите два высказывания, в которых говорится о натрии, как о химическом элементе.

1) Натрий взаимодействует с кислородом при комнатной температуре.

2) Натрий входит в состав поваренной соли.

3) Натрий применяют в металлургии в качестве восстановителя.

4) Натрий входит в состав всех живых организмов.

5) Натрий — мягкий металл.

Запишите номера выбранных ответов.

Ответ:

Решение. Проанализируем каждое высказывание, отмечая любым знаком (например, «+») те, в которых о натрии говорится, как о химическом элементе.

1) Натрий взаимодействует с кислородом при комнатной температуре. (Речь идёт о химических свойствах; в высказывании говорится о простом веществе.)

2) Натрий входит в состав поваренной соли. (Поваренная соль — это соединение натрия с хлором — сложное вещество; в высказывании говорится о химическом элементе; +.)

3) Натрий применяют в металлургии в качестве восстановителя. (Речь идёт о применении; в высказывании говорится о простом веществе.)

4) Натрий входит в состав всех живых организмов. (Натрий — простое вещество — это активный металл,

который не входит в состав живых организмов; в высказывании говорится о химическом элементе; +.)

5) Натрий — мягкий металл. (Речь идёт о физических свойствах; в высказывании говорится о простом веществе.)

Выбираем и записываем номера двух правильных ответов, в которых о натрии говорится, как о химическом элементе (отмечены знаком «+»).

Ответ:

2	4
---	---

Задание 2. Выберите две группы, в которых каждое из веществ относится к сложным веществам.

1) CuSO_4 , HCl , N_2

4) Al , Mg , Si

2) Na , P_4 , O_3

5) KOH , H_2SiO_3 , CaO

3) KCl , H_2SO_3 , PH_3

Запишите номера выбранных ответов.

Ответ:

--	--

Решение. Проанализируем качественный состав каждого вещества (из каких элементов состоит).

1) CuSO_4 (состоит из нескольких элементов — меди Cu , серы S , кислорода O , — сложное вещество; +), HCl (состоит из нескольких элементов — водорода H и хлора Cl , — сложное вещество; +), N_2 (состоит из одного элемента — азота, — простое вещество)

2) Na (состоит из одного элемента — натрия Na , — простое вещество), P_4 (состоит из одного элемента — фосфора P , — простое вещество), O_3 (состоит из одного элемента — кислорода O , — простое вещество)

3) KCl (состоит из нескольких элементов — калия K и хлора Cl , — сложное вещество; +), H_2SO_3 (состоит из нескольких элементов — водорода H , серы S , кислорода O , — сложное вещество; +), PH_3 (состоит из нескольких элементов — фосфора P и водорода H — сложное вещество; +)

4) Al (состоит из одного элемента — алюминия Al — простое вещество), Mg (состоит из одного элемента —

магния Mg — простое вещество), Si (состоит из одного элемента — кремния Si — простое вещество)

5) KOH (состоит из нескольких элементов — калия K, кислорода O, водорода H — сложное вещество; +), H_2SiO_3 (состоит из нескольких элементов — водорода H, кремния Si, кислорода O — сложное вещество; +), CaO (состоит из нескольких элементов — кальция Ca, кислорода O — сложное вещество; +).

Выбираем и записываем номера двух правильных ответов, в которых все вещества являются сложными (отмечены знаком «+»).

Ответ:

3	5
---	---

Задание 3. Выберите две группы, в которых каждое из веществ относится к сложным веществам.

- 1) кислород, кремниевая кислота, красный фосфор;
- 2) серная кислота, гидроксид алюминия, карбонат натрия;
- 3) калий, азот, барий;
- 4) угарный газ, негашёная известь, фуллерен;
- 5) гидроксид кальция, аммиак, мел.

Запишите номера выбранных ответов.

Ответ:

--	--

Решение. Проанализируем название каждого вещества. Отмечаем любым знаком (например, «+») сложные вещества.

1) кислород (в названии вещества есть название химического элемента — кислород; простое вещество), кремниевая кислота (в названии вещества есть слово «кислота»; сложное вещество; +), красный фосфор (в названии вещества есть название химического элемента — фосфор; простое вещество);

2) серная кислота (в названии вещества есть слово «кислота»; сложное вещество; +), гидроксид алюминия

(в названии вещества есть слово «гидроксид»; сложное вещество; +), карбонат натрия (в названии вещества есть название кислотного остатка «карбонат»; сложное вещество; +);

3) калий (в названии вещества есть название химического элемента — калий; простое вещество), азот (в названии вещества есть название химического элемента — азот; простое вещество), барий (в названии вещества есть название химического элемента — барий; простое вещество);

4) угарный газ (тривиальное название оксида углерода(II); сложное вещество; +), негашёная известь (тривиальное название оксида кальция; сложное вещество; +), фуллерен (аллотропная модификация химического элемента углерода; простое вещество);

5) гидроксид кальция (в названии вещества есть название слово «гидроксид»; сложное вещество; +), аммиак (тривиальное название летучего водородного соединения азота; сложное вещество; +), мел (тривиальное название карбоната кальция; сложное вещество; +);

Выбираем и записываем номера двух правильных ответов, в которых все три вещества — сложные (отмечены знаком «+»).

Ответ:

2	5
---	---

Блок 3. Выполняем самопроверку

1. Выберите два высказывания, в которых говорится о иоде, как о простом веществе.

1) При взаимодействии иода с водородом образуется иодоводород.

2) В ядре атома иода находится 53 протона.

3) Электроотрицательность иода меньше, чем электроотрицательность брома.

4) Морская капуста — источник иода.

5) Иод возгоняется при нагревании.

Запишите номера выбранных ответов.

Ответ:

--	--	--

2. Выберите два высказывания, в которых говорится о кислороде, как о химическом элементе.

1) Кислород необходим многим живым организмам для дыхания.

2) Молекулы озона состоят из трех атомов кислорода.

3) Кислород входит в состав пероксида водорода.

4) Кислород входит в состав гремучего газа.

5) При горении простых и сложных веществ в кислороде, как правило, образуются оксиды.

Запишите номера выбранных ответов.

Ответ:

3. Выберите два высказывания, в которых говорится о железе, как о простом веществе.

1) Железо ржавеет во влажной среде.

2) Железо находится в периодической системе в VIIIБ-группе.

3) Железо имеет переменную валентность.

4) Железо можно получить, используя алюминотермию.

5) В атоме железа во внешнем электронном слое находится два электрона.

Запишите номера выбранных ответов.

Ответ:

4. Выберите два высказывания, в которых говорится о водороде, как о простом веществе.

1) Водород образует соединения, в которых проявляет степень окисления +1 или -1.

2) Водород используют в качестве ракетного топлива.

3) Водород входит в состав аммиака.

4) Тритий — самый тяжёлый изотоп водорода.

5) Водород намного легче воздуха.

Запишите номера выбранных ответов.

Ответ:

5. Выберите два высказывания, в которых говорится о хлоре, как о химическом элементе.

- 1) Хлор взаимодействует с железом.
- 2) Хлор входит в состав соляной кислоты.
- 3) Хлор образует несколько кислот.
- 4) Хлор при комнатной температуре — газ.
- 5) Хлор получают электролизом расплава хлорида натрия.

Запишите номера выбранных ответов.

Ответ:

6. Выберите две группы, в которых каждое из веществ относится к простым веществам.

- 1) O_3 , N_2 , Al
- 2) CH_4 , HNO_2 , $Ca(OH)_2$
- 3) Al_2O_3 , CuO, H_2SiO_3
- 4) HF, Mg, P_4
- 5) Au, Co, H_2

Запишите номера выбранных ответов.

Ответ:

7. Выберите две группы, в которых каждое из веществ относится к сложным веществам.

- 1) PH_3 , $Fe(OH)_2$, HNO_3
- 2) O_2 , He, Mg
- 3) N_2O , KOH, C_2H_4
- 4) H_2SO_4 , Sn, C_{60}
- 5) N_2 , F_2 , S_8

Запишите номера выбранных ответов.

Ответ:

8. Выберите два высказывания, в которых говорится о гелии, как о химическом элементе.

1) Относительная атомная масса гелия меньше, чем у аргона.

2) Многие соединения гелия существуют только в газовой фазе.

3) В отличие от водорода гелий не взрывоопасен.

4) Гелий имеет низкую температуру кипения.

5) При вдыхании гелия тембр голоса становится тонким.

Запишите номера выбранных ответов.

Ответ:

9. Выберите два высказывания, в которых говорится о натрии, как о химическом элементе.

1) Натрий мягкий, серебристо-белый металл.

2) Радиус атома натрия больше, чем радиус атома лития.

3) Натрий в организме человека поддерживает кислотно-щелочной баланс.

4) Натрий активно взаимодействует с водой при комнатной температуре.

5) Натрий получают электролизом расплава поваренной соли.

Запишите номера выбранных ответов.

Ответ:

10. Выберите два высказывания, в которых говорится о магнии, как о простом веществе.

1) Магний находится в периодической системе в 3-м периоде.

2) Гидроксид магния не растворим в воде.

3) Магний не взаимодействует с холодной водой.

4) Магний используется для получения некоторых металлов.

5) Магний важен для работы нервной системы человека.

Запишите номера выбранных ответов.

Ответ:

11. Выберите две группы, в которых каждое из веществ относится к простым веществам.

- 1) фосфин, бром, пирит
- 2) калий, серое олово, ромбическая сера
- 3) мел, гашёная известь, угарный газ
- 4) графит, алюминий, аммиак
- 5) красный фосфор, барий, озон

Запишите номера выбранных ответов.

Ответ:

12. Выберите две группы, в которых каждое из веществ относится к сложным веществам.

- 1) цинк, магний, свинец
 - 2) серная кислота, фосфат натрия, гидроксид алюминия
 - 3) пероксид натрия, гелий, хлорид натрия
 - 4) оксид алюминия, гидроксид натрия, карбонат натрия
 - 5) гидрокарбонат кальция, азотная кислота, водород
- Запишите номера выбранных ответов.

Ответ:

13. Выберите два высказывания, в которых говорится о меди, как о простом веществе.

- 1) Медь находится в периодической системе в побочной подгруппе.
- 2) При взаимодействии меди с раствором нитрата серебра протекает реакция замещения.
- 3) Медь проводит электрический ток и теплоту.
- 4) Относительная атомная масса меди меньше, чем относительная атомная масса серебра.
- 5) Медь не образует аллотропных модификаций.

Запишите номера выбранных ответов.

Ответ:

14. Выберите два высказывания, в которых говорится о фосфоре, как о химическом элементе.

1) Белый фосфор токсичен.

2) Фосфор в природе в свободном состоянии не встречается.

3) Фосфор получают при взаимодействии фосфоритов с коксом и кремнезёмом при высокой температуре.

4) Фосфор образует аллотропные модификации.

5) Красный фосфор — это стабильная аллотропная модификация.

Запишите номера выбранных ответов.

Ответ:

15. Выберите два высказывания, в которых говорится о кремнии, как о простом веществе.

1) Радиус атома кремния больше, чем радиус атома фосфора.

2) Кремний занимает 2-е место по распространённости в земной коре.

3) Кремний получают при прокаливании мелкого кварцевого песка с магнием.

4) У кремния есть стабильные и радиоактивные изотопы.

5) Кремний используют для изготовления солнечных батарей.

Запишите номера выбранных ответов.

Ответ:

Тема 2. Строение атома

Блок 1. Повторяем материал

Положение химического элемента в периодической системе. Описывая положение химического элемента в периодической системе, указывают его: порядковый номер, период, группу, подгруппу.

Каждый химический элемент имеет в периодической системе порядковый (атомный) номер. Его указывают в той ячейке таблицы, в которой записан символ химического элемента, как правило, над этим символом (справа или слева от него).

ПЕРИОДЫ	ГРУППЫ	
	I	
1	1	← Порядковый номер
	Н	← Символ элемента
	1,00794	← Относительная атомная масса

Период в периодической системе — горизонтальный ряд элементов, начинающийся щелочным металлом и заканчивающийся благородным газом. Номер периода определяют, проводя по горизонтали влево от символа элемента (это арабская цифра!).

ПЕРИОДЫ	ГРУППЫ		
	I	II	III
1 ←	1		
	Н		
	1,00794		

Группа в периодической системе — это вертикальный столбец элементов, имеющих сходные свойства. Номер группы определяют, проводя по вертикали вверх (это римская цифра!).

ПЕРИОДЫ	ГРУППЫ	
	I	
1	1	↑
	Н	
	1,00794	

В ответах контрольно-измерительных материалов ОГЭ необходимо записывать номер группы арабской цифрой!

В короткопериодном варианте периодической системы, который используется в качестве справочного материала на ОГЭ, группы подразделяются на подгруппы — *главные подгруппы* (А-группы) и *побочные подгруппы* (Б-группы). Главные подгруппы начинаются с элементов 1-го и 2-го периодов. Побочные подгруппы (Б-группы) начинаются с элемента 4-го периода (от скандия Sc до германия Ge).

Водород — химический элемент IА-группы. Цинк — химический элемент IIB-группы.

Качественный состав атома. Атом — это мельчайшая химически неделимая частица вещества, состоящая из ядра и электронной оболочки.

В состав атома входят:

- *протоны* (имеют заряд $+1$; обозначаются p (или p^+); входят в состав атомного ядра);
- *нейтроны* (не имеют заряда — заряд равен 0; обозначаются n (или n^0); входят в состав атомного ядра);
- *электроны* (имеют заряд -1 ; обозначаются e); образуют электронную оболочку вокруг ядра атома).

Количественный состав атома. Число протонов в атоме равно порядковому (атомному) номеру элемента в периодической системе.

Например, порядковый номер хлора в периодической системе — 17, следовательно, в атоме хлора имеется 17 протонов.

Величина заряда ядра атома равна порядковому (атомному) номеру элемента в периодической системе.

Например, порядковый номер кислорода в периодической системе — 8, следовательно, величина заряда ядра атома кислорода — 8.

Число электронов в атоме равно порядковому (атомному) номеру элемента в периодической системе. Например, порядковый номер меди в периодической системе — 29, следовательно, в электронной оболочке атома меди имеется 29 электронов.

Число нейтронов в атоме (${}^A_Z\text{Э}$, где Э — символ элемента) вычисляют по формуле:

$$N = A - Z,$$

где N — это число нейтронов; A — массовое число (сумма чисел протонов и нейтронов); Z — число протонов.

Например, в атоме калия ${}^{40}_{19}\text{K}$ имеется 21 протон ($40 - 19 = 21$), а в атоме калия ${}^{39}_{19}\text{K}$ имеется 20 протонов ($39 - 19 = 20$).

Строение электронной оболочки атома. В электронной оболочке атома электроны располагаются слоями. Электроны, находящиеся в разных электронных слоях, имеют разную энергию взаимодействия с ядром атома. Электроны, находящиеся дальше от ядра, имеют меньшую энергию взаимодействия с ядром.

Каждый электронный слой вмещает разное число электронов. В 1-м слое у всех элементов находится 2 электрона (исключение — водород, у которого всего один электрон). Во 2-м слое может быть не больше восьми электронов. В 3-м слое максимально может находиться 18 электронов.

Внешний слой (самый дальний от ядра слой, заполняемый электронами) не содержит больше восьми электронов. Внешний слой, в котором находится восемь электронов, устойчив.

Электронные слои заполняются, начиная от ядра: 1-й, потом 2-й и последующие.

Число электронных слоёв, заполняемых электронами, в атоме равно номеру периода, в котором находится элемент в периодической системе. Например, в электронной оболочке атома алюминия заполняется электронами