

Все права защищены. Книга или любая ее часть не может быть скопирована, воспроизведена в электронной или механической форме, в виде фотокопии, записи в память ЭВМ, репродукции или каким-либо иным способом, а также использована в любой информационной системе без получения разрешения от издателя. Копирование, воспроизведение и иное использование книги или ее части без согласия издателя является незаконным и влечет уголовную, административную и гражданскую ответственность.

Справочное издание  
анықтамалық баспа

*Для старшего школьного возраста  
мектеп жасындағы ересек балаларға арналған*

ЕГЭ. УНИВЕРСАЛЬНЫЙ СПРАВОЧНИК

**Мешкова Ольга Васильевна**

**ЕГЭ**

**ХИМИЯ**

**Универсальный справочник**

(орыс тілінде)

Ответственный редактор *А. Жилинская*  
Ведущий редактор *Т. Судакова*  
Художественный редактор *А. Кашлев*

ООО «Издательство «Эксмо»  
123308, Москва, ул. Зорге, д. 1. Тел. 8 (495) 411-68-86.  
Home page: [www.eksmo.ru](http://www.eksmo.ru) E-mail: [info@eksmo.ru](mailto:info@eksmo.ru)

Өндіруші: «ЭКМО» АҚБ Баспасы, 123308, Мәскеу, Ресей, Зорге көшесі, 1 үй.  
Тел. 8 (495) 411-68-86.

Home page: [www.eksmo.ru](http://www.eksmo.ru) E-mail: [info@eksmo.ru](mailto:info@eksmo.ru).  
Тауар белгісі: «Эксмо»

Қазақстан Республикасында дистрибьютор және өнім бойынша  
арыз-талаптарды қабылдаушының  
өкілі «РДЦ-Алматы» ЖШС, Алматы қ., Домбровский көш., 3-а», литер Б, офис 1.  
Тел.: 8(727) 2 51 59 89,90,91,92, факс: 8 (727) 251 58 12 вн. 107; E-mail: [RDC-Almaty@eksmo.kz](mailto:RDC-Almaty@eksmo.kz)  
Өнімнің жарамдылық мерзімі шектелмеген.  
Сертификация туралы ақпарат сайтта: [www.eksmo.ru/certification](http://www.eksmo.ru/certification)

Сведения о подтверждении соответствия издания согласно законодательству РФ  
о техническом регулировании можно получить по адресу: <http://eksmo.ru/certification/>

Өндірген мемлекет: Ресей  
Сертификация қарастырылған

Подписано в печать 01.09.2016. Произведено 05.10.2016.  
Формат 84x108<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Печать офсетная. Усл. печ. л. 35,28.  
Тираж экз. Заказ

ISBN 978-5-699-90276-7



**Оптовая торговля книгами Издательства «Э»:**  
142700, Московская обл., Ленинский р-н, г. Видное,  
Белокаменное ш., д. 1, многоканальный тел.: 411-50-74.

**По вопросам приобретения книг Издательства «Э» зарубежными  
оптовыми покупателями обращаться в отдел зарубежных продаж**  
*International Sales: International wholesale customers should contact  
Foreign Sales Department for their orders.*

**По вопросам заказа книг корпоративным клиентам,  
в том числе в специальном оформлении, обращаться по тел.:**  
+7 (495) 411-68-59, доб. 2261.

**Оптовая торговля бумажно-беловыми  
и канцелярскими товарами для школы и офиса:**  
142702, Московская обл., Ленинский р-н, г. Видное-2,  
Белокаменное ш., д. 1, а/я 5. Тел./факс: +7 (495) 745-28-87 (многоканальный).

**Полный ассортимент книг издательства для оптовых покупателей:**  
**В Санкт-Петербурге:** ООО СЗКО, пр-т Обуховской Обороны, д. 84Е.  
Тел.: (812) 365-46-03/04.

**В Нижнем Новгороде:** 603094, г. Нижний Новгород, ул. Карпинского, д. 29,  
бизнес-парк «Грин Плаза». Тел.: (831) 216-15-91 (92/93/94).

**В Ростове-на-Дону:** ООО «РДЦ-Ростов», 344023, г. Ростов-на-Дону,  
ул. Страны Советов, 44 А. Тел.: (863) 303-62-10.

**В Самаре:** ООО «РДЦ-Самара», пр-т Кирова, д. 75/1, литера «Е».  
Тел.: (846) 269-66-70.

**В Екатеринбурге:** ООО «РДЦ-Екатеринбург», ул. Прибалтийская, д. 24а.  
Тел.: +7 (343) 272-72-01/02/03/04/05/06/07/08.

**В Новосибирске:** ООО «РДЦ-Новосибирск», Комбинатский пер., д. 3.  
Тел.: +7 (383) 289-91-42.

**В Киеве:** ООО «Форс Украина», г. Киев, пр. Московский, 9 БЦ «Форум».  
Тел.: +38-044-2909944.

**Полный ассортимент продукции Издательства «Э»  
можно приобрести в магазинах «Новый книжный» и «Читай-город».**  
Телефон единой справочной: 8 (800) 444-8-444.  
Звонок по России бесплатный.

**В Санкт-Петербурге:** в магазине «Парк Культуры и Чтения БУКВОЕД»,  
Невский пр-т, д.46. Тел.: +7(812)601-0-601, [www.bookvoed.ru](http://www.bookvoed.ru)

**Розничная продажа книг с доставкой по всему миру.**  
Тел.: +7 (495) 745-89-14.



# СОДЕРЖАНИЕ

## Раздел 1.

### ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ХИМИИ

1.1. Современные представления о строении атома .....	8
1.1.1. Строение электронных оболочек атомов элементов первых четырех периодов: <i>s</i> -, <i>p</i> - и <i>d</i> -элементы. Электронная конфигурация атома. Основное и возбужденное состояние атомов .....	8
1.2. Периодический закон и Периодическая система химических элементов Д. И. Менделеева .....	22
1.2.1. Закономерности изменения химических свойств элементов и их соединений по периодам и группам .....	22
1.2.2. Общая характеристика металлов главных подгрупп I±III групп в связи с их положением в Периодической системе химических элементов Д. И. Менделеева и особенностями строения их атомов .....	23
1.2.3. Характеристика переходных элементов ± меди, цинка, хрома, железа по их положению в Периодической системе химических элементов Д. И. Менделеева и особенностям строения их атомов .....	24
1.2.4. Общая характеристика неметаллов главных подгрупп IV±VII групп в связи с их положением в Периодической системе химических элементов Д. И. Менделеева и особенностями строения их атомов .....	25
1.3. Химическая связь и строение вещества .....	36
1.3.1. Ковалентная химическая связь, ее разновидности и механизмы образования. Характеристика ковалентной связи (полярность и энергия связи). Ионная связь. Металлическая связь. Водородная связь .....	36
1.3.2. Электроотрицательность, степень окисления и валентность химических элементов .....	40
1.3.3. Вещества молекулярного и немoleкулярного строения. Тип кристаллической решетки. Зависимость свойств веществ от их состава и строения .....	42

<b>1.4. Химическая реакция</b> .....	50	2.2.6. Химические свойства щелочных металлов (Na, K) .....	126
1.4.1. Классификация химических реакций в неорганической и органической химии .....	50	2.2.7. Химические свойства щелочноземельных металлов (Ca, Mg) .....	127
1.4.2. Тепловой эффект химической реакции. Термохимические уравнения .....	57	2.2.8. Химические свойства алюминия .....	128
1.4.3. Скорость химических реакций, ее зависимость от различных факторов .....	59	2.2.9. Химические свойства меди .....	130
1.4.4. Обратимые и необратимые химические реакции. Химическое равновесие. Смещение равновесия под действием различных факторов .....	63	2.2.10. Химические свойства цинка .....	130
1.4.5. Электролитическая диссоциация в водных растворах. Слабые и сильные электролиты .....	67	2.2.11. Химические свойства хрома .....	131
1.4.6. Реакции ионного обмена .....	70	2.2.12. Химические свойства железа .....	131
1.4.7. Гидролиз солей. Среда водных растворов: кислая, нейтральная, щелочная .....	72	<b>2.3. Характерные химические свойства простых веществ – неметаллов: водорода, галогенов, кислорода, серы, азота, фосфора, углерода, кремния</b> .....	135
1.4.8. Окислительно-восстановительные реакции. Коррозия металлов и способы защиты от нее .....	78	2.3.1. Простые вещества ± неметаллы .....	135
1.4.9. Электролиз расплавов и растворов (солей, щелочей) .....	85	2.3.2. Общие химические свойства неметаллов .....	135
1.4.10. Ионный (правило В. В. Марковникова) и радикальный механизмы реакции в органической химии. ....	89	2.3.3. Химические свойства водорода .....	140
		2.3.4. Химические свойства галогенов: хлор, бром, йод .....	140
		2.3.5. Химические свойства кислорода .....	141
		2.3.6. Химические свойства серы .....	142
		2.3.7. Химические свойства азота .....	143
		2.3.8. Химические свойства фосфора .....	145
		2.3.9. Химические свойства углерода .....	146
		2.3.10. Химические свойства кремния .....	148
		<b>2.4. Химические свойства оксидов: основных, амфотерных, кислотных</b> .....	151
		<b>2.5. Химические свойства оснований и амфотерных гидроксидов</b> .....	152
		2.5.1. Свойства щелочей — гидроксидов щелочных и щелочноземельных металлов .....	152
		2.5.2. Амфотерные гидроксиды .....	153
		2.5.3. Химические свойства амфотерных соединений .....	153
		<b>2.6. Химические свойства кислот</b> .....	154
		2.6.1. Классификация кислот .....	154
		2.6.2. Свойства кислот .....	154
		<b>2.7. Химические свойства солей: средних, кислых, основных, комплексных</b> .....	156
		2.7.1. Номенклатура солей .....	156
		2.7.2. Растворимость солей .....	157
		2.7.3. Классификация солей .....	157

## **Раздел 2. НЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ**

<b>2.1. Классификация неорганических веществ. Химические свойства основных классов неорганических соединений</b> .....	118
2.1.1. Классификация неорганических веществ .....	118
<b>2.2. Характерные химические свойства простых веществ — металлов: щелочных, щелочно- земельных, алюминия, переходных металлов — меди, цинка, хрома, железа</b> .....	119
2.2.1. Простые вещества ± металлы .....	119
2.2.2. Общие химические свойства металлов .....	122
2.2.3. Электрохимический ряд напряжений металлов .....	122
2.2.4. Взаимодействие металлов с неметаллами .....	123
2.2.5. Взаимодействие металлов со сложными веществами .....	124

2.7.4. Свойства солей .....	158
2.7.5. Комплексные соединения .....	158
2.8. Взаимосвязь различных классов неорганических веществ .....	162

### **Раздел 3. ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ**

3.1. Теория строения органических соединений: гомология и изомерия (структурная и пространственная). Взаимное влияние атомов в молекулах .....	173
3.1.1. Теория химического строения органических соединений А. М. Бутлерова .....	173
3.1.2. Изомерия и гомология органических веществ .....	174
3.2. Типы связей в молекулах органических веществ. Гибридизация атомных орбиталей углерода. Радикал. Функциональная группа .....	179
3.2.1. Типы связей в молекулах органических веществ .....	179
3.2.2. Явление $sp^3$ -, $sp^2$ - и $sp$ -гибридизации атома углерода .....	179
3.2.3. Радикал. Функциональная группа .....	180
3.3. Классификация и номенклатура органических соединений .....	183
3.3.1. Классификация органических соединений .....	183
3.3.2. Номенклатура органических соединений .....	184
3.4. Характерные химические свойства углеводородов: алканов, алкенов, диенов, алкинов, ароматических углеводородов .....	187
3.4.1. Алканы .....	187
3.4.2. Алкены .....	190
3.4.3. Алкадиены (диеновые углеводороды) .....	193
3.4.4. Алкины .....	195
3.5. Характерные химические свойства предельных одноатомных и многоатомных спиртов, фенола .....	200
3.5.1. Предельные одноатомные и многоатомные спирты .....	200
3.5.2. Фенол .....	204

3.6. Характерные химические свойства альдегидов, предельных карбоновых кислот, сложных эфиров .....	210
3.6.1. Альдегиды и кетоны .....	210
3.6.2. Карбоновые кислоты .....	213
3.6.3. Сложные эфиры .....	219
3.7. Характерные химические свойства азотсодержащих органических соединений: аминов и аминокислот .....	222
3.7.1. Амины .....	222
3.7.2. Аминокислоты .....	224
3.8. Биологически важные вещества: жиры, углеводы (моносахариды, дисахариды, полисахариды), белки .....	228
3.8.1. Жиры .....	228
3.8.2. Углеводы (моносахариды, дисахариды, полисахариды) .....	229
3.8.3. Белки .....	233

### **Раздел 4. МЕТОДЫ ПОЗНАНИЯ В ХИМИИ. ХИМИЯ И ЖИЗНЬ**

4.1. Экспериментальные основы химии .....	244
4.1.1. Правила безопасной работы в школьной лаборатории. Лабораторная посуда и оборудование .....	244
4.1.2. Научные методы исследования химических веществ и превращений .....	246
4.1.3. Определение характера среды водных растворов веществ. Индикаторы .....	248
4.1.4. Качественные реакции на неорганические вещества и ионы .....	250
4.1.5. Качественные реакции на некоторые органические вещества .....	251
4.1.7. Реакции, характеризующие основные способы получения кислородсодержащих соединений .....	253
4.2. Общие представления о промышленных способах получения важнейших веществ .....	258
4.2.1. Понятие о металлургии: общие способы получения металлов .....	258

4.2.2. Общие научные принципы химического производства (на примере промышленного получения аммиака, серной кислоты, метанола). Промышленное получение веществ и охрана окружающей среды . . . . .	260	4.3.6. Расчет массы (объема, количества вещества) продукта реакции, если одно из веществ дано в виде раствора с определенной массовой долей растворенного вещества . . . . .	278
4.2.3. Природные источники углеводородов. Их переработка . . . . .	263	4.3.7. Нахождение молекулярной формулы вещества . . . . .	278
4.2.4. Высокомолекулярные соединения. Реакции полимеризации и поликонденсации. Полимеры. Пластмассы, волокна, каучуки . . . . .	267	4.3.8. Расчет массовой или объемной доли выхода продукта реакции от теоретически возможного . . . . .	281
<b>4.3. Расчеты по химическим реакциям . . . . .</b>	<b>273</b>	4.3.9. Расчет массовой доли (массы) химического соединения в смеси . . . . .	282
4.3.1. Вычисление массы растворенного вещества, содержащегося в определенной массе раствора с известной массовой долей . . . . .	273	<b>СПРАВОЧНЫЙ МАТЕРИАЛ</b>	
4.3.2. Расчет объемных соотношений газов при химических реакциях . . . . .	273	Таблица растворимости . . . . .	304
4.3.3. Расчет массы вещества или объема газа по известному количеству вещества, массе или объему одного из участвующих в реакции веществ . . . . .	275	Периодическая система химических элементов Д. И. Менделеева . . . . .	305
4.3.4. Расчет теплового эффекта реакции . . . . .	276	Распределение электронов в атоме . . . . .	306
4.3.5. Расчет массы (объема, количества вещества) продуктов реакции, если одно из веществ дано в избытке (имеет примеси) . . . . .	277	Электроотрицательность химических элементов (по шкале Оллреда-Рохова) . . . . .	307
		Некоторые важнейшие физические постоянные . . . . .	307
		Названия кислот и образуемых ими солей . . . . .	308
		<b>ТРЕНИРОВОЧНЫЕ ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ</b>	
		Тренировочный тест №1 . . . . .	310
		Ответы . . . . .	317
		Тренировочный тест №2 . . . . .	320
		Ответы . . . . .	326

---

# ХИМИЯ

---

Теоретический курс с примерами заданий ЕГЭ



Теоретические основы химии



Неорганическая химия



Органическая химия



Методы познания в химии.  
Химия и жизнь



Справочный материал





## 1.1. Современные представления о строении атома

Любой химический элемент, как правило, может существовать в трех формах: свободные атомы, простые вещества и сложные вещества. Рассмотрим первую форму — *свободные атомы*.

### 1.1.1. Строение электронных оболочек атомов элементов первых четырех периодов: *s*-, *p*- и *d*-элементы. Электронная конфигурация атома. Основное и возбужденное состояние атомов

Понятие *атом* возникло еще в античном мире для обозначения частиц вещества. В переводе с греческого *атом* означает «неделимый».

#### Электроны

Ирландский физик Стони на основании опытов пришел к выводу, что электричество переносится мельчайшими частицами, существующими в атомах всех химических элементов. В 1891 г. Стони предложил эти частицы назвать *электронами*, что по-гречески означает «янтарь».

Через несколько лет после того, как электрон получил свое название, английский физик Джозеф Томсон и французский физик Жан Перрен доказали, что электроны несут на себе отрицательный заряд. Это наименьший отрицательный заряд, который в химии принят за единицу ( $-1$ ). Томсон даже сумел определить скорость движения электрона (она равна скорости света — 300 000 км/с) и массу электрона (она в 1836 раз меньше массы атома водорода).

Томсон и Перрен соединяли полюса источника тока с двумя металлическими пластинами — катодом и анодом, впаянными в стеклянную трубку, из которой был откачан воздух (рис. 1.1). При подаче на пластины-электроды напряжения около 10 тысяч вольт в трубке вспыхивал светящийся разряд, а от катода (отрицательного полюса) к аноду (положительному полюсу) летели частицы,

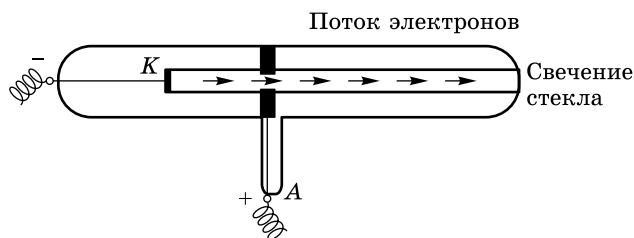


Рис. 1.1. Катодная трубка Томсона



которые ученые сначала назвали *катодными лучами*, а затем выяснили, что это был поток электронов. Электроны, ударяясь об особые вещества, нанесенные, например, на экран телевизора, вызывают свечение.

Был сделан вывод: электроны вырываются из атомов материала, из которого сделан катод.

Свободные электроны или поток их можно получить и другими способами, например, при накаливании металлической проволоки или при падении света на металлы, образованные элементами главной подгруппы I группы таблицы Менделеева (например, цезий).

### Состояние электронов в атоме

Под состоянием электрона в атоме понимают совокупность информации об *энергии* определенного электрона в *пространстве*, в котором он находится. Мы уже знаем, что электрон в атоме не имеет траектории движения, т. е. можно говорить лишь о *вероятности* нахождения его в пространстве вокруг ядра. Он может находиться в любой части этого пространства, окружающего ядро, и совокупность различных положений его рассматривают как электронное облако с определенной плотностью отрицательного заряда. Образно это можно представить себе так: если бы удалось через сотые или миллионные доли секунды сфотографировать положение электрона в атоме, как при фотофинише, то электрон на таких фотографиях был бы представлен в виде точки. При наложении бесчисленного множества таких фотографий получилась бы картина электронного облака с наибольшей плотностью там, где этих точек больше всего.

На рис. 1.2 показан «разрез» такой электронной плотности в атоме водорода, проходящей через ядро, а штриховой линией ограничена сфера, внутри которой вероятность обнаружения электрона составляет 90 %. Ближайший к ядру контур охватывает область пространства, в которой вероятность обнаружения электрона — 10 %, вероятность обнаружения электрона внутри второго от ядра контура составляет 20 %, внутри третьего —  $\approx 30$  % и т. д. В состоянии электрона есть некая неопределенность. Чтобы охарактеризовать это особое состояние, немецкий физик В. Гейзенберг ввел понятие о *принципе неопределенности*, т. е. показал, что невозможно определить одновременно и точно энергию и местоположение электрона. Чем точнее определена энергия электрона, тем неопределеннее его положение, и наоборот, определив положение, нельзя определить энергию электрона. Область вероятности обнаружения электрона не имеет четких границ. Однако можно выделить пространство, где вероятность нахождения электрона максимальна.

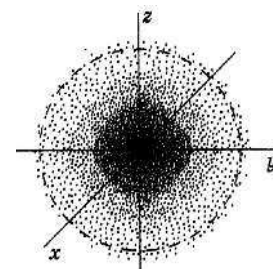


Рис. 1.2. Электронное облако атома водорода

**Пространство вокруг атомного ядра, в котором наиболее вероятно нахождение электрона, называется орбиталью.**

В нем заключено приблизительно 90 % электронного облака, и это означает, что около 90 % времени электрон находится в этой части пространства. По форме различают 4 известных ныне типа орбиталей, которые обозначаются латинскими буквами *s*, *p*, *d* и *f*. Графическое изображение некоторых форм электронных орбиталей представлено на рис. 1.3.

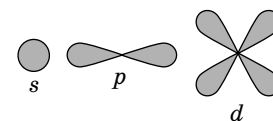


Рис. 1.3. Форма *s*-, *p*- и *d*-орбиталей

Важнейшей характеристикой движения электрона на определенной орбитали является энергия его связи с ядром. Электроны, обладающие близкими значениями энергии, образуют единый *электронный слой*, или *энергетический уровень*. Энергетические уровни нумеруют, начиная от ядра: 1, 2, 3, 4, 5, 6 и 7.

**Целое число *n*, обозначающее номер энергетического уровня, называют главным квантовым числом.**

Оно характеризует энергию электронов, занимающих данный энергетический уровень. Наименьшей энергией обладают электроны первого энергетического уровня, наиболее близкого к ядру. По сравнению с электронами первого уровня электроны последующих уровней характеризуются большим запасом энергии. Следовательно, наименее прочно связаны с ядром атома электроны внешнего уровня.

Число энергетических уровней (электронных слоев) в атоме равно номеру периода в системе Д. И. Менделеева, к которому принадлежит химический элемент: у атомов элементов первого периода один энергетический уровень; второго периода — два; седьмого периода — семь.

Наибольшее число электронов на энергетическом уровне определяется по формуле:

$$N = 2n^2,$$

где  $N$  — максимальное число электронов;  $n$  — номер уровня, или главное квантовое число. Следовательно:

- на первом, ближайшем к ядру энергетическом уровне может находиться не более двух электронов;
- на втором — не более 8;
- на третьем — не более 18;
- на четвертом — не более 32.

А как, в свою очередь, устроены энергетические уровни (электронные слои)?

Начиная со второго энергетического уровня ( $n = 2$ ), каждый из уровней подразделяется на подуровни (подслои), несколько отличающиеся друг от друга энергией связи с ядром.

Число подуровней равно значению главного квантового числа: первый энергетический уровень имеет один подуровень; второй — два; третий — три; четвертый — четыре. Подуровни, в свою очередь, образованы орбиталями.

Каждому значению  $n$  соответствует число орбиталей, равное  $n^2$ . По данным, представленным в табл. 1.1, можно проследить связь главного квантового числа  $n$  с числом подуровней, типом и числом орбиталей и максимальным числом электронов на подуровне и уровне.

Таблица 1.1

Главное квантовое число, типы и число орбиталей, максимальное число электронов на подуровнях и уровнях

Энергетический уровень ( $n$ )	Число подуровней, равное $n$	Тип орбитали	Число орбиталей		Максимальное число электронов	
			в подуровне	в уровне, равное $n^2$	на подуровне	на уровне, равное $2n^2$
К ( $n = 1$ )	1	1s	1	1	2	2
L ( $n = 2$ )	2	2s	1	4	2	8
		2p	3		6	
M ( $n = 3$ )	3	3s	1	9	2	18
		3p	3		6	
		3d	5		10	
N ( $n = 4$ )	4	4s	1	16	2	32
		4p	3		6	
		4d	5		10	
		4f	7		14	

Подуровни принято обозначать латинскими буквами, равно как и форму орбиталей, из которых они состоят:  $s$ ,  $p$ ,  $d$ ,  $f$ . Так:

- $s$ -подуровень — первый, ближайший к ядру атома подуровень каждого энергетического уровня, состоит из одной  $s$ -орбитали;
- $p$ -подуровень — второй подуровень каждого, кроме первого, энергетического уровня, состоит из трех  $p$ -орбиталей;
- $d$ -подуровень — третий подуровень каждого, начиная с третьего, энергетического уровня, состоит из пяти  $d$ -орбиталей;
- $f$ -подуровень каждого, начиная с четвертого, энергетического уровня, состоит из семи  $f$ -орбиталей.

## Ядро атома

Но не только электроны входят в состав атомов.

Физик Анри Беккерель обнаружил, что природный минерал, содержащий соль урана, тоже испускает неведомое излучение, засвечивая фотопленки, закрытые от света. Это явление было названо **радиоактивностью**.

Различают три вида радиоактивных лучей:

- 1)  $\alpha$ -лучи, которые состоят из  $\alpha$ -частиц, имеющих заряд в 2 раза больше заряда электрона, но с положительным знаком, и массу в 4 раза больше массы атома водорода;
- 2)  $\beta$ -лучи представляют собой поток электронов;
- 3)  $\gamma$ -лучи — электромагнитные волны с ничтожно малой массой, не несущие электрического заряда.

Следовательно, атом имеет сложное строение — состоит из положительно заряженного ядра и электронов.

Как же устроен атом?

В 1910 г. в Кембридже, близ Лондона, Эрнест Резерфорд со своими учениками и коллегами изучал рассеяние  $\alpha$ -частиц, проходящих через тоненькую золотую фольгу и падающих на экран. Альфа-частицы обычно отклонялись от первоначального направления всего на один градус, подтверждая, казалось бы, равномерность и однородность свойств атомов золота. И вдруг исследователи заметили, что некоторые  $\alpha$ -частицы резко меняли направление своего пути, будто наталкиваясь на какую-то преграду.

Разместив экран перед фольгой, Резерфорд сумел обнаружить даже те редчайшие случаи, когда  $\alpha$ -частицы, отразившись от атомов золота, летели в противоположном направлении.

Расчеты показали, что наблюдаемые явления могли произойти, если бы вся масса атома и весь его положительный заряд были сосредоточены в крохотном центральном ядре. Радиус ядра, как выяснилось, в 100 000 раз меньше радиуса всего атома, той его области, в которой находятся электроны, имеющие отрицательный заряд. Если применить образное сравнение, то весь объем атома можно уподобить стадиону в Лужниках, а ядро — футбольному мячу, расположенному в центре поля.

Атом любого химического элемента сравним с крохотной Солнечной системой. Поэтому такую модель атома, предложенную Резерфордом, называют **планетарной**.

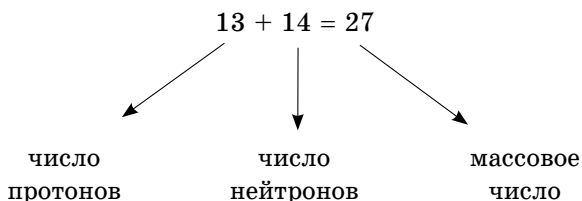
## Протоны и нейтроны

Оказывается, и крошечное атомное ядро, в котором сосредоточена вся масса атома, состоит из частиц двух видов — протонов и нейтронов.

**Протоны** имеют заряд, равный заряду электронов, но противоположный по знаку (+1), и массу, равную массе атома водорода (она принята в химии за единицу). Обозначаются протоны знаком  ${}^1_1\text{p}$  (или  $\text{p}^+$ ). **Нейтроны** не несут заряда, они нейтральны и имеют массу, равную массе протона, т. е. 1. Обозначают нейтроны знаком  ${}^1_0\text{n}$  (или  $\text{n}^0$ ).

Протоны и нейтроны вместе называют **нуклонами** (от лат. *nucleus* — ядро).

Сумма числа протонов и нейтронов в атоме называется **массовым числом**. Например, массовое число атома алюминия:



Так как массой электрона, ничтожно малой, можно пренебречь, то очевидно, что в ядре сосредоточена вся масса атома. Электроны обозначают так:  $\bar{e}$ .

Поскольку атом электронейтрален, также очевидно, что *число протонов и электронов в атоме одинаково. Оно равно порядковому номеру химического элемента*, присвоенному ему в Периодической системе. Например, в ядре атома железа содержится 26 протонов, а вокруг ядра вращается 26 электронов. А как определить число нейтронов?

Как известно, масса атома складывается из массы протонов и нейтронов. Зная порядковый номер элемента ( $Z$ ), т. е. число протонов, и массовое число ( $A$ ), равное сумме чисел протонов и нейтронов, можно найти число нейтронов ( $N$ ) по формуле:

$$N = A - Z.$$

Например, число нейтронов в атоме железа равно:

$$56 - 26 = 30.$$

В табл. 1.2 представлены основные характеристики элементарных частиц.

Таблица 1.2

Основные характеристики элементарных частиц

Частица и ее обозначение	Масса	Заряд	Примечание
Протон — $p^+$	1	+1	Число протонов равно порядковому номеру элемента
Нейтрон — $n^0$	1	0	Число нейтронов находят по формуле: $N = A - Z$
Электрон — $e^-$	$\frac{1}{1837}$	-1	Число электронов равно порядковому номеру элемента

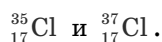
### Изотопы

**Разновидности атомов одного и того же элемента, имеющие одинаковый заряд ядра, но разное массовое число, называются изотопами.**

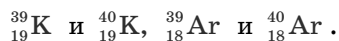
Слово *изотоп* состоит из двух греческих слов: *isos* — одинаковый и *topos* — место, обозначает «занимающий одно место» (клетку) в Периодической системе элементов.

Химические элементы, встречающиеся в природе, являются смесью изотопов. Так, углерод имеет три изотопа с массой 12, 13, 14; кислород — три изотопа с массой 16, 17, 18 и т. д.

Обычно приводимая в Периодической системе относительная атомная масса химического элемента является средним значением атомных масс природной смеси изотопов данного элемента с учетом их относительного содержания в природе, поэтому значения атомных масс довольно часто являются дробными. Например, атомы природного хлора представляют собой смесь двух изотопов — 35 (их в природе 75 %) и 37 (их 25 %); следовательно, относительная атомная масса хлора равна 35,5. Изотопы хлора записываются так:



Химические свойства изотопов хлора совершенно одинаковы, как и изотопов большинства химических элементов, например калия, аргона:



Однако изотопы водорода сильно различаются по свойствам из-за резкого кратного увеличения их относительной атомной массы; им даже присвоены индивидуальные названия и химические знаки: протий —  ${}^1_1\text{H}$ ; дейтерий —  ${}^2_1\text{H}$ , или  ${}^2_1\text{D}$ ; тритий —  ${}^3_1\text{H}$ , или  ${}^3_1\text{T}$  (рис. 1.4).

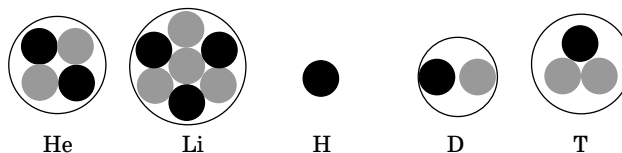


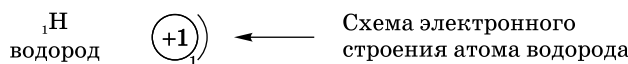
Рис. 1.4. Схема ядер атомов  
(черные кружки ± протоны, серые ± нейтроны)

Теперь можно дать современное, более строгое и научное определение химическому элементу. **Химический элемент — это совокупность атомов с одинаковым зарядом ядра.**

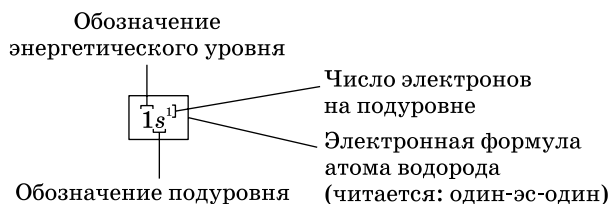
### Строение электронных оболочек атомов элементов первых четырех периодов

Рассмотрим отображение электронных конфигураций атомов элементов по периодам системы Д. И. Менделеева.

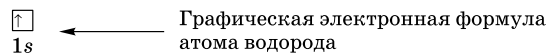
#### Элементы первого периода



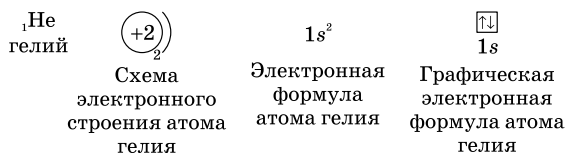
Схемы электронного строения атомов показывают распределение электронов по электронным слоям (энергетическим уровням).



Электронные формулы атомов показывают распределение электронов по энергетическим уровням и подуровням.



Графические электронные формулы атомов показывают распределение электронов не только по уровням и подуровням, но и по орбиталям.



В атоме гелия первый электронный слой завершен — в нем 2 электрона.

Водород и гелий — s-элементы, у этих атомов заполняется электронами s-орбиталь.

## Элементы второго периода

У всех элементов второго периода первый электронный слой заполнен, и электроны заполняют *s*- и *p*-орбитали второго электронного слоя в соответствии с принципом наименьшей энергии (сначала *s*, а затем *p*) и правилами Паули и Хунда\* (табл. 1.3).

В атоме неона второй электронный слой завершен — в нем 8 электронов.

## Элементы третьего периода

У атомов элементов третьего периода первый и второй электронные слои завершены, поэтому заполняется третий электронный слой, в котором электроны могут занимать *3s*-, *3p*- и *3d*-подуровни (табл. 1.3).

Таблица 1.3

Строение электронных оболочек атомов элементов третьего периода

Символ элемента, порядковый номер, название	Схема электронного строения	Электронная формула	Графическая электронная формула
<sup>11</sup> Na Натрий		$1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$	

У атома магния достраивается 3,5-электронная орбиталь. Na и Mg — *s*-элементы.

<sup>13</sup> Al Алюминий		$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$	
------------------------------	--	----------------------------	--

У алюминия и последующих элементов заполняется электронами *3d*-подуровень.

<sup>18</sup> Ar Аргон		$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$	
---------------------------	--	----------------------------	--

В атоме аргона на внешнем слое (третьем электронном слое) 8 электронов. Как внешний слой он завершен, но всего в третьем электронном слое, как вы уже знаете, может быть 18 электронов, а это значит, что у элементов третьего периода остаются незаполненными *3d*-орбитали.

Все элементы от Al до Ar — *p*-элементы.

*s*- и *p*-элементы образуют главные подгруппы в Периодической системе.

## Элементы четвертого периода

У атомов калия и кальция появляется четвертый электронный слой, заполняется *4s*-подуровень (табл. 1.4), т. к. он имеет меньшую энергию, чем *3d*-подуровень. Для упрощения графических электронных формул атомов элементов четвертого периода:

\* Правила Паули и Хунда см. на с. 19.

1) обозначим условно графическую электронную формулу аргона так: Ar ;

2) не будем изображать подуровни, которые у этих атомов не заполняются.

K, Ca — *s-элементы*, входящие в главные подгруппы. У атомов от Sc до Zn заполняется электронными *3d-подуровень*. Это *3d-элементы*. Они входят в *побочные подгруппы*, у них заполняется предвнешний электронный слой, их относят к *переходным элементам*.

Обратите внимание на строение электронных оболочек атомов хрома и меди. В них происходит «провал» одного электрона с *4s*- на *3d*-подуровень, что объясняется большей энергетической устойчивостью образующихся при этом электронных конфигураций  $3d^5$  и  $3d^{10}$ :

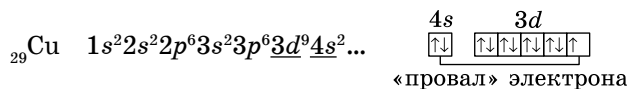
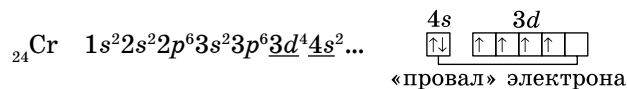


Таблица 1.4

### Строение электронных оболочек атомов элементов четвертого периода

Символ элемента, порядковый номер, название	Схема электронного строения	Электронные формулы	Графическая электронная формула
${}_{19}\text{K}$ Калий		$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1$	
${}_{20}\text{Ca}$ Кальций		$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2$	
${}_{21}\text{Sc}$ Скандий		$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^1$ или $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^1 4s^2$	
${}_{22}\text{Ti}$ Титан		$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^2$ или $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^2 4s^2$	
${}_{23}\text{V}$ Ванадий		$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^3$ или $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^3 4s^2$	
${}_{24}\text{Cr}$ Хром		$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1 3d^5$ или $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^5 4s^1$	