

О. С. Габриелян, И. Г. Остроумов,  
Н. С. Пурышева, С. А. Сладков,  
В. И. Сивоглазов

# ЕСТЕСТВОЗНАНИЕ

---

Учебник

Рекомендовано  
Министерством просвещения  
Российской Федерации

9-е издание, стереотипное

Москва



2020

БАЗОВЫЙ УРОВЕНЬ

# 11

класс



российский  
учебник

УДК 373.167.1:501  
ББК 20я72  
Г12

**Одобрено Научно-редакционным советом корпорации  
«Российский учебник» под председательством академиков  
Российской академии наук В. А. Тишкова и В. А. Черешнева**

**Г12**      **Габриелян, О. С.**  
Естествознание. Базовый уровень. 11 класс : учебник / О. С. Габриелян, И. Г. Остроумов, Н. С. Пурышева, С. А. Сладков, В. И. Сивоглазов. — 9-е изд., стереотип. — М. : Дрофа, 2020. — 286, [2] с. : ил. — (Российский учебник).

**ISBN 978-5-358-23177-1**

Учебник предназначен учащимся 11 классов гуманитарного, социально-экономического, информационно-технологического профиля и является продолжением курса «Естествознание» для 10 класса тех же авторов.

Учебник по новому учебному курсу «Естествознание» создан с учетом современных научных представлений, соответствует требованиям, заявленным в ФГОС, и включает разделы «Микромир», «Человек и его здоровье», «Естествознание на службе человека».

В конце каждого параграфа даны результаты его изучения, темы рефератов, задания, позволяющие применить полученные знания. Каждая глава завершается методическими рекомендациями по проведению исследовательских работ. Таким образом, содержание учебника полностью реализует требования ФГОС среднего (полного) общего образования.

**УДК 373.167.1:501  
ББК 20я72**

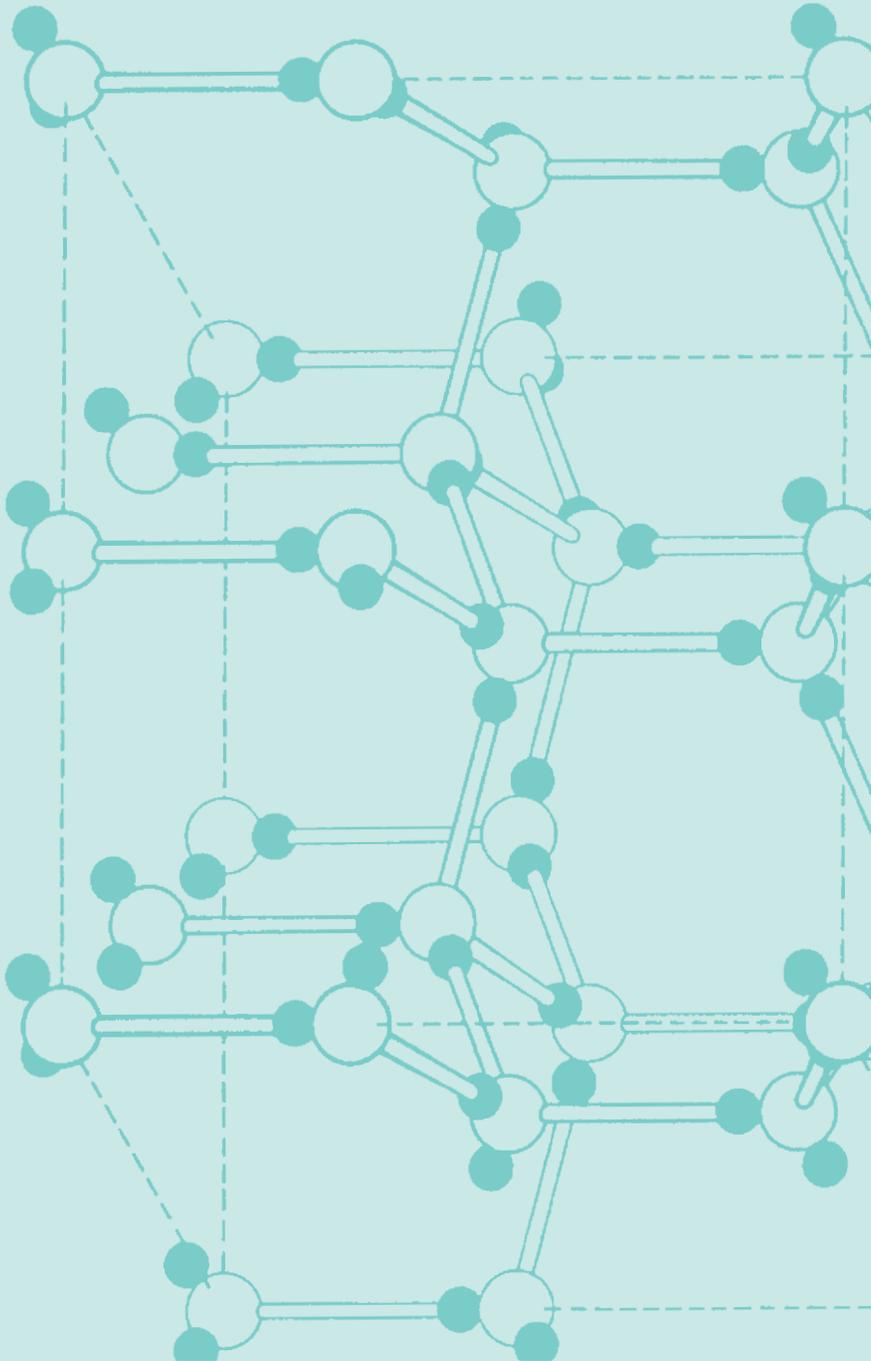
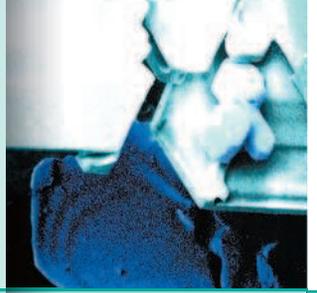
**ISBN 978-5-358-23177-1**

© Габриелян О. С., Остроумов И. Г., Пурышева Н. С., Сладков С. А., Сивоглазов В. И., 2014  
© ООО «ДРОФА», 2014  
© Габриелян О. С., Остроумов И. Г., Пурышева Н. С., Сладков С. А., Сивоглазов В. И., 2019,  
с изменениями  
© ООО «ДРОФА», 2019, с изменениями

глава

# Микромир





## § 1. Основные сведения о строении атома. Химические элементы

1. Назовите выдающихся учёных Древней Греции, разработавших теорию, согласно которой все тела состоят из химически неделимых частиц — атомов.
2. Перечислите физические явления, доказывающие двойственную природу частиц микромира.
3. Покажите на примерах открытий в физике XIX—XX вв., как эволюционировали представления о строении атома.
4. Что называют химическим элементом? Сколько химических элементов известно в настоящее время?

### ПЕРВЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ОБ АТОМАХ.

То, что все вещества состоят из атомов, сегодня ни у кого не вызывает сомнения. Понятие «атом» пришло к нам из античных времён. Философы Древней Греции путём одних только рассуждений и умозаключений пришли к выводу, что есть предел деления материи — *атом* (от др.-греч. — неделимый, неразрезаемый). В V в. до н. э. *Левкипп* (рис. 1), а также его ученик и последователь *Демокрит* (рис. 2) рассуждали примерно так.

*«Если я буду разрезать это яблоко ножом на всё более мелкие части, то у меня будет оставаться в руках часть, которая всё ещё имеет свойства яблока. В конце концов наступит предел деления, когда последнюю частицу уже нельзя будет разделить на две части. Это и будет мельчайшая часть материи — атом. Атомы не из чего не возникают и никуда не исчезают. Поскольку материя состоит из отдельных атомов, то между ними должна быть пустота. Атомы бесчисленны, а пустота бесконечна. Поскольку материальный мир так разнообразен, то и формы и размеры атомов бесконечно разнообразны. Чувственные свойства вещей (их вкус, цвет, запах, форма) определяются формой составляющих их атомов».*

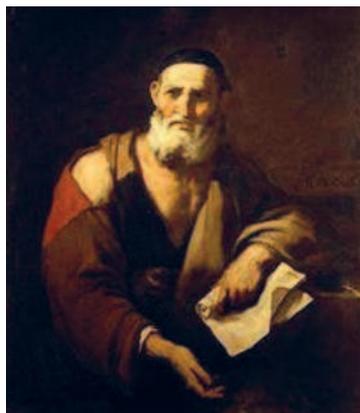


Рис. 1. Левкипп (V в. до н. э.)



**Рис. 2.** Демокрит (V в. до н. э.). Портрет работы А. Куапеля (1692)

Нельзя сказать, что атомистическое учение без возражений принималось представителями других философских течений, естествоиспытателями и впоследствии учёными. Особенно спорным моментом было существование пустоты между мельчайшими частицами-атомами, т. е. дискретность (прерывистость) материи.

**Аристотель** (384—322 гг. до н. э.) и его последователи считали, что материя непрерывна и делиться может до бесконечности. Пустота по Аристотелю, неестественна, невозможна. Отсюда проистекают идеи о существовании эфира, через который происходит, в том числе и передача взаимодействия. Взгляды Аристотеля на движение позволили

ему сделать предположение о том, что свет — это волны, распространяющиеся в эфире.

Некоторые античные философы облакали свои идеи в поэтическую форму, отчего они легче воспринимались современниками и потомками. Гениальные мысли в сочетании с редким поэтическим талантом рождали удивительные строки, которые восхищают читателя даже по прошествии двух тысяч лет после их создания. Вчитайтесь в отрывок из поэмы **Тита Лукреция Кара** (99—55 гг. до н. э.) (см. рис. 2).

*Если не будет, затем, ничего наименьшего,  
Будет из бесконечных частей состоять и мельчайшее тело:  
У половины всегда найдётся своя половина.  
И для деленья нигде не окажется вовсе предела.  
Чем отличишь ты тогда наименьшую часть от Вселенной?..*

*На морском берегу, разбивающем волны,  
Платье сыреет всегда, а на солнце вися, оно сохнет;  
Видеть, однако, нельзя, как влага на нём оседает,  
Да и не видно того, как она исчезает от зноя.  
Значит, дробится вода на такие мельчайшие части,  
Что недоступны они совершенно для нашего глаза.*

Нетрудно заметить, что Кар возвращает читателя к идее Демокрита о том, что все тела состоят из мельчайших частиц (атомов).

На примере развития учения о строении атома хорошо видно, что естествознанию пришлось пройти длительный путь поисков и борьбы, чтобы прийти к современному миропониманию.

**ДОКАЗАТЕЛЬСТВА СЛОЖНОГО СТРОЕНИЯ АТОМА.** В 1886—1887 гг. немецкий физик **Г. Герц** (1857—1894) впервые наблюдал и дал описание

явления, которое получило название **фотоэффекта**. Он обнаружил, что при облучении отрицательного электрода разрядника ультрафиолетовым светом разряд происходит при меньшем напряжении. Объяснил сущность обнаруженного Герцем явления **А. Г. Столетов** (1839—1896): кванты света выбивают из атомов металла отрицательно заряженные частицы, попадающие в окружающее пространство. А раз так, то атом делим.

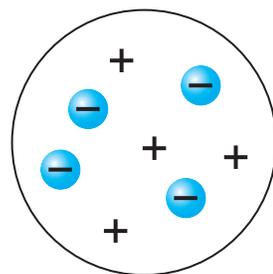
В 1896 г. французский физик **А. Беккерель** (1852—1908) изучал природу «холодного свечения» — фосфоресценции. Объектом его исследования была руда, содержащая соединения урана. В ящике письменного стола образец руды оказался на фотопластинке, завёрнутой в чёрную бумагу. Каково же было удивление учёного, когда на проявленной фотопластинке он обнаружил изображение чёткого контура кусочка руды. Учёный предположил, что атомы урана способны распадаться, испуская невидимые лучи большой проникающей способности. А раз атом может распадаться, он не является неделимым. Так было открыто явление **радиоактивности**.

Прямые доказательства сложного строения атома появились с открытием первой элементарной частицы — электрона. Это научное открытие произошло в 1897 г. благодаря опытам английского физика **Дж. Томсона** (1856—1940) с газоразрядной трубкой. При создании между двумя электродами высокого напряжения (более 1500 В) катод начинал испускать поток отрицательно заряженных частиц, названных впоследствии электронами. Изготавливая катоды из различных металлов, учёный неизменно наблюдал описанное явление, что позволило ему предположить, что электроны содержатся в атомах любых металлов.

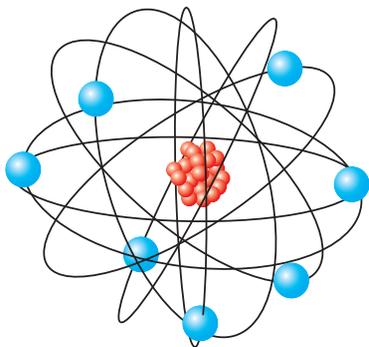
Проанализируем приведённые факты. Атомы могут испускать отрицательно заряженные частицы. Так как в целом атомы не имеют электрического заряда, следовательно, помимо электронов в состав атомов входят и положительно заряженные частицы. Открытие этих частиц, названных протонами, связано с именем выдающегося английского физика **Э. Резерфорда** (1871—1937).

Значительно позже, в 1932 г. удалось открыть третью элементарную частицу — нейтрон, хотя предположения о её существовании высказывались задолго до этого открытия.

**МОДЕЛИ СТРОЕНИЯ АТОМОВ.** В 1904 г. в работе «О структуре атома» **Дж. Томсон** дал описание своей модели, получившей образное название «пудинг с изюмом» (рис. 3). В этой модели атом



**Рис. 3.** Модель строения атома Дж. Томсона



**Рис. 4.** Модель строения атома Э. Резерфорда

уподоблен сферической капле («пудингу»), имеющей положительный заряд. Внутри сферы вкраплены, как изюм в пудинге, отрицательно заряженные электроны. Электроны совершают колебательные движения, благодаря которым атом излучает электромагнитную энергию. В целом атом электронейтрален. Модель атома Дж. Томсона не была подтверждена экспериментальными фактами и осталась гипотезой.

Согласно предложенной Резерфордом **планетарной модели**, атом состоит из небольшого, но массивного положительно заряженного ядра и лёгких электронов, которые движутся вокруг него по замкнутым орбитам (рис. 4), подобно тому как движутся планеты вокруг Солнца.

Модель Резерфорда, тем не менее, не могла объяснить процессы излучения и поглощения энергии атомом, а также его устойчивость. Ведь если электроны при своём движении излучают энергию, то в конце концов они должны упасть на ядро и атом тем самым должен прекратить своё существование. Однако этого не происходит.

В 1913 г. **Н. Бор** (1885—1962) предложил **квантовую модель** строения атома, основой которой послужили разработанные им постулаты:

**1-й постулат** — электрон движется вокруг ядра по строго определённым замкнутым стационарным орбитам в соответствии с «разрешёнными» значениями энергии  $E_1, E_2, \dots, E_n$ , при этом энергия им не поглощается и не излучается;



Джозеф Томсон



Эрнест Резерфорд



Нильс Бор

**2-й постулат** — электрон переходит из одного «разрешённого» энергетического состояния в другое, что сопровождается излучением или поглощением кванта энергии.

Н. Бор внёс квантовые представления в строение атома, но использовал при этом традиционные классические понятия механики, рассматривая электрон как частицу, движущуюся со строго определёнными скоростями по строго определённым траекториям.

В 1932 г. независимо друг от друга российским физиком **Д. Иваненко** (1904—1994) и немецким физиком **В. Гейзенбергом** (1901—1976) была разработана протонно-нейтронная теория ядра, согласно которой ядра атомов состоят из протонов и нейтронов (рис. 5).

**Атом** — это электронейтральная система взаимодействующих элементарных частиц, состоящая из ядра (образованного протонами и нейтронами) и электронов.

Строение атомного ядра и изменения, происходящие с ним, — предмет изучения ядерной физики. Для естествознания, и в первую очередь для химии, большой интерес представляет строение **электронной оболочки атома**.

Под **электронной оболочкой атома** понимают совокупность всех электронов в нём.

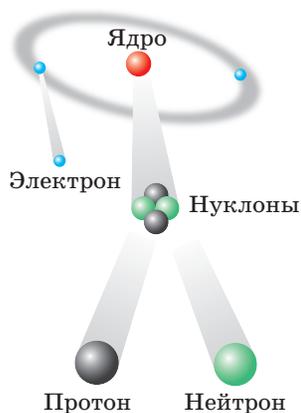
Число электронов в атоме, как электронейтральной частице, равно числу протонов в ядре, т. е. соответствует порядковому номеру химического элемента.

Важнейшей характеристикой электрона является энергия его связи с атомом.

Электроны, обладающие близкими значениями энергии, образуют один электронный слой, или **энергетический уровень**.

Наименьшей энергией обладают электроны 1-го энергетического уровня, наиболее близкого к атомному ядру. По сравнению с ними электроны последующих уровней имеют больший запас энергии. Таким образом, самой большой энергией обладают электроны внешнего уровня, которые наименее прочно связаны с ядром атома.

Электрон в атоме не имеет траектории движения, т. е. можно говорить лишь о вероят-



**Рис. 5.** Схема строения атома

» **Напомним**, что число энергетических уровней (электронных слоёв) в атоме соответствует номеру периода в таблице Д. И. Менделеева, в котором располагается химический элемент, — у атомов элементов 1-го периода — один уровень, 2-го периода — два, 7-го периода — семь.

ности нахождения его в пространстве. Он может находиться в любой части пространства, окружающего ядро. Совокупность различных положений электрона рассматривают как **электронное облако** с определённой плотностью отрицательного заряда.

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

**ХИМИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ.** Любое атомное ядро состоит из строго определённого числа протонов. Одни атомы содержат в ядре, например, 8 протонов и, как следствие, имеют заряд ядра +8, другие атомы — 25 протонов, заряд их ядер +25. Если виртуально рассортировать все атомы в соответствии с зарядом ядра, то атомы с одинаковым числом протонов и будут представлять собой атомы одного *химического элемента*.

**Химический элемент** — это совокупность атомов с одинаковым положительным зарядом ядра.

Атомы с зарядом ядра +8 представляют собой атомы химического элемента кислорода, с зарядом +25 — химического элемента марганца.

А теперь загляните в Периодическую систему химических элементов Д. И. Менделеева (с. 16—17, рис. 7), найдите элементы кислород и марганец. Обратите внимание на порядковые номера этих элементов. Из курса основной школы вы знаете, что положительный заряд атома равен порядковому номеру химического элемента в периодической таблице. Поскольку атом в целом не имеет заряда, число электронов в электронной оболочке совпадает с числом протонов в ядре и порядковым номером элемента.

По мере накопления числа протонов и нейтронов ядро атома становится всё больше и тяжелее. После элемента с порядковым номером 90 (тория) ядра атомов уже настолько велики, что с течением времени самопроизвольно распадаются на более мелкие осколки. Это уже знакомое вам явление радиоактивности. Все химические элементы после тория радиоактивны.

Атомы самых тяжёлых элементов вообще не существуют в природе, их получают искусственно слиянием ядер меньшего размера, да и вре-



## 🕒 Выполните задания

1. Назовите имена основоположников античной атомистики. Расскажите об их воззрениях на устройство материи.
2. Какие открытия в области физики противоречили утверждению о неделимости атомов?
3. Назовите модели строения атома. Охарактеризуйте их достоинства и недостатки.
4. Из курса естествознания 10 класса вспомните, как физические явления интерференции и дифракции доказывают двойственную природу частиц микромира.
5. Каково название химического элемента, который
  - а) содержит 12 протонов в ядре;
  - б) содержит 7 электронов в электронной оболочке;
  - в) расположен в третьем периоде, в главной подгруппе пятой группы.
6. Дайте определения понятий: «электронная оболочка атома», «энергетический уровень электрона», «электронное облако (орбиталь)».
7. Дайте определение понятия «химический элемент». Каково число известных химических элементов на данный момент? Сколько из них обнаружено в природе? Почему данные числа не совпадают?
8. Прочитайте отрывок из стихотворения В. Брюсова «Мир электрона» и проанализируйте его с точки зрения «физиков» и «лириков».

Быть может, эти электроны —  
Миры, где пять материков,  
Искусства, званья, войны, троны  
И память сорока веков!

Ещё, быть может, каждый атом —  
Вселенная, где сто планет;  
Там — всё, что здесь, в объёме сжатом,  
Но также то, чего здесь нет.

## 🕒 Темы для рефератов

1. Открытия, в результате которых было доказано сложное строение атома.
2. Сравнительная характеристика моделей строения атома Дж. Томсона, Э. Резерфорда и Н. Бора.
3. Жизнь и научная деятельность Д. Д. Иваненко.
4. Вклад в науку нобелевского лауреата В. Гейзенберга.

## § 2. Периодический закон и строение атома

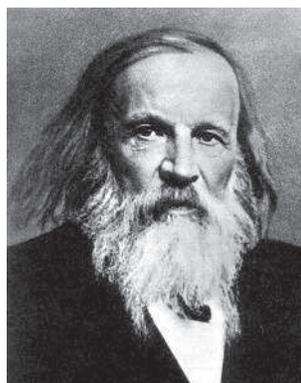
1. Перечислите химические элементы, названные в честь героев греческих мифов, великих учёных, городов и стран, планет.
2. Назовите учёных-химиков — предшественников Д. И. Менделеева.

**ОТКРЫТИЕ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ЗАКОНА Д. И. МЕНДЕЛЕЕВЫМ.** Периодический закон и Периодическая система химических элементов Д. И. Менделеева — величайшее открытие XIX в., основа современной химии, динамичное и развивающееся учение. Оно отражает явления, реально существующие в природе, и поэтому никогда не потеряет своего значения.

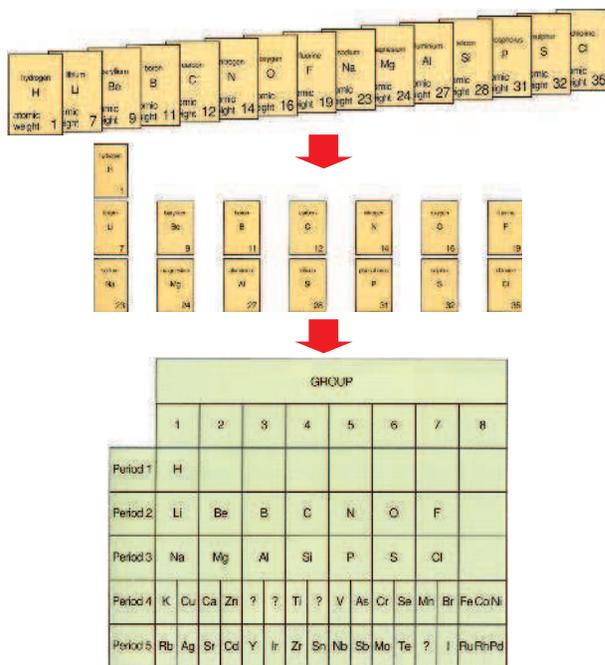
Открытие Периодического закона и Периодической системы химических элементов было подготовлено всем ходом развития химии, однако потребовалась гениальность Д. И. Менделеева, его дар научного предвидения, чтобы эти закономерности были сформулированы и графически представлены в виде таблицы.

Менделеев расположил все известные во второй половине XIX в. химические элементы в ряд (рис. 6) по возрастанию их относительных атомных масс (во времена Менделеева эту величину называли атомным весом) и выделил в нём отрезки — периоды, где свойства элементов и образованных ими веществ изменялись сходным образом, а именно (в современных терминах):

- металлические свойства ослабевали;
- неметаллические свойства усиливались;
- степень окисления элемента в высших оксидах увеличивалась с +1 до +7 (+8);
- степень окисления элементов в гидридах (твёрдых солеподобных соединениях металлов с водородом) увеличивалась с +1 до +3, а затем увеличивалась в летучих водородных соединениях с -4 до -1;
- оксиды от основных через амфотерные сменялись кислотными;
- гидроксиды от щелочей через амфотерные гидроксиды сменялись всё более сильными кислородными кислотами.



Дмитрий Иванович Менделеев



**Рис. 6.** Так рождалась таблица химических элементов Д. И. Менделеева

На основании этих наблюдений Д. И. Менделеев сформулировал **Периодический закон**.

**Свойства химических элементов и образованных ими веществ находятся в периодической зависимости от величины их относительных атомных масс.**

Днём рождения Периодического закона химических элементов считается 1 марта 1869 г.

**ПЕРИОДИЧЕСКИЙ ЗАКОН И УЧЕНИЕ О СТРОЕНИИ АТОМА.** Формулировка Периодического закона, данная Менделеевым, отражала состояние науки на тот период времени, когда о сложном строении атома учёные только догадывались. Научная интуиция позволила Менделееву выявить закономерности, угадать порядок расположения элементов и создать такую таблицу, которая, будучи довольно простой, максимально характеризует строение атомов химических элементов и на протяжении почти полутора столетий не претерпела никаких принципиальных изменений.

Последующие открытия в области физики и химии только дополняли и углубляли открытие Менделеева. Как вы уже знаете, учёные доказали сложное строение атома, предложили модели, отражающие это сложное строение, а также открыли существование изотопов.

В 1913 г. английский физик *Г. Мозли* (1887—1915) доказал, что заряд ядра атома каждого элемента в таблице Менделеева возрастает на единицу по сравнению с зарядом ядра атома предыдущего элемента, т. е. совпадает с порядковым номером элемента в ней. Таким образом, закон Мозли подтвердил правильность порядка размещения элементов в Периодической системе Д. И. Менделеева.

Эти открытия потребовали от учёных уточнить первую, менделеевскую, формулировку Периодического закона. В современной редакции этот закон звучит так:

**свойства химических элементов и образованных ими веществ находятся в периодической зависимости от величины положительного заряда их атомных ядер.**

**ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ И УЧЕНИЕ О СТРОЕНИИ АТОМА.** Периодическая система химических элементов Д. И. Менделеева — это графическое выражение Периодического закона.

Существует множество различных модификаций периодических систем химических элементов, однако наиболее употребительны две: короткопериодная — в средней школе (рис. 7) и длиннопериодная — в высшей.

Как формула, как график трудовой,  
Строй менделеевской системы строгой.  
Вокруг тебя творится мир живой,  
Входи в него, вдыхай, руками трогай.

*С. Щипачёв*



Порядковый номер элемента, номер периода и номер группы в Периодической системе отражают какую-либо особенность или закономерность в строении атомов химических элементов.

Так, **порядковый номер элемента**, как вы знаете, соответствует заряду атомного ядра, т. е. числу протонов в нём, и числу электронов на электронной оболочке атома, так как он электронейтрален. Число нейтронов для разных изотопов химического элемента определяют по формуле:  $N = A - Z$ , где  $N$  — число нейтронов,  $A$  — массовое число атома,  $Z$  — зарядовое число.

Например, алюминий  ${}_{27}^{13}\text{Al}$ , зарядовое число которого 13, имеет ядро, состоящее из 13 протонов и, соответственно, 13 электронов на электронной оболочке атома. Массовое число алюминия — 27, значит, в ядре атома содержится 14 нейтронов ( $27 - 13 = 14$ ).

**Номер периода** указывает на число энергетических уровней (электронных слоёв) в атоме.

**Номер группы** (каждая группа состоит из главной и побочной подгруппы) указывает на число электронов на внешнем уровне атомов для