# Строеж на атома. Разпределение на електроните в електронната обвивка

Строеж на веществото - 8. клас

## 1 Атом. Строеж на атома

> **Дефиниция** — Атомът (от старогръцки - *неделим*) е основната градивна частица на елементите.

Атомът е изграден от плътно положително заредено ядро и отрицателно заредени **електрони**, образуващи електронната обвивка. Ядрото се състои от **протони**, които имат положителен електричен заряд, и неутралните **неутрони**. Защо има неутрони? Знаем, че еднакво заредени частици се отблъскват, докато различно заредени частици се привличат. Ако нямаше неутрони, то тъй като протоните са положително заредени, те щяха се отблъскват и ядрото щеше се разпадне.

Електроните се бележат с $e^-$, протоните - с $p^+$, а неутроните - с $n^0$. В атома броя протони е равен на броя електрони и по модул зарядът им е равен, следователно атомът е електронеутрален. Над 99% от масата му е съсредоточена в ядрото, а то всъщност заема много малка част от обема му. Протоните и неутроните имат приблизително еднаква маса и са около 1836 пъти по-тежки от електрона.

Ядрото на атома е открито за пръв път от Ръдърфорд чрез следния експеримент: той обстрелва златно фолио с алфа частици (хелиеви ядра). Установено е, че малка част от частиците претърпяват отклонения и затова Ръдърфорд приема, че почти цялата маса и положителният заряд на тежките златни атоми са съсредоточени в една много малка част от неговия обем, която той нарича ядро. Тази представа за атома се нарича **модел на Ръдърфорд**.

По-късно Нилс Бор предлага нов модел на атома, подобрявайки този на Ръдърфорд - той теоретизира, че електроните се движат по точно определени орбити около ядрото. Този модел обаче е опроверган от квантовата механика, която описва вероятността от локализиране на електрон на определено място, т.е. казва къде има най-голяма вероятност да има електрон (това се намира чрез уравнението на Шрьодингер). Сега обаче да разгедаме как се запълват електроните в електронната обвивка:

# 2 Електронната обвивка

## Характеристики на електрона

Електронът се характеризира с маса, заряд (отрицателен, равен по модул на този на протона), енергия, определяща се от разстоянието между него и ядрото (колкото по-далеч е, толкова по-голяма му е енергията) и величината **спин**, която определя магнитните му свойства. Спинът се означава със стрелка нагоре или надолу (↑ или ↓). Електрони с противоположни спинове и еднаква енерия се сдвояват и образуват електронна двойка, а електрони с еднакви спинове не могат да се сдвоят и се наричат единични.

## Електронни слоеве

Според енергията си електроните са групирани в електронни слоеве. Те се означават с цифри (от 1 до 7) или с букви (K, L, M, N, O, P, Q). Всеки слой може да има най-много $2n^2$ електрона, където $n$ е номера на слоя. С най-голяма енергия са електроните във външния (валентен) електронен слой, в който електроните са най-отдалечени от ядрото. Те се наричат валентни и именно те определят валентността на елемента.

## Подслоеве

Всеки електронен слой се разделя на **подслоеве**, които се означават с буквите $s$, $p$, $d$ и $f$. Броят на подслоевете в даден електронен слой зависи от номера на слоя. В първия слой има само един подслой – $s$, във втория има два – $s$ и $p$, в третия има три – $s$, $p$ и $d$, а в четвъртия има 4 – $s$, $p$, $d$ и $f$.

| Електронен слой | Подслоеве |
|---|---|
| 1 | $1s$ |
| 2 | $2s,\ 2p$ |
| 3 | $3s,\ 3p,\ 3d$ |
| 4 | $4s,\ 4p,\ 4d,\ 4f$ |

Следователно всеки електронен слой съдържа определен брой подслоеве, а подслоевете от своя страна съдържат орбитали.

## Орбитали

**Орбиталата** е област от пространството около ядрото, в която има голяма вероятност да бъде открит електрон. За разлика от орбитите в модела на Бор, орбиталите не представляват определени траектории, по които електроните се движат около ядрото. Във всяка орбитала могат да се намират най-много два сдвоени електрона, а всеки подслой съдържа определен брой орбитали:

| Подслой | Брой орбитали | Максимален брой електрони |
|---|---|---|
| $s$ | 1 | 2 |
| $p$ | 3 | 6 |
| $d$ | 5 | 10 |
| $f$ | 7 | 14 |

Ако в една орбитала има два електрона, те трябва да имат противоположни спинове. Орбиталите се отбелязват като "кутийки", в които се слагат стрелки, отговарящи на спиновете на електроните: $\boxed{\uparrow\downarrow}$

Така се получава следната последователност:

$$\text{електронен слой} \rightarrow \text{подслой} \rightarrow \text{орбитала} \rightarrow \text{електрони}$$

Например третият електронен слой съдържа подслоевете $3s$, $3p$ и $3d$. Подслоят $3s$ има една орбитала, $3p$ има три орбитали, а $3d$ има пет орбитали. Следователно третият слой може да съдържа общо $1+3+5=9$ орбитали, в които могат да се разположат най-много $9 \cdot 2 = 18$ електрона, което съвпада с формулата $2n^2$ за $n = 3$.

## Квантови числа

Състоянието на всеки електрон в атома се описва чрез четири квантови числа: главно, орбитално, магнитно и спиново. Те определят съответно електронния слой, подслоя, конкретната орбитала и спина на електрона.

**1. Главно квантово число ($n$).** Определя електронния слой и енергията на електрона. Приема положителни цели стойности $n = 1, 2, 3, \ldots$. Колкото по-голямо е $n$, толкова по-висока е енергията на електрона.

**2. Орбитално квантово число ($l$).** Определя подслоя и формата на орбиталата. За дадена стойност на $n$ приема целите стойности от 0 до $n-1$, като $l = 0$ съответства на подслоя $s$, $l = 1$ - на $p$, $l = 2$ - на $d$ и $l = 3$ - на $f$. Например третият електронен слой има подслоеве $3s$, $3p$ и $3d$, за които съответно $l = 0, 1, 2$. В подслоя s формата на орбитата е сфера, в подслоя p е във формата на две топки, допиращи се в една точка.

**3. Магнитно квантово число ($m_l$).** Определя ориентацията на орбиталата в пространството и приема целите стойности от $-l$ до $+l$, включително нулата. Следователно броят на възможните стойности на $m_l$ е $2l+1$, което съвпада с броя на орбиталите в подслоя. Например за $p$-подслоя $l = 1$ и $m_l = -1, 0, +1$, т.е. има три орбитали.

**4. Спиново квантово число ($m_s$).** Описва спиновото състояние на електрона и приема две възможни стойности: $m_s = +\frac{1}{2}$ или $m_s = -\frac{1}{2}$, които се изобразяват съответно със стрелки $\uparrow$ и $\downarrow$.

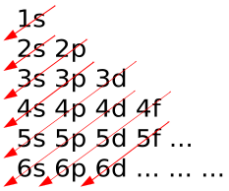
**Връзка между квантовите числа и максималния брой електрони в слой.** На $n$-тия електронен слой първият послой има 1 орбитала, втория - 3, ..., $n$-тия - $2n-1$ орбитали. Така получаваме, че общо орбиталите са $1+3+...+(2n-1)=n^2$ от формулата за сума на нечетни числа. Следователно на този слой могат да се разположат най-много $2n^2$ електрона (една орбитала побира най-много два електрона).

## Правила за разпределение на електроните

Електроните се разпределят съгласно няколко основни правила:

**1. Правило на Клечковски (Aufbau principle)** Електроните заемат първо орбиталите с най-ниска енергия, а след това тези с по-висока енергия. Според правилото орбиталите се запълват по нарастване на $n+l$ (сбора на тези две квантови числа), а като имат еднакъв сбор, се запълва първо тази с по-ниско $n$. Следователно последователността е следната:

$$1s \rightarrow 2s \rightarrow 2p \rightarrow 3s \rightarrow 3p \rightarrow 4s \rightarrow 3d \rightarrow 4p \rightarrow 5s \rightarrow 4d \rightarrow 5p$$




Схемата отгоре показва графично правилото на Клечковски. Запълването на електроните започва от подслоя на първата стрелка, продължава се с подслоя на втората стрелка (под първата), и т.н, като стрелките се обхождат от горния десен ъгъл към долния ляв.

**2. Принцип на Паули.** Няма две орбитали с напълно еднакви четири квантови числа.

**3. Правило на Хунд.** Когато няколко орбитали имат еднаква енергия, например трите орбитали на подслоя $p$, електроните първо ги заемат поотделно с еднакви спинове и едва след това започват да се сдвояват. Например при три електрона в подслоя $p$ разпределението е $\boxed{\uparrow}\,\boxed{\uparrow}\,\boxed{\uparrow}$.

## Примери за електронни конфигурации

**Електронната конфигурация** показва начина, по който електроните са разпределени по слоеве, подслоеве и орбитали около ядрото на даден атом. Електронната конфигурация се отбелязва чрез записване на отделните подслоеве, което става по следния начин: записваме цифра, показваща номера на слоя (n), след това буква, показваяа подслоя (s, p, d, f) и в горен десен

индекс след буквата се пише броя на електроните в този подслой. Разпределението на електроните може да се запише и чрез "кутийки", които съответстват на орбиталите и в тях се слагат стрелки, всяка от която показва спина на един електрон.

**Водород (атомен номер 1):** има един електрон, който заема първия подслой (1s):

$$1s^1 \qquad \boxed{\uparrow}$$

**Хелий (атомен номер 2):** двата електрона запълват изцяло първия подслой:

$$1s^2 \qquad \boxed{\uparrow\downarrow}$$

**Азот (атомен номер 7):** Последователно се запълват подслоевете 1s и 2s и остават 7 - 4 = 3 електрона за подслоя 2p. Следователно електронната конфигурация е $1s^2\,2s^2\,2p^3$. Трите електрона в подслоя $2p$ заемат трите орбитали поотделно съгласно правилото на Хунд:

$$1s^2\,2s^2\,2p^3$$

$$1s: \boxed{\uparrow\downarrow} \quad 2s: \boxed{\uparrow\downarrow} \quad 2p: \boxed{\uparrow}\,\boxed{\uparrow}\,\boxed{\uparrow}$$

**Кислород (атомен номер 8):** Последователно се запълват подслоевете 1s и 2s и остават $8-4=4$ електрона за подслоя 2p. Следователно електронната конфигурация е $1s^2\,2s^2\,2p^4$. Четирите електрона в подслоя $2p$ заемат трите орбитали съгласно правилото на Хунд: първо се разполагат по един електрон във всяка орбитала, а четвъртият се сдвоява с един от тях:

$$1s^2\,2s^2\,2p^4$$

$$1s: \boxed{\uparrow\downarrow} \quad 2s: \boxed{\uparrow\downarrow} \quad 2p: \boxed{\uparrow\downarrow}\,\boxed{\uparrow}\,\boxed{\uparrow}$$

**Калций (атомен номер 20):** Последователно се запълват подслоевете $1s$, $2s$, $2p$, $3s$, $3p$ и $4s$. Следователно електронната конфигурация е $1s^2\,2s^2\,2p^6\,3s^2\,3p^6\,4s^2$. Орбиталната диаграма е:

$$1s^2\,2s^2\,2p^6\,3s^2\,3p^6\,4s^2$$

$$1s: \boxed{\uparrow\downarrow}$$
$$2s: \boxed{\uparrow\downarrow} \qquad 2p: \boxed{\uparrow\downarrow}\,\boxed{\uparrow\downarrow}\,\boxed{\uparrow\downarrow}$$
$$3s: \boxed{\uparrow\downarrow} \qquad 3p: \boxed{\uparrow\downarrow}\,\boxed{\uparrow\downarrow}\,\boxed{\uparrow\downarrow}$$
$$4s: \boxed{\uparrow\downarrow}$$

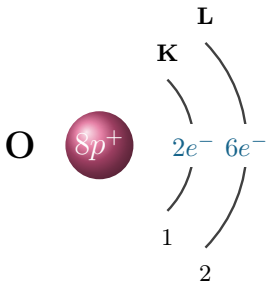
За упражнение можете да вземете някой елемент с по-голям атомен номер и да му направите електронната конфигурация.

## Диаграми на Бор

Диаграмата на Бор е начин да се изобрази по колко електрона имат електронните слоеве в даден атом или йон. На схемите са показани диаграмите на Бор на кислорода и калция.

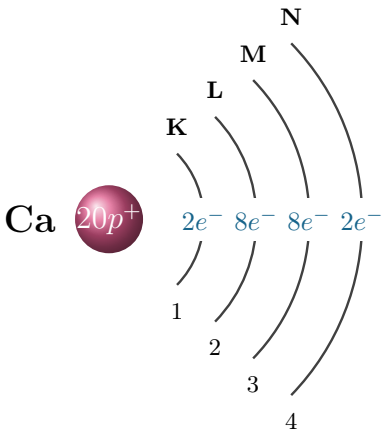
### Кислород — O

Атомен номер: $Z = 8$




### Калций — Ca

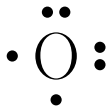
Атомен номер: $Z = 20$




## Люисови структури

Люисовите символи показват разпределението на електроните във валентния слой. Всеки електрон се означава с точка, а две точки една до друга означават два сдвоени електрона. За да се направи Люисова структура, може да се следват следните стъпи: Първите два електрона ги сдвояваме, а следващите първо ги слагаме поединично и чак след това започваме да сдвояваме.

**Кислород**



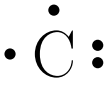

**Магнезий**



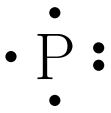

**Калий**




**Въглерод**



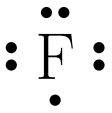

**Фосфор**




**Алуминий**




**Флуор**



# Тест - Строеж на атома

1. Кои частици изграждат атомното ядро?

   А) Протони и неутрони
   Б) Протони и електрони
   В) Неутрони и електрони
   Г) Само протони

2. Какво представлява електронната обвивка?

   А) Областта около ядрото, в която се намират електроните
   Б) Областта в ядрото, в която се намират протоните
   В) Съвкупността от протони и неутрони
   Г) Само най-външният електронен слой

3. Колко най-много електрона могат да се разположат в първия електронен слой?

   А) 2
   Б) 4
   В) 8
   Г) 18

4. Какво показва диаграмата на Бор?

   А) Само броя на неутроните
   Б) Разпределението на електроните по слоеве
   В) Само броя на протоните
   Г) Точните траектории на електроните

5. Какво наричаме валентни електрони?

   А) Електроните в ядрото
   Б) Електроните във външния електронен слой
   В) Всички протони в атома
   Г) Само електроните в първия слой

6. Колко най-много електрона могат да се разположат в третия електронен слой?

   А) 8
   Б) 18

В) 2

Г) 10

7. С коя буква бележим втория електронен слой?

А) N

Б) M

В) K

Г) L

8. Атомът на натрия има атомен номер $Z = 11$. Как са разпределени електроните му по слоеве?

А) 2, 9

Б) 2, 8, 1

В) 2, 7, 2

Г) 8, 3

9. Какво показва Люисовият символ?

А) Разпределението на всички електрони в атома

Б) Разпределението на електроните във валентния слой

В) Протоните и неутроните в ядрото

Г) Структурата на атома по модела на Бор

10. Кое е разпределението на електроните по слоеве в атома на кислорода, ако $Z = 8$?

А) 2, 6

Б) 2, 8

В) 4, 4

Г) 6, 2

11. Колко единични електрона и електронни двойки има в Люисовия символ на кислорода, който има 6 валентни електрона?

А) 6 единични електрона и 0 двойки

Б) 4 единични електрона и 1 двойка

В) 2 единични електрона и 2 двойки

Г) 0 единични електрона и 3 двойки

12. Колко единични електрона и електронни двойки има в Люисовия символ на хлора, който има 7 валентни електрона?

А) 7 единични електрона и 0 двойки

Б) 5 единични електрона и 1 двойка

В) 3 единични електрона и 2 двойки

Г) 1 единичен електрон и 3 двойки

13. Вярно ли е, че само електрони с противоположни спинове могат да се сдвояват?

А) Да

Б) Не

14. Кой от следните елементи има 7 валентни електрона?

А) Натрий

Б) Магнезий

В) Алуминий

Г) Флуор

15. Вярно ли е, че енергията на електроните в първия слой е най-ниска?

А) Да

Б) Не

## Отговори

| № | Отговор | № | Отговор | № | Отговор |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | А | 6 | Б | 11 | В |
| 2 | А | 7 | Г | 12 | Г |
| 3 | А | 8 | Б | 13 | А |
| 4 | Б | 9 | Б | 14 | Г |
| 5 | Б | 10 | А | 15 | А |