Chapter 2

* The Three most important Laws That led to The development of atomic Theory:

1. Law of Conservation of mass
2. law of Definite Proportions
3. law of multiple Proportions.

1) Law of Conservation of mass [A. Lavoisier]

قانون حفظ الكتلة

Matter is neighter Created nor destroyed in achemical reaction.

المادة لا تفنى ولا تستحدث في تفاعل كيميائي

Total mass of reactants = Total mass of Products

الكتلة الكلية للمتفاعلات = الكتلة الكلية للنواتج

Total number of reactant atoms = Total ~~mass~~ number of Product atoms

العدد الكلي لذرات المتفاعلات = عدد ذرات النواتج

$7.7\,g\ Na + 11.9\,g\ Cl_2 = 19.6\ NaCl$

→ Reactants المتفاعلات

→ Products النواتج

1) Law of Definite Proportions [J. Proust] قانون النسب الثابتة

- All samples of a give Compound regardless of Their source or how They are Prepared have The same Proportion of Their Constituent elements أن كل مركب مهما اختلفت طرق تحضيره فإنه يتركب من عناصره لنفسها متحدة بنسب ثابتة

For Example مثال

100 g NaCl contain → 39.3 g Na / 60.7 g Cl يحتوي

58.44 g of NaCl يحتوي 22.99 g Na / 35.44 Cl

$$\frac{\text{mass Cl}}{\text{mass Na}} = \frac{60.7}{39.3} = 1.54\ g \qquad \frac{\text{mass Cl}}{\text{mass Na}} = \frac{35.44}{22.99} = 1.54\ g$$

2) Law of Multiple Proportions (J. Dalton) قانون النسب المتضاعفة

When Two elements A and B Combine in different Proportions → different Compounds will be Formed.
عند اتحاد عنصرين بنسب مختلفة يكون مركبات مختلفة ويمكن التعبير عنها بنسب عددية صحيحة

Can be represented by a ratio of small numbers

For Example

CO_2 → 1 C : 2 O

Carbon dioxide كربون : أكسجين ثاني أكسيد الكربون

CO → 1 C : 1 O

Carbon monoxide كربون : أكسجين أول أكسيد الكربون

** John Dalton and atomic Theory النظرية الذرية لدالتون

① Each element is composed of tiny, indestructible particles called atoms كل عنصر يتكون من جزيئات دقيقة وغير قابلة للتجزئة تسمى الذرات

② An element's atoms are identical in size, mass, and chemical properties ذرات العنصر الواحد لها نفس الحجم والكتلة و الخواص الكيميائية

③ Molecules are simple whole number ratios of combined element ذرات العناصر ترتبط مع بعضها بنسب عددية صحيحة

④ Atoms of one element can't change into atoms of another element ذرات العنصر لا يمكن أن تتغير لذرات عنصر آخر

The Discovery of electron اكتشاف الإلكترون

J. J. Thomson → Cathode Ray Tube Exprriment
جوزيف طومسون تجربة أشعة المهبط

- Discovered The electron اكتشف الإلكترون
- Determined The electron's Charge-to mass Ratio حدد شحنة الإلكترون وكتلته

Plum-Pudding model of atom (J.J. Thomson)

- The atom is composed of positive cloud of matter in which electrons are embedded

أن الذرة متكونة من سحابة موجبة يتغلل من خلالها الإلكترونات

- Explains the positive (+), negative (-) charged behavior of matter

Millikans's oil Drop Exfriment تجربة ميليكان

↳ led To determing The charge of The electron

أدت إلى اكتشاف شحنة الإلكترون

★★ Electron charge = 1.60×10^{-19} C negative charge

شحنة الإلكترون شحنة سالبة

★★ Electron mass = 9.1×10^{-28} g is so small

كتلة الإلكترون صغيرة جداً

The Structure of The atom اكتشاف الذرة

Rutherford's [Gold Foil Experiment]
تجربة رذرفورد

- Discovered The atom's nucleus (Protons)
اكتشف النواة (البروتون)

- Disapproved The Plum budding model.

∴ Rutherford's model [The nuclear Theory] :-

1. The atom contains a tiny, dense center called nucleus
الذرة لها مركز صغير جداً وكثيف يدعى النواة

2. The nucleus has essentially The entire mass of The atom
تتركز كتلة الذرة في النواة لأن كتلة الإلكترونات صغيرة جداً

3. The nucleus is Positively charged
النواة موجبة الشحنة

4. The atom is Neutral → الذرة متعادلة الشحنة

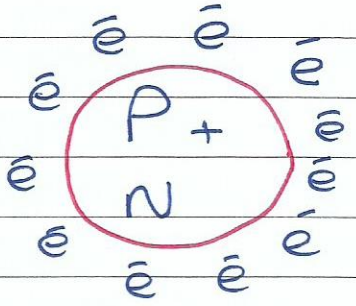
The amount of (+) Protons = The amount (-) electrons
عدد الشحنات السالبة (الإلكترونات) = عدد الشحنات الموجبة (البروتونات)

5. The electrons are dispresed in The empty space around The nucleus [most of The Volume of atoms is empty space)
ينتشر الإلكترون في الفراغ المحيط بالنواة
معظم حجم الذرة عبارة عن فراغ

The Discovery of Neutrons اكتشاف النيوترونات

J. Chadwick (تشادويك)

Neutral Particles within The nucleus atom
جزيئات متعادلة الشحنة داخل النواه



The Number of Protons located in the nucleus

determined The element's identity عدد البروتونات داخل النواه
هي التي تحدد هوية العنصر

∴ The Atomic mass (Z)

∴ The Atomic number (Z)

• It's number of Protons inside The nucleus
هو عدد البروتونات الموجودة داخل النواه

العدد الذري

mass number

$$^{A}_{Z}X$$

X → symbol الرمز

Z atomic number

• Considered as Finger Print of any element
يعتبر هو بصمة العنصر

Mass Number (A)

The sum of The number of Proton and neutron

مجموع عدد البروتونات والنيترونات

Note

- Each element has aunique name, symbol and atomic number

لكل عنصر اسم ورمز وعدد ذري خاص به

- The elements are arranged on The Periodic Table in order To increasing Their atomic numbers

تترتب العناصر في الجدول الدوري على حسب الزيادة في أعدادها الذرية

Isotopes النظائر

atoms of one element ذرات لعنصر واحد

⇒ have The same number of
- Protons عدد البروتونات
- electrons اة الكترونات
- atomic number العدد الذري

تتشابه في

- Chemically identical الخواص الكيميائية

⇒ but differ in The number of
- neutrons عدد النيترونات
- ~~atomic~~ mass No العدد الكتلي

تختلف في

Note Isotopes are Identified by Their mass number

ملحوظة النظائر تعرف بأعدادها الكتلية

Ions الأيونات

∴ an atom or group of atoms carrying a positive (+) or negative (-) charge

عبارة عن ذرة أو مجموعة من الذرات تحمل إشارة موجبة أو سالبة

Cations الكاتيون

atom loses é or more From outer shell (Valence)

ذرة فقدت إلكترون أو أكثر من غلاف التكافؤ

(+) charge شحنة موجبة

أ (P)(+) ↓ (ē)(-)

لأن عدد البروتونات الموجبة أكبر من الإلكترونات السالبة

Mg 12 Proton / 12 electron

Mg^{+2} 12 Proton / 10 electron

Anions الأنيون

atom gains ē or more into Valence shell

ذرة اكتسبت ē أو أكثر

(-) charge سالبة لشحنة

أ (ē) ↓ (P)

لأن الإلكترونات أعلى من الإلكترونات

F 9 Proton / 9 ē

F^- 9 Proton / 10 ē

Dmitri Mendeleev

- arranged The elements in order of increasing atomic mass رتب العناصر على حسب الزيادة في الكتلة الذرية
- Some Properties of Those elements recurred in aperiodic Pattern [in same column] خصائص بعض العناصر تتكرر بشكل دوري وتكون هذه العناصر في نفس المجموعة (العمود)

Periodic ⟹ Repeating Pattern

The Periodic law

when The elements are arranged in order of increasing mass, Certain sets of Properties recur Periodically

القانون الدوري: هو أن العناصر مرتبة في الجدول الدوري بناءعلى الزيادة في العدد الكتلي (مندليف)

The Modern Periodic Table

الجدول الدوري الحديث

∴ Henry Mosely ⇒ Use atomic number

رتب العناصر على حسب أعدادها الذرية

The modern Periodic Table Cosists of

1 ⇒ 7 Rows → Called Periods (1 - 7)

تسمى الدورات

2 ⇒ 18 Column → Called Groups or Families (1 - 18)

تسمى مجموعات أو عائلات

Called Family ⇒ because The elements have Similar Physical and chemical Properties

تسمى عائلات لأن العناصر لها نفس الخصائص الفيزيائية والكيميائية

Elements in The Periodic Table

العناصر في الجدول الدوري :

1- Metals الفلزات

2- Non metals اللافلزات

3- Metalloids أشباه الفلزات

Metals الفلزات on lower left side and middle of Periodic Table

Properties الخصائص

1- Good Conductors of heat and electricity
جيدة التوصيل للكهرباء والحرارة

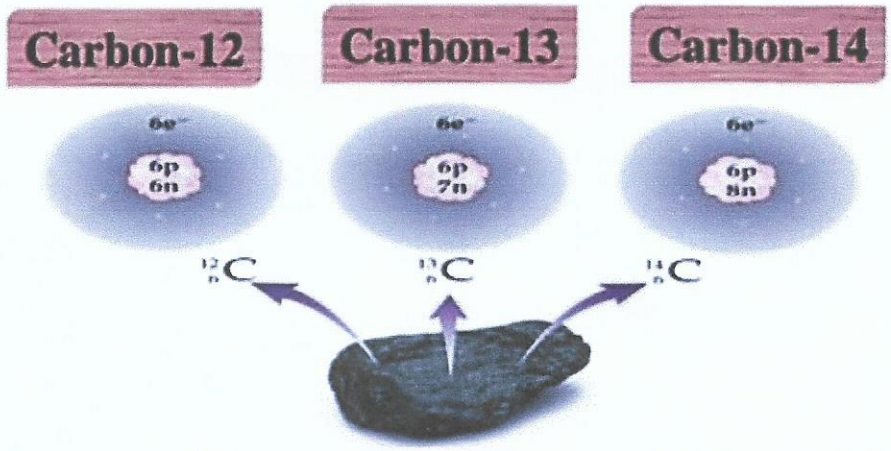
2- are Solid Except Mercury (Hg) → liquid
صلبة ماعدا الزئبق سائل

3- Malleability / ductility / shiny

4- Forming cations by losing electrons
تكون أيونات موجبة عند فقد إلكترونات طريقة

© 2019 Pearson Education, Inc. - This Presentation is NOT an Alternative to the Textbook!

Isotopes: An Example



	$^{12}_{6}C$	$^{13}_{6}C$	$^{14}_{6}C$
protons:	6 p^+	6 p^+	6 p^+
neutrons:	6 n	7 n	8 n
electrons:	6 e^-	6 e^-	6 e^-

© 2019 Pearson Education, Inc. - This Presentation is NOT an Alternative to the Textbook!

Exercise

How many protons, electrons, and neutrons are in the following atoms:

	protons	electrons	neutrons
$^{32}_{16}S$			
$^{65}_{29}Cu$			
U–240			

Note: Neutral atoms are having the same number of electrons as protons!

© 2019 Pearson Education, Inc. - This Presentation is NOT an Alternative to the Textbook!

Exercise

The Answer: How many protons, electrons, and neutrons are in the

Non metals اللافلزات

- on upper right side

Properties

- Poor conductors of heat and electricity
  ضعيفة التوصيل للحرارة والكهرباء
- found in 3 states of matter توجد في ٣ حالات
  (gases / liquid / solid)
  غاز سائل صلب
- brittle (not ductile and not malleable)
  هشة غير لينة غير قابلة للطرق والسحب
- gain electrons → forming anions
  تكتسب إلكترونات مكونة أيونات سالبة

Metalloids أشباه الفلزات

- Zigzag line → divides metals and non metals in The Periodic Table
  تفصل الفلزات عن اللافلزات في الجدول الدوري
- mixed properties of both metals and nonmetals
  لها خصائص مشتركة بين الفلزات واللافلزات
- Solids at room Temprature صلبة
- Semiconductors for electricity شبه موصلة للكهرباء
- Poor conductors of heat ضعيفة التوصيل للحرارة

* Main - Group elements عناصر المجموعة الرئيسية

- Groups with letter A → Their Properties are largly Predictable

1A - 2A - 3I → 18A

* Transition Elements or metals العناصر الإنتقالية

- Groups with letter B → Their Properties are less Predictable

3 → 12

* Group 1A [Alkali metals] الفلزات القلوية

- highly reactive metals فلزات نشطة جداً

Ex:. Sodium [Na] Explode Violenty ينفجر بشدة

* Group 2A [alkaline earth metals] فلزات قلوية أرضية

- Fairly reactive

* Group 7A [Halogens] [/Cl/ Br/ I

- Very reactive non metals.
- Found in nature as a salt

Group 8A [Noble gases] الغازات النبيلة

- Unreactive (inert) غير نشطة ـ خاملة

A. Main Group metal

→ lose electrons

→ Forming cations

→ Charge = Group number

[Na → Na^{+1} → 1A]

A - main Group nonmetal

→ Gain electrons

→ Forming anions

→ Charge = Group number minus eight

[N 5A → N^{-3}]

Transition elements العناصر الانتقالية

[تكون مختلفة أيونات متغيرة شحنات]

Form different ions with Variable Charge

$Fe \rightarrow Fe^{+2} / Fe^{+3}$

For Examples

- The Alkali metals (group 1A) → lose $^{+1}$ one electron
- The alkaline earth metals (group 2A) → lose Two $^{+2}$ electrons
- The Halogens (group 7A) → Gain one electron $^{-1}$
- The oxygen family nonmetals (group 6A)

  Gain Two electrons $^{-2}$ ions

Classify →

Sodium _ iodine _ Calcium _ barium

Krypton.

Orbitals and Quantum Numbers

★ Niels Bohr's Model

مسافات ثابتة مدارات دائرية تتحرك في الإلكترونات

The electrons move in spherical orbits at fixed distances from the nucleus (similar to solar system)

من النواة تشبه النظام الشمسي

★ Erwin Schrodinger

أكتشف معادلات لوصف حركة

→ develops equations to describe the motion of electrons الإلكترونات

→ lead to electron cloud model

نموذج السحابة الإلكترونية أدى إلى

Four Quantum Numbers

n Principle energy level

l orbital Types (s, p, d, f)

m_l orientation of orbitals

m_s spin of electron in orbital.

1) Principal Quantum Number, n

describe The energy level
لوصف مستويات الطاقة

2) Angular momentum Quantum Number, l

→ defines shape of orbitals s, p, d, f
لوصف شكل المدارات

3) Magnetic Quantum Number, m_l

- Three-dimensional orientation of The orbital

4) Spin Quantum number, m_s

- direction of The electron spin ↑ ↓

- In general, the atomic mass can be calculated using the equation:

$$\text{Atomic mass} = \sum_n (\text{fraction of isotope } n) \times (\text{mass of isotope } n)$$
$$= (\text{fraction of isotope 1} \times \text{mass of isotope 1})$$
$$+ (\text{fraction of isotope 2} \times \text{mass of isotope 2})$$
$$+ (\text{fraction of isotope 3} \times \text{mass of isotope 3}) + \ldots$$

Note: the fraction of each isotope = its natural abundance (%) / 100

© 2019 Pearson Education, Inc. - This Presentation is NOT an Alternative to the Textbook!

2.7 Atomic Mass: Example

example **Atomic Mass**

Copper has two naturally occurring isotopes: Cu-63 with mass 62.9396 amu and a natural abundance of 69.17%, and Cu-65 with mass 64.9278 amu and a natural abundance of 30.83%. Calculate the atomic mass of copper.

Solution

Convert the percent natural abundances into decimal form by dividing by 100.	Fraction Cu-63 = $\frac{69.17}{100}$ = 0.6917 Fraction Cu-65 = $\frac{30.83}{100}$ = 0.3083
calculate the atomic mass using the equation given in the text.	Atomic mass = 0.6917(62.9396 amu) + 0.3083(64.9278 amu) = 43.5353 amu + 20.0172 amu = 63.5525 = 63.55 amu

- **Exercise**: Naturally occurring chlorine consists of 75.77% chlorine-35 atoms (mass 34.97 amu) and 24.23% chlorine-37 atoms (mass 36.97 amu). Calculate the atomic mass of chlorine.
- **Answer**: The Atomic Mass of Cl = 8.9578 + 26.4968 = 35.45 amu

Electron Configuration التوزيع الإلكتروني

* Each orbital in any sublevel is able to hold a maximum 2 electrons كل مدار أقصى سعة له إلكترونان

① S → one orbital → 2 electrons ↑↓

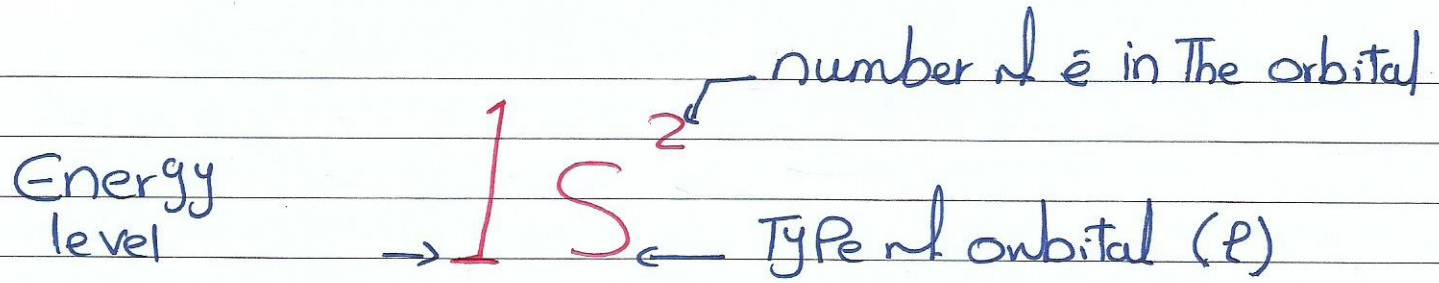
② P → Three orbitals → 6 electrons ↑↓ ↑↓ ↑↓

③ d → Five orbitals → 10 electrons ↑↓ ↑↓ ↑↓ ↑↓ ↑↓

④ F → Seven orbitals → 14 electron ↑↓ ↑↓ ↑↓ ↑↓ ↑↓ ↑↓ ↑↓

Electron Capality $= 2n^2$

n = عدد مستويات الطاقة الرئيسي



Pauli Exclusion Principle مبدأ باولى للعدد التصاعدى

In the same atom → No Two e have the same Four Quantum numbers

Aufau Principle مبدأ أوفباو للعدد التصاعدى

- Lower Energy orbital fill before higher energy.
- orbital hold only Two e in opposite direction (Pauli)

Hund's Rule when filling degenerate orbitals

The electrons fill them singly first with Parallel spins.

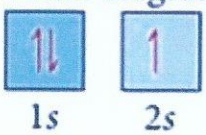
مثال

1S 2S 2P 3S 3P 4S 3d 4P 5S 4d 5P
6S 4F 5d 6P 7S 5f 6d 7P

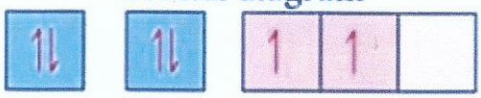
© 2019 Pearson Education, Inc. - This Presentation is NOT an Alternative to the Textbook!

Electron Configurations: Examples

- **Lithium (Li)** has an atomic number of 3, so to be neutral it must have 3 electrons:

Electron configuration		Orbital diagram
Li	$1s^2 2s^1$	

- **Carbon (C)** has an atomic number of 6, so to be neutral it must have 6 electrons:

Electron configuration		Orbital diagram
C	$1s^2 2s^2 2p^2$	

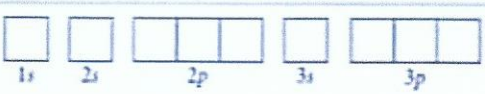
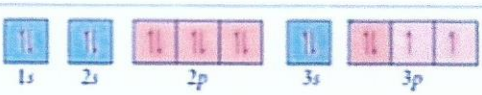
© 2019 Pearson Education, Inc. - This Presentation is NOT an Alternative to the Textbook!

Electron Configurations: Examples

EXAMPLE Writing Orbital Diagrams

Write an orbital diagram for sulfur and determine the number of unpaired electrons.

SOLUTION

Since sulfur is atomic number 16 it has 16 electrons and the electron configuration is $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$. Draw a box for each orbital putting the lowest energy orbital (1*s*) on the far left and proceeding to orbitals of higher energy to the right.	
Distribute the 16 electrons into the boxes representing the orbitals allowing a maximum of two electrons per orbital and remembering Hund's rule. You can see from the diagram that sulfur has two unpaired electrons.	

Example: Write the electron configuration for the following elements: **Mg, P, Br, and Al**

Mg	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$
P	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3$
Br	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^5$
Al	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$

© 2019 Pearson Education, Inc. - This Presentation is NOT an Alternative to the Textbook!

Electron Configurations: Examples

2.10 Electron Configurations: Valence Electrons & Core Electrons

- **Valence Electrons**: electrons in all the sublevels within the highest principal energy level (***n***).
  - ✓ One of the most important factors in the way an atom behaves, both chemically and physically, is the number of its "valence electrons".
  - ✓ The highest principal energy level is also known as "the valence shell"
  - ✓ Valence electrons in atoms participate in:
    - ✓ Bonding
    - ✓ Making cations (by losing e^-)
    - ✓ Making anions (by gaining e^-)
- **Core Electrons**: electrons in all lower energy levels (i.e. all shells except the valence shell).

© 2019 Pearson Education, Inc. - This Presentation is NOT an Alternative to the Textbook!

2.10 Electron Configurations: Valence Electrons & Core Electrons

Example: How many valence and core electrons are in **Si** and **Ge** atoms?

Si $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^2$

Core electrons — Valence electrons

Ge $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^2$

4 valence electrons

28 core electrons

Exercise: Draw the orbital diagram and indicate how many valence and core electrons are in: Ne, Kr, Al, Cl, O, F, S and Be neutral atoms (atoms in their ground states, i.e. not ions)?

© 2019 Pearson Education, Inc. - This Presentation is NOT an Alternative to the Textbook!

2.10 Electron Configurations: Valence Electrons & Core Electrons