الفصل 2

النظرية الذرية
The Atomic Theory

لقد أخترت كلمة الذرة للدلالة على الدقائق المتناهية الصغر مفضلا ذلك على أي تعبير آخر. لأن كلمة ذرة تعني الذي لايقبل التجزئة. وجميع التغييرات التي يمكن أن تحدث، لا تتعدى عن فصل الدقائق التي كانت ملتصقة ببعضها أو مشاركة الدقائق التي كانت بعيدة عن بعضها.

جون دالتون 1766 - 1848

أفكار رئيسة:

1. يمكن اعتبار بداية الكيمياء الحديثة مع ظهور نظرية دالتون الذرية التي تقول أن جميع المواد مؤلفة من دقائق صغيرة غير قابلة للتجزئة وتسمى ذرات. وجميع ذرات نفس العنصر واحدة وتتألف المركبات من ذرات عناصر مختلفة مجتمعة بنسب صحيحة. وهذه الذرات لا تتشكل أو تخرب في التفاعلات الكيميائية (قانون حفظ الكتلة).

2. عندما تتحد ذرات عناصر مركب محدد. هذا الاتحاد يتم دائماً بنفس النسب الكتلية (قانون النسب المحددة). وعندما يتحد عنصران ويتشكل أكثر من نوع للمركب .فإن الكتلة أحد العناصر التي تتحد مع مقدار معين من العنصر الآخر تكون بنسبة أعداد صحيحة صغيرة فيما بينها (قانون النسب المضاعفة) .

3. تتألف الذرة من نواة ذات كثافة عالية جداً مكونة من بروتونات ونيوترونات بالإضافة إلى الكترونات تتحرك حول النواة على بعد كبير نسبياً. البروتونات مشحونة ايجابياً بينما النيوترونات فهي عديمة الشحنة، والالكترونات مشحونة بشحنة سالبة تساوي تقريباً كتلة البروتون كتلة النيوترون وهذه الكتلة أكبر من كتلة الالكترون بحوالي 1840 مرة .

4. يعبر عن العدد الذري لعنصر ما بعدد البروتونات الموجودة في نواة الذرة للعنصر. وهو الذي يحدد هوية العنصر.
العدد الكتلي (الكتلة) هو مجموع البروتونات والنيوترونات الموجودة في العنصر.
النظائر هي ذرات نفس العنصر التي لها نفس عدد البروتونات وتختلف بعدد النيوترونات.

5. المركبات الكيميائية إما أن تكون مركبات جزيئية أو مركبات شاردية (ايونية). أي مؤلفة من شوارد موجبة وسالبة مرتبطة ببعضها بالتجاذب المتبادل بين الشوارد . وتتشكل المركبات الشاردية من كاتيونات وأنيونات تشكلت من فقدان الكترونات أو اكتساب الكترونات على التوالي.
(Ref. R.Chang P.42-49)

2. 1. مقدمة

اقترح الفيلسوف اليوناني ديموقريتس في القرن الخامس قبل الميلاد أن المادة مؤلفة من دقائق صغيرة جدا غير قابلة للانقسام. وسمى هذه الدقائق أتوموس (Atomos) التي تعني غير القابل للانقسام. وبقي هذا الاعتقاد سائدا حتى بداية القرن التاسع عشر، عندما اقترح العالم الانكليزي دالتون (Dalton،1808) تعريفاً جديداً ودقيقاً حول مكونات المادة الأساسية والتي تسمى ذرات (Atoms). ارتكز دالتون بتعريفه الجديد الذي أصبح معروفاً باسم نظرية دالتون الذرية المرتكزة على النقاط التالية:

1- تتألف العناصر (Elements) من ذقائق صغيرة جدا تدعى ذرات.

2- جميع الذرات المشكّلة للعنصر لها نفس الحجم والكتلة والخواص الكيميائية. وتختلف الذرات باختلاف العناصر.

3- تتألف المركبات (Compounds) من ذرات لأكثر من عنصر. وفي أي مركب تكون نسبة عدد الذرات لأي عنصرين موجودين في المركب هي إما أعداد صحيحة أو كسر بسيط.

4- في أي تفاعل كيميائي يحدث إما فصل أو جمع أو إعادة ترتيب للذرات. ولا يحدث لها أي تخريب أو خلق ذرات جديدة.

Dalton's Atomic Theory (1808)

1. ***Elements*** are composed of extremely small particales called ***atoms*** of a given element are identical, having the same size, mass and chemical properties. The atoms of one element are different from the atoms of all other elements.
2. ***Compounds*** are composed of atoms of more than one element. The relative number of atoms of each element in a given compound is always the same.
3. Chemical reactions only involve the rearrangement of atoms. Atoms are not created or destroyed in chemical reactions.

استطاعت نظرية دالتون أن تتناغم مع القوانين الآتية:

1- **قانون النسب المحددة (Law of Definite Proportion) والذي نصه:** تحوي العينات المختلفة من نفس المركب دائماً العناصر المكونة للمركب بنفس النسب الكتلية. مثال على ذلك: إذا أردنا تحليل عينات من غاز ثاني أكسيد الكربون ذات المصدر المختلف. سوف نجد أنه في كل عينة ستكون نسبة الكربون إلى الأكسجين ثابتة.

2- **قانون النسب المضاعفة (The Law of Multiple Proportions) ينصّ القانون على:** إذا استطاع عنصران الاتحاد لتشكيل أكثر من مركب، فإن كتل أحد العناصر التي تتحد مع كتلة ثابتة (محددة) لعنصر آخر تكون بنسب أعداد صحيحة. يمكن توضيح ذلك بالمثال الآتي:
يستطيع عنصر الكربون تشكيل مركبين مختلفين مع الأكسجين (أول أكسيد الكربون وثاني أكسيد الكربون). بيّنت التحاليل الكيميائية أن ذرة كربون تتحد مع ذرة أكسجين واحدة مشكلة مركب أول أكسيد الكربون، ويمكن أيضاً لذرة الكربون أن تتحد مع ذرتي أكسجين لتشكل مركب ثاني أكسيد الكربون. إذن نسبة الأكسجين للكربون في المركبين هي 1:2 .

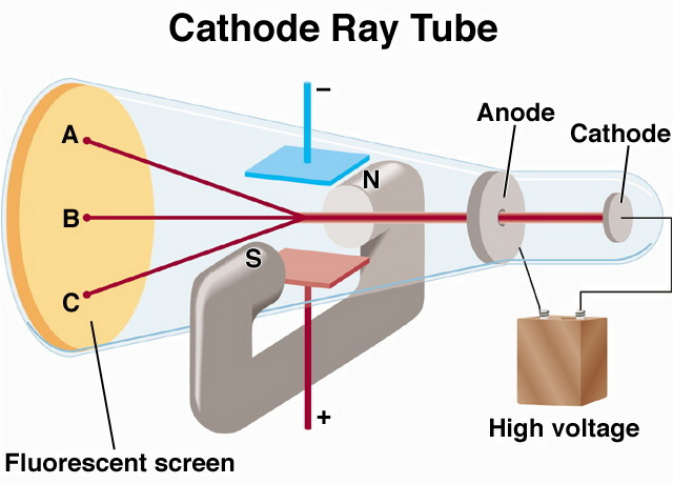
3- **قانون حفظ الكتلة (The Law of Conservation of Mass)** والذي ينص على: المادة مصونة لا تخلق ولا تفنى. فالمادة مؤلفة من ذرات لا تتغير في التفاعل الكيميائي.

2. 2. بنية الذرة The structure of the atom (Ref. R.Chang P. 43)

يمكن بالاعتماد على نظرية دالتون تعريف الذرة على أنها الوحدة الأساسية لعنصر ما وتستطيع أن تدخل في تفاعل كيميائي، معتبراً الذرة أنها متناهية الصغر وغير قابلة للتجزئة.
مع بداية المنتصف الثاني من القرن التاسع عشر ودخولاً بالقرن العشرين، تبيّن أن الذرات تملك فعلاً بنية داخلية، أي أنها مؤلفة من دقائق أصغر منها تدعى Subatomic Particles. أدّت الأبحاث للكشف عن هذه الدقائق الموجودة في الذرة أهمها كما سنرى الالكترونات والبروتونات والنيوترونات.

2. 3. الالكترون The Electron

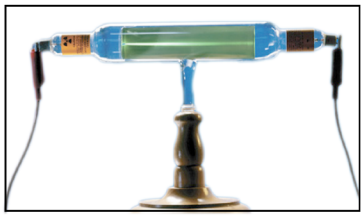
يبين الشكل المرفق نموذج لأنبوبة أشعة مهبطية (Cathode Rays) مع حقل كهربائي عمودي على مسار الأشعة المهبطية (صادرة من المهبط) وحقل مغناطيسي خارجي. وكما هو موضح في الشكل، تصطدم الأشعة المهبطيةبنهاية الأنبوبةعند النقطة A في حال وجود الحقل المغناطيسي. وعند النقطة C بعد تطبيق الحقل الكهربائي وعند النقطة B عندما يطبق الحقلان الكهربائي والمغناطيسي أو في حال غيابهمافانهمالا يؤثران على مسار الأشعة المهبطية. دعيت دقائق هذه الأشعة الصادرة بالالكترونات.

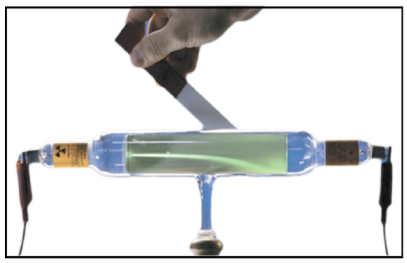


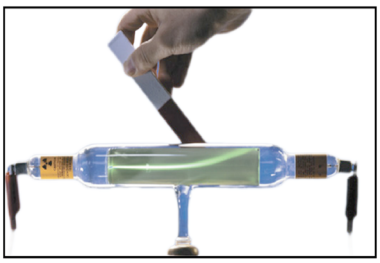
J.J. Thomson, measured mass/charge of e⁻

(1906 Nobel Prize in Physics) 2.2

تبين الأشكال المرفقة أنبوبة أشعة مهبطية توضيحية وانحراف مسارها بعد تطبيق حقل مغناطيسي كما مبين في هذه الأشكال.







2.2

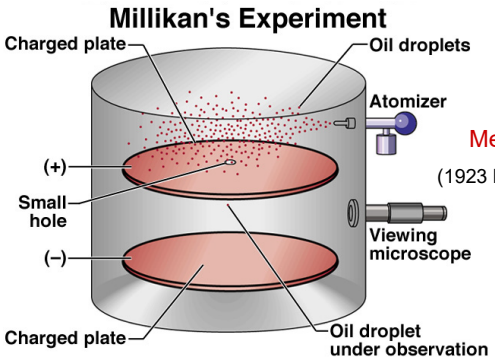
استفاد العالم الفيزيائي تومسون J.J. Thomson من خاصية الأشعة المهبطية، واستطاع تحديد نسبة الشحنة الكهربائية إلى كتلة الكترون مفرد. ووصل إلى النتيجة:

$$\frac{e}{m} = -1.76 \times 10^{8}\ \text{c/g}$$

حيث C = وحدة الشحنة الكهربائية كولومب (Coulomb)

بعد تومسون قام العالم الفيزيائي مليكان (R.A.Millikan 1917) بعدة تجارب استطاع من خلالها تحديد شحنة الالكترون المفرد وكانت مساوية إلى (- 1.602 × 10⁻¹⁹C) ومن بعدها حسبت كتلة الالكترون

$$m = e/- 1.76 \times 10^{8}\ c/g$$
$$= - 1.602 \times 10^{-19}\ c/- 1.76 \times 10^{8}\ g$$
$$= 9.10 \times 10^{-28}\ g$$



Measured mass of e⁻

(1923 Nobel Prize in Physics)

e⁻ charge = -1.60×10^{-19} C

Thomson's charge/mass of e⁻ = -1.76×10^{8} C/g

e⁻ mass = 9.10×10^{-28} g

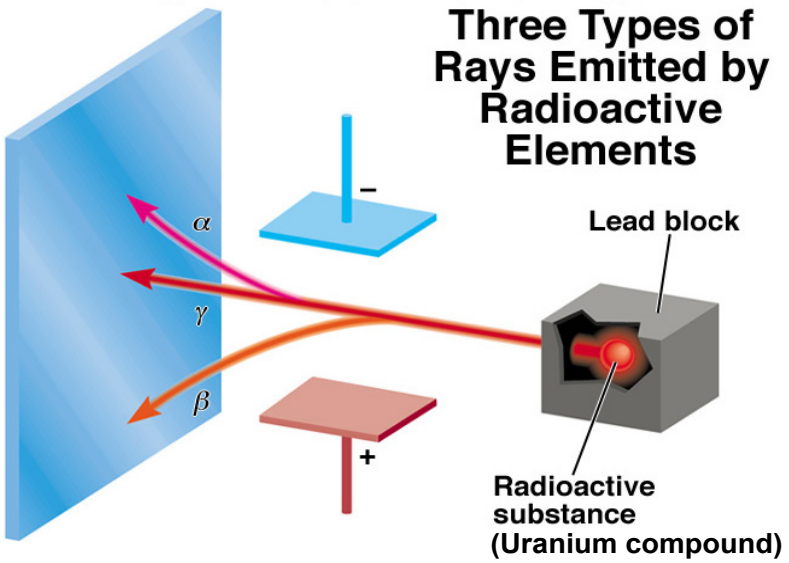
2.2

2. 3. 1. النشاط الإشعاعي (Ref. R.Chang P. 4) 10-Radioactivity:

ساهمت ملاحظات الفيزيائي رونتجن (W.Rontgen 1895) حول ظاهرة التألق عند اصطدام الأشعة المهبطية بمواد مختلفة، وصدور أشعة غريبة من الزجاج والمعادن التي تتعرض للأشعة المهبطية عرفت بأشعة X. وفي نفس الفترة أبدى الفيزيائي بيكرل (A. Becquere) اهتماماً بظاهرة التألق (Fluorescent) للمواد. وبمحض الصدفة لاحظ أن بعض مركبات اليورانيوم أفسدت لوحات تصوير مغلّفة بشكل محكم. وتبين أن أشعة (أشعة مجهولة الهوية) قد صدرت عن مركب اليورانيوم. ولا تتأثر هذه الأشعة بالحقل الكهربائي أو المغناطيسي، ولكنها تختلف عن أشعة X، كونها تصدر تلقائياً من مركب اليورانيوم. اقترح أحد طلاب بيكرل (ماري كوري M. Curie) اسم النشاط الإشعاعي لوصف ظاهرة الانبعاث التلقائي للدقائق أو للإشعاع (Radiation).

يجب ألا ينظر الى العمل العلمي من زاوية الإستفادة
المباشرة منه، بل يجب أن ينجز بقصد العلم ولجمال العلم
وبعد ذلك توجد دائما فرصة الإستفادة من الإكتشاف العلمي
- كما هو الحال مع عنصر الراديوم- لمنفعة البشرية.

ماري كوري -1867 M. Curie 1934



2.2

بينت الدراسات اللاحقة أن الأشعة الصادرة من مركب اليورانيوم (مادة فعالة إشعاعياً) مؤلفة من ثلاثة أنواع من الأشعة عرفت فيما بعد كما يلي:

a) أشعة ألفا Alpha Rays (α) مؤلفة من دقائق موجبة الشحنة لذلك سميت بدقائق ألفا (α-Particles).

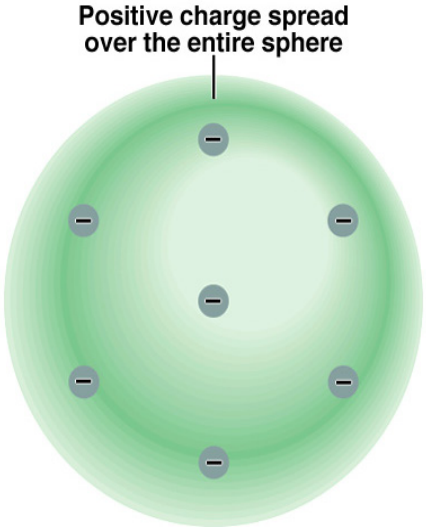
b) أشعة بيتا Beta Rays (β) وهي عبارة عن الكترونات أي ذات شحنة سالبة، وسميت بدقائق بيتا (β-Particles).

c) أشعة غاما Gamma Rays (γ) ذات الطاقة العالية المشابهة لأشعة X وغير مشحونة كهربائياً.

2. 3. 2. البروتون والنواة (Ref. R.Chang P. 46) The Proton & The Nucleus:

مع بداية القرن العشرين أصبح واضحاً أن الذرة تحوي الكترونات وهي متعادلة كهربائياً. وللحفاظ على التعادل الكهربائي للذرة، لابد أن تحوي الذرة على عدد متساوٍ من الشحن الموجبة والسالبة. وبناءً على هذه المعلومات، اقترح العالم تومسون نموذجاً ذريّاً على هيئة كرة متجانسة الشحنة الموجبة ومغموس فيها الالكترونات (برتقالة تومسون، حيث تمثّل بذورها الالكترونات).

Thomson's Model of the Atom

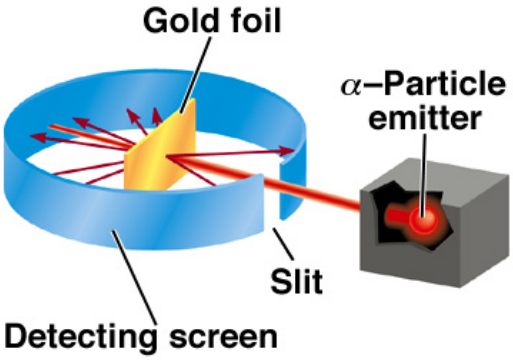


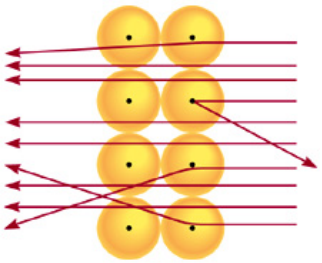
2.2

في عام 1910 قام الفيزيائي رذرفورد (E. Rutherford) بتجربته الشهيرة مستخدماً دقائق ألفا لمعرفة بنية الذرة. يبيّن الشكل المرفق نموذج للتجربة.

Rutherford's Experimental Design

(1908 Nobel Prize in Chemistry)





α particle velocity ~ 1.4 x 10^7 m/s
(~5% speed of light)

1. atoms positive charge is concentrated in the nucleus
2. proton (p) has opposite (+) charge of electron (-)
3. mass of p is 1840 x mass of e^- (1.67 x 10^{-24} g)

2.2

حيث قذف دقائق ألفا على صفيحة رقيقة جداً (حوالي 10^{-4}سم سماكة) من الذهب، لاحظ رذرفورد ومساعده جيجر (Geiger) وأحد طلابه الجامعيين أن معظم دقائق ألفا قد اخترقت صفيحة الذهب دون

انحراف عن مسارها مع عدد قليل منها انحرف مسارها وعدد أقل إما انحرف كثيراً أو ارتدّ كلياً (انظر الشكل التخطيطي لمسار دقائق ألفا). وكانت هذه الملاحظات مدهشة جداً لرذرفورد ومناقضة لنموذج توموسون الذري). مما جعله يقول الآتي: إن هذا لا يصدّق، إذ عليك أن تتخيل أنك أطلقت طلقة مدفع (عيار 15 انش) على قطعة من الورق، وقد ارتدت هذه الطلقة إليك.

من نتائج تجربته، حاول رذرفورد وضع نموذجا آخر لبنية الذرة. فقد اعتبر أن معظم الذرة فراغاً بحيث يسمح لمعظم دقائق ألفا عبور صفيحة الذهب دون انحراف أو انحرافاً قليلاً، والشحن الموجبةفي الذرة متمركزة فيما يسمى النواة (nucleus) ذات الكثافة العالية داخل الذرة، وهي المسؤول عن الانحراف الكبير أو الارتداد لدقائق ألفا بسبب قوى التنافر بين النواة ودقائق ألفا.

سميت الدقائق المشحونة إيجابياً في النواة بالبروتونات (Protons)، ووجد من تجارب لاحقة أن مقدار الشحنة الموجبة على كل بروتون تساوي كمياً مقدار شحنة الالكترون السالبة، ولكن كتلة البروتون أكبر من كتلة الالكترون بحوالي 1840 مرة أي تساوي (1.67×10^{-24} g).

أصبح يُنظر إلى نموذج الذرة على الشكل الآتي: تشكل كتلة النواة معظم كتلة الذرة، ولكنها لا تشكل إلا حيزاً صغيراً جداً يمثل حوالي $1/10^{13}$ من حجم الذرة.

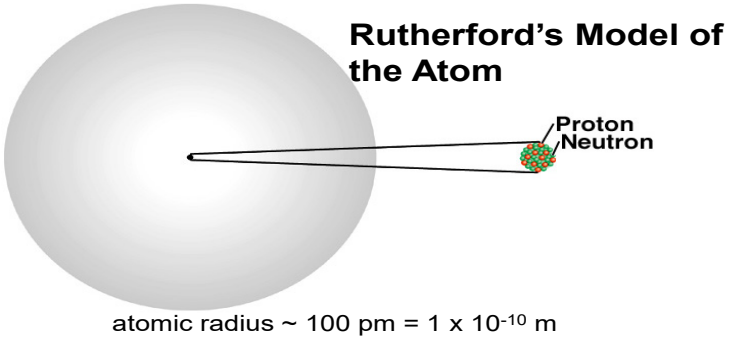
2. 3. 3. النيوترون : The Nutron (Ref. R.Chang P48)

لم يستطع نموذج رذرفورد الذري الإجابة على معظم الإشكالات المتعلقة بالبنية الذرية. فمثلاً كان معلوماً أن ذرة الهيدروجن (أبسط ذرة) تحوي بروتونا واحدا،وتحوي ذرة الهليوم على بروتونين،إذن يجب أن تكون نسبة كتلة الهليوم إلى الهيدروجن 2:1 مع إهمال لكتلة الالكترون الصغيرة، ولكن في الحقيقة إن النسبة الصحيحة هي 4:1.

لذلك اقترح رذرفورد وآخرون وجود نوع آخر من الدقائق في نواة الذرة وهي غير مشحونة كهربائياً. وقد اكتشفت هذه الدقيقة لاحقا.

فبعد حوالي عشرين عاماً استطاع الفيزيائي (J.Chadwick 1932) الكشف عن هذه الدقيقة المجهولة وسماها النيوترونات (nutrons) غير المشحونة كهربائياً، وذات كتلة أكبر قليلاً من كتلة البروتونات.

إذن، إذا كانت ذرة الهليوم تحوي في نواتها على بروتونين وعلى نيوترونين نجد أن نسبة كتلة ذرة الهليوم إلى كتلة ذرة الهيدروجن تصبح 4:1 وهذا مطابق للواقع.



atomic radius ~ 100 pm = 1 x 10^{-10} m

nuclear radius ~ 5 x 10^{-3} pm = 5 x 10^{-15} m

2.2

وهكذا تم الكشف عن المكونات الأساسية للذرة التي تهم الكيميائي وهي الالكترون، والبروتون والنيوترون. يبين الجدول المرفق كتل وشحن هذه الدقائق الثلاث.

2. 3. 4. العدد الذري وعدد الكتلة (رقم الكتلة) والنظائر

(Ref. R.Chang P.49) Atomic number، Mass number &Isotopes

يمكن تعريف جميع الذرات بعدد الكتروناتها وبروتوناتها. يدعى عدد البروتونات الموجود في نواة كل ذرة لعنصر ما بالعددالذري ويرمز له بـ (Z). وفي الذرة المتعادلة يساوي عدد الالكترونات إلى عدد البروتونات، وبالتالي يدل العدد الذري إلى عدد الالكترونات في الذرة. مثال على ذلك، أن العدد الذري للنيتروجن هو 7، وهذا يعني أن كل ذرة نيتروجن متعادلة تحوي 7 بروتونات و7 الكترونات. يمكن النظر إليها من زاوية أخرى، بالقول إن كل ذرة في الكون تحوي 7 بروتونات هي فعلاً ذرة يمكن تسميتها نيتروجن.

أما عدد الكتلة (A) فهو يعبر عن العدد الكلي للنيوترونات والبروتونات الموجودة في نواة ذرة عنصر ما، ما عدا عنصر الهيدروجن العادي الذي يحوي فقط على بروتون واحد ف النواة بدون نيوترنات.

Atomic number (Z) = number of protons in nucleus

Mass number (A) = number of protons + number of neutrons

= atomic number (Z) + number of neutrons

Isotopes are atoms of the same element (X) with different numbers of neutrons in their nuclei

Mass Number → $^{A}_{Z}X$ ← Element Symbol
Atomic Number →

$^{1}_{1}H$ $^{2}_{1}H$ (D) $^{3}_{1}H$ (T)

$^{235}_{92}U$ $^{238}_{92}U$

2.3

في معظم الحالات، وليس بالضرورة أن يكون لذرات عنصر ما نفس الكتلة. تدعى الذرات التي لها نفس العدد الذري وتختلف بعدد الكتلة بالنظائر (Isotopes). مثال على ذلك، يوجد لعنصر الهيدروجن ثلاثة نظائر. الأول يدعى فقط هيدروجين (يحوي بروتون واحد، ولا نيوترون) والنظير الثاني يدعى ديوتوريوم (Deuterium) ويحوي بروتون واحد ونيوترون واحد، والنظير الثالث ويدعى تريتيوم (Tri-tium) ويحوي بروتون واحد ونيوترونين.

وبما أن الخواص الكيميائية لعنصر ما، تحدد عادة بالكتروناتها وبروتوناتها، لأن النيوترونات لا تلعب دوراً (بشكل عام) في التغيرات الكيميائية، لذلك نجد أن الخواص الكيميائية لنظائر نفس العنصر هي خواص متماثلة.

تعابير كيميائية ذات معنى مهم

- القوانين الرئيسة في علم الكيمياء:

1- قانون حفظ المادة

2- قانون النسب المحددة

3- قانون النسب المضاعفة

- نظرية دالتون الذرية

1- تتألف جميع العناصر من ذرات

2- جميع ذرات العنصر الواحد متماثلة

3- تتشكل المركبات الكيميائية من اتحاد ذرات مختلفة

4- لاتتغير الذرات بالتفاعلات الكيميائية. والذي يحدث تغير في طريقة ارتباطها ببعضها

- لاتخرب الذرة من خلال دخولها تفاعلات كيميائية.
- نفاعل مواد مع بعضها يعطي مواد جديدة (مركبات).
- جميع الذرات الموجودة في المواد المتفاعلة ، موجودة أيضا في المركبات الناتجة .
- التجارب الذرية ونماذج الذرات التي اجريت في الأيام الأولى من عصر النهضة الحديث.

1- تجربة تومسون ونموذجه الذري.

2- تجربة مليكان .

3- تجربة ونموذج رذرفورد

4- النموذج النووي.

- البنية الذرية:

1- يوجد في النواة صغيرة الحجم وثقيلة البروتونات والنيوترونات.

2- للبروتونات شحنة موجبة.

3- النيوترونات عديمة الشحنة.

4- تستقر الإلكترونات خارج النواة وعلى بعد كبير منها.

5- تحمل الإلكترونات شحنة سالبة، وكتلتها صغيرة تساوي تقريبا 1840/1 من كتلة البروتون.

6- تتحد الذرات مع بعضها لتشكل جزيئات من خلال مشاركتها الكترونات ، وينشأ عن ذلك رابطة مشتركة.

7- تتشكل الأيونات (الشوارد) :

- الكاتيونات (الشوارد الموجبة) بعد فقدان الكترون ، وتصبح مشحونة بشحنة موجبة.
- الأنيونات (الشوارد السالبة) بعد اكتساب الكترونا، وتصبح مشحونة بشحنة سالبة.
- الرابط الأيونية (الرابطة الشاردية) تتشكل من التفاعل البيني للكاتيونات والأنيونات.

1- العدد الذري هو عدد البروتونات في النواة.

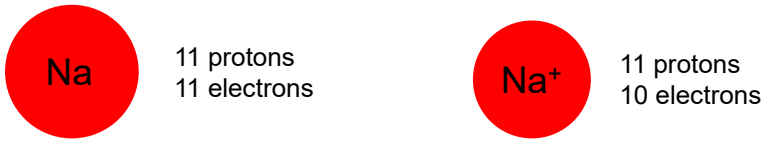
2- العدد الكتلي هو مجموع عدد البروتونات والنيوترونات.

- النظائر: هي ذرات نفس العنصر لها نفس العدد الذري ولكنها تختلف في العدد الكتلي (في عدد النيوترونات).

An *ion* is an atom, or group of atoms, that has a net positive or negative charge.

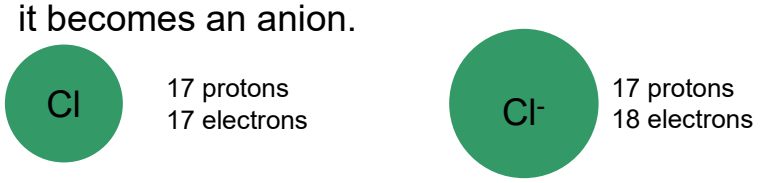
cation – ion with a positive charge

If a neutral atom **loses** one or more electrons it becomes a cation.



anion – ion with a negative charge

If a neutral atom **gains** one or more electrons it becomes an anion.



2.5

A *monatomic ion* contains only one atom

Na^+, Cl^-, Ca^{2+}, O^{2-}, Al^{3+}, N^{3-}

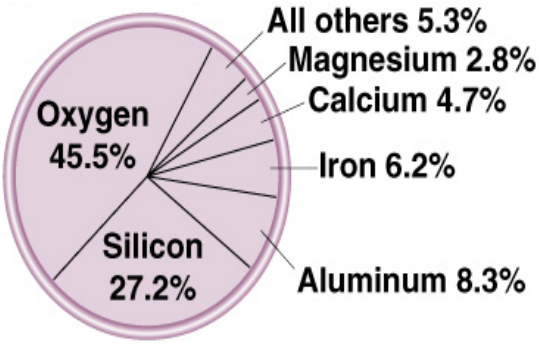
A *polyatomic ion* contains more than one atom

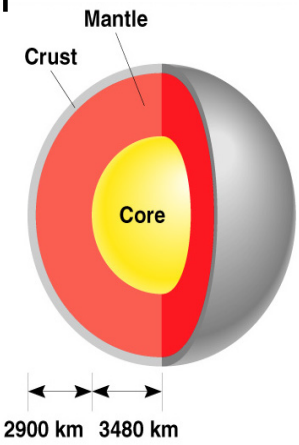
OH^-, CN^-, NH_4^+, NO_3^-

2.5

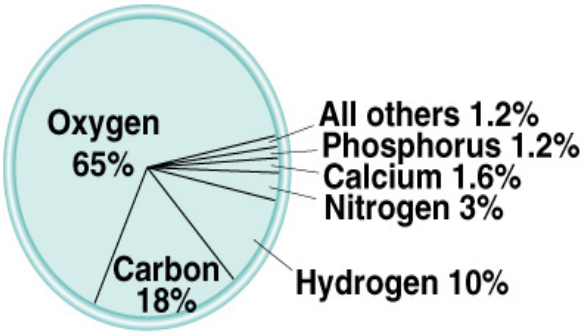
Chemistry In Action

Natural abundance of elements in Earth's crust





Natural abundance of elements in human body



2.4

إضافات مدرس المقرر