

المحور الثاني :
مكونات المادة

الوحدة 4
س 4

نموذج الذرة

Le modèle de l'atome

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ
بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ
بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

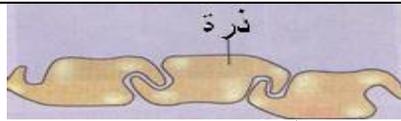
الجدع المشترك
الكيمياء

1- التطور التاريخي لنموذج الذرة :

1-1- نشأته :

لقد تم التفكير في بنية المادة منذ القدم إذ ناقش الفلاسفة اليونانيون موضوع المادة الأولية للكون ، فحوالي 400 سنة قبل الميلاد تصور ديمقريطس أن المادة تتكون من دقائق لا متناهية في الصغر وغير قابلة للانقسام ولا ترى بالعين المجردة سماها الذرات . وقد افترض أن هذه الذرات ممتلئة وغير متشابهة ، ولها أشكال مقوسة تمكنها من الاتحاد فيما بينها لتكون المادة المحيطة بنا . ولكن الفيلسوف اليوناني أرسطو (384 – 322 ق م) تخلى عن هذه الفكرة واعتبر أن المادة قابلة للانقسام إلى ما لا نهاية ، وأن المادة تشغل كل الفضاء بشكل مستمر ، وأنها تتكون من أربعة عناصر هي النار والماء والهواء والتراب . وقد تم العمل بهذه الفكرة حوالي عشرين قرنا إلى أن جاء الفيزيائي والكيميائي البريطاني جون دالتون (1776 – 1844 م) فتخلى بدوره عن فكرة أرسطو الخاطئة ، واعتمد في أبحاثه على نظرية ديمقريطس . وفي سنة 1805 م أكد دالتون تجريبيًا وجود الذرات ، وفي سنة 1808 م أعطى أول رموز للذرات ، ووضع فرضيته المبنية على أن الذرات كروية الشكل وذات كتل مختلفة وأنها تتحد فيما بينها لتشكيل المادة وفق تناسبات بسيطة وثابتة .

وفي سنة 1895 م قام العالم البريطاني ويليامس كروكس (1832 – 1919 م) بتجربة استعمل فيها أنبوبا من زجاج يحمل اسمه إلى اليوم ، فحصل على أشعة تنبعث من الكاثود سماها أشعة كاثودية ، وأثبت أنها مشحونة كهربائيا لكونها انحرفت تحت تأثير مجال مغنطيسي . وفي سنة 1897 م أثبت تجريبا العالم البريطاني جوزيف جون تومسون (1856 – 1940 م) أن الأشعة الكاثودية تتكون من شحنات سالبة انتزعت من الكاثود وهي الإلكترونات ، واقترح نموذجا للذرة اعتبر فيه الذرة كرة مكونة من مادة موجبة الشحنة مبقعة بدقائق سالبة الشحنة (الإلكترونات) . وأجرى العالم البريطاني إرنست رذرفورد (1871 – 1937) ومساعدوه تجربته الشهيرة سنة 1909 م حيث قام بتعريض صفيحة رقيقة جدا من الذهب لسيل من الدقائق الموجبة α (أيونات الهيليوم فقدت إلكترونين والناجمة عن مادة مشعة) ، فلاحظ أن 1/20000 إلى 1/30000 من الدقائق α انعكست على صفيحة الذهب ، بينما اخترق معظمها الصفيحة دون انحراف ، والقليل منها اخترقها مع تغيير في مساره . فاقترح رذرفورد سنة 1911 م نموذجا جديدا للذرة شبيها فيه بالنظام الشمسي ، حيث تتكون الذرة من نواة تدور حولها الإلكترونات وهي متعادلة كهربائيا وقطرها أكبر مئة ألف مرة من قطر نواتها . وفي سنة 1913 م طور العالم الفيزيائي الدانيماركي نيلس بوهر (1885 – 1962 م) نموذج رذرفورد ، حيث وضع في نمودجه أن الإلكترونات تدور حول النواة في مدارات دائرية موزعة بشكل غير مستمر . لكن هذا النموذج واجه انتقادات عديدة واعتمادا على أبحاث شروينغر (1887 – 1961 م) و دي بروكلي (1892 – 1987 م) تم في سنة 1926 م وضع النموذج المعتمد حاليا ، والذي يعتبر الذرة تتكون من نواة موجبة الشحنة محاطة بسحابة إلكترونية .



شكل الذرات كما تصوره ديمقريطس



رموز بعض الذرات كما أعطاها دالتون

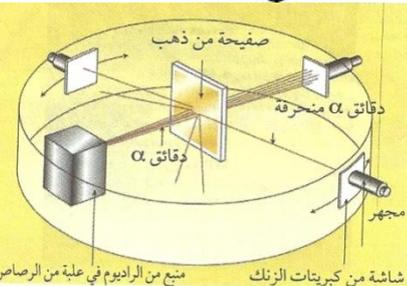


مبدأ أنبوب كروكس

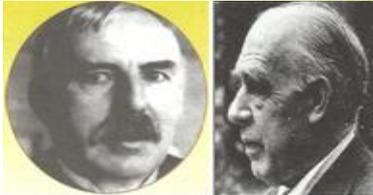


مادة موجبة الشحنة

نموذج تومسون للذرة

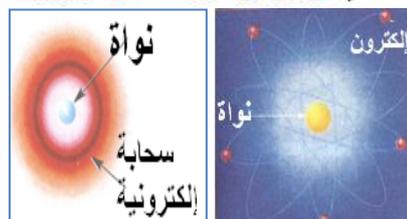


مئيع من الراديوم في علية من الرصاص



إرنست رذرفورد

نيلس بوهر



نواة

سحابة إلكترونية

إلكترون

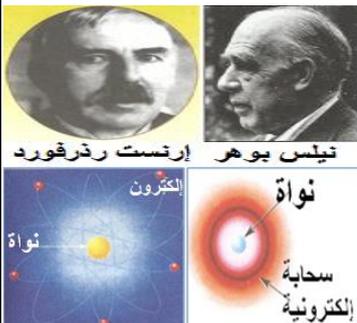
نواة

- أ- لماذا اعتبر ديمقريطس أن للذرات شكلا مقوسا ؟
 اعتبر ديمقريطس أن للذرات شكلا مقوسا تمكنها من الاتحاد فيما بينها لتكون المادة المحيطة بنا .
- ب- لماذا ظلت النظرية الذرية في سبات أكثر من عشرين قرنا ؟
 لأن النظرية الذرية كانت مبنية على أفكار فلسفية صرفة ولم تكن مبنية على حقائق علمية .
- ج- ما هي الدقائق التي كشف تومسون عن وجودها ؟
 كشف تومسون عن وجود الإلكترونات ذات شحنة سالبة .
- د- إذا اعتبرنا أن هذه الدقائق أنتزعت من ذرات متعادلة كهربائية في أنبوب كروكس ، ماذا يمكن أن تقول عن شحنة المكونات الأخرى للذرة ؟
 بما أننا انتزعنا إلكترونات سالبة الشحنة من ذرات متعادلة كهربائيا فهذا يدل على أن المكونات الأخرى للذرة موجبة الشحنة .
- هـ- ما الفرق الأساسي بين النموذج الذري لتومسون والنظرية الذرية لديمقريطس ؟
 حسب النظرية الذرية لديمقريطس فإن الذرة هي أصغر شيء ولا يمكن تقسيمها ، بينما يعتبر النموذج الذري لتومسون أن الذرة تتكون من مادة موجبة الشحنة مبعقة بالإلكترونات سالبة الشحنة .
- و- هل تمكن نموذج تومسون للذرة من تفسير تجربة رذرفورد ؟
 لم يتمكن نموذج تومسون للذرة من تفسير تجربة رذرفورد ، إذ كان من المفترض انعكاس جميع الدقائق α الموجبة لأن صفيحة الذهب مكونة من ذرات الذهب الممتلئة بالمادة الموجبة والمبعقة بالإلكترونات ، لكن الملاحظ هو مرور معظم الدقائق دون انحراف .
- ز- ماذا يمكن القول عن بنية الذرة إذ مرت معظم الدقائق α دون انحراف ؟
 مرور معظم الدقائق دون انحراف يدل على وجود فراغ كبير داخل الذرة .
- ن- ماذا يبرز انعكاس وانحراف بعض الدقائق الموجبة α ؟
 انعكاس وانحراف بعض الدقائق الموجبة α يدل على أن نواة الذرة موجبة الشحنة .
- ح- ما هو النموذج الذري الذي أعطاه رذرفورد ؟
 اقترح رذرفورد سنة 1911 م نموذجا جديدا للذرة شبهها فيه بالنظام الشمسي ، حيث تتكون الذرة من نواة تدور حولها الإلكترونات وهي متعادلة كهربائيا .
- ط- إذا علمت أن ذرة الذهب تتكون من 79 إلكترونات ، وأن شحنة كل إلكترون هي $(-1,6 \cdot 10^{-19} C)$ ، استنتج قيمة شحنة النواة .
 بما أن ذرة الذهب متعادلة كهربائيا فإن شحنة الإلكترونات + شحنة النواة = 0
 أي $0 = - (شحنة الإلكترونات) = -79 \times (-1,6 \cdot 10^{-19}) = 1,26 \cdot 10^{-17} C$
 ي- إذا مثلنا نواة الذرة بكرة مضرب قطرها 6cm ، فما قطر الذرة ؟ ماذا تستنتج ؟
 لدينا $d_A = 6 \cdot 10^{-2} \cdot 10^5 = 6 km$ نستنتج أن الذرة تتكون أساسا من الفراغ .

2-1- خلاصة:

عرف نموذج الذرة تطورا كبيرا عبر مراحل متعددة (ديمقريطس – أرسطو – دالتون – كروكس – تومسون) ، ومن خلال التجربة الشهيرة لرذرفورد ، اقترح هذا الأخير نموذجا للذرة يتميز بما يلي :
 وجود نواة صغيرة جدا تقع في مركز الذرة ، وهي موجبة الشحنة وتتجمع فيها أغلبية كتلة الذرة .

وجود إلكترونات سالبة الشحنة تدور حول النواة وبالتالي تتميز المادة ببنية فراغية حيث $\frac{d_A}{d_N} = 10^5$.



طور بوهر نموذج رذرفورد فشيبه نموذج رذرفورد – بوهر الذرة بالنظام الشمسي حيث اقترح أن مدارات الإلكترونات دائرية وموزعة بشكل غير مستمر .
 لكن وجهت لهذا النموذج انتقادات عديدة من قبل علماء الذرة ، إذ لا يمكن التعرف بدقة وفي نفس الوقت على موضع وسرعة الإلكترون ، وبالتالي لا يمكن تحديد مسار حركته . وهكذا أعطي نموذج آخر للذرة اعتمادا على أبحاث شرودنغر ودي بروكلي : " تتكون الذرة من نواة موجبة الشحنة وتتجمع فيها أغلبية كتلة الذرة محاطة بسحابة إلكترونية " .

2- بنية الذرة :**1-2- الإلكترونات :**

أدت أعمال **جان بيران** و **ميليكان** إلى أن :

جميع الإلكترونات متشابهة ويرمز لها بـ e^- .

تحمل الإلكترونات شحنة كهربائية سالبة $q_{e^-} = -e = -1,6 \cdot 10^{-19} C$

مع e الشحنة الابتدائية حيث $e = 1,6 \cdot 10^{-19} C$

C الكولوم وهي وحدة كمية الكهرباء في (ن ع) .

كتلة الإلكترون هي $m_{e^-} = 9,109 \cdot 10^{-31} kg$

2-2- النواة :

تتكون النواة الموجبة الشحنة من نويات وهي البروتونات P و النوترونات n .

البروتون P دقيقة ذات شحنة موجبة هي $q_P = e = 1,6 \cdot 10^{-19} C$

وكتلته هي $m_P = 1,673 \cdot 10^{-27} kg$

النوترون n دقيقة محايدة كهربائياً أي $q_n = 0 C$ وكتلته هي $m_n = 1,675 \cdot 10^{-27} kg$

3-2- التمثيل الرمزي لنواة ذرة :

نمثل نواة الذرة ، وعموماً الذرة نفسها ، بالرمز التالي : ${}^A_Z X$ حيث X رمز العنصر الكيميائي ، Z العدد الذري ، A عدد النويات

X : رمز العنصر الكيميائي .

Z : العدد الذري أو عدد الشحنة وهو عدد البروتونات في نواة الذرة .

A : عدد النويات أو عدد الكتلة وهو مجموع عدد بروتونات و نوترونات نواة الذرة .

N : عدد نوترونات نواة الذرة حيث $N = A - Z$

ملحوظة : A و Z و N أعداد صحيحة طبيعية .

مثال :

الذرة والنواة	الرمز	العدد الذري Z	عدد النويات A	عدد النوترونات N
الهيدروجين H	1_1H	1	1	0
الصوديوم Na	${}^{23}_{11}Na$	11	23	12
الليثيوم Li	7_3Li	3	7	4
الكربون C	${}^{12}_6C$	6	12	6

2-4- الذرة متعادلة كهربائياً :

يدور حول نواة ذرة (معزولة) عدد من الإلكترونات يساوي عدد البروتونات في هذه النواة .

الشحنة الكهربائية لمجموع البروتونات هي $(+Ze)$ ، وتساوي الشحنة الكهربائية للنواة . وبما أن الذرة

المعزولة متعادلة كهربائياً فإن الشحنة الكهربائية لمجموع الإلكترونات في هذه الذرة هي $(-Ze)$.

2-5- كتلة الذرة :

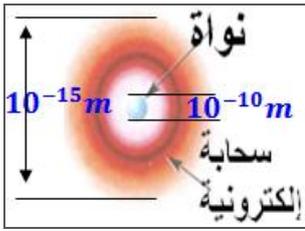
تساوي كتلة الذرة مجموع كتل الدقائق المكونة لها : $m(A) = Zm_p + (A - Z)m_n + Zm_{e^-}$

نهمل كتلة الإلكترونات أمام كتلة البروتونات والنوترونات لأن $m_p \approx m_n \approx 1836m_{e^-}$

وبالتالي $m(ذرة) \approx m(نواة) \approx Am_p$ وهذا ما يفسر أن كتلة الذرة مركزة أساساً في نواتها .

مثال :

الذرة	رمز النواة	Z	A	كتلة الذرة بـ kg
الكلور	${}^{35}_{17}Cl$	17	35	$m(Cl) \approx 35 \times 1,67 \cdot 10^{-27} = 5,84 \cdot 10^{-26}$
النحاس	${}^{63}_{29}Cu$	29	63	$m(Cu) \approx 63 \times 1,67 \cdot 10^{-27} = 1,05 \cdot 10^{-25}$

**2-6- أبعاد الذرة:**

أثبت رذرفورد سنة 1919 م أن الذرة تتكون من نواة كروية الشكل محاطة بفراغ وتدور حولها إلكترونات .

نماثل الذرة بكرة شعاعها r_A يسمى الشعاع الذري ذي رتبة قدر $10^{-10}m$ كما نماثل نواتها بكرة شعاعها r_N يسمى الشعاع النووي ذي رتبة قدر $10^{-15}m$

وبالتالي $\frac{r_A}{r_N} = \frac{10^{-10}}{10^{-15}} = 10^5$ إذن $r_A = 10^5 \cdot r_N$ الشيء الذي يفسر البنية الفراغية للمادة .

3- العنصر الكيميائي:**3-1- النظائر:**

النظائر هي ذرات لها نفس العدد الذري Z وتختلف من حيث عدد النويات A ، ونظائر نفس العنصر الكيميائي لها نفس الخواص الكيميائية .



فردريك صودي (1877-1957)
اكتشف وجود النظائر سنة 1910

تعرف **الوفرة الطبيعية** للنظائر بالنسبة المئوية لكتلة كل نظير في الخليط الطبيعي للنظير .

اسم النظير	Z	رمز النواة	الوفرة الطبيعية	اسم النظير	Z	رمز النواة	الوفرة الطبيعية
الهيدروجين 1	1	1_1H	99,98%	الكربون 12	6	${}^{12}_6C$	98,9%
الهيدروجين 2	1	2_1H	0,02%	الكربون 13	6	${}^{13}_6C$	1,1%
الهيدروجين 3	1	3_1H	$10^{-4}\%$	الكربون 14	6	${}^{14}_6C$	ضعيفة جدا

3-2- الأيونات الأحادية الذرة:

ينتج الأيون الأحادي الذرة عن ذرة فقدت أو اكتسبت إلكترونات أو أكثر . ويسمى الأيون الموجب **كاتيونا** والأيون السالب **أنيونا** .

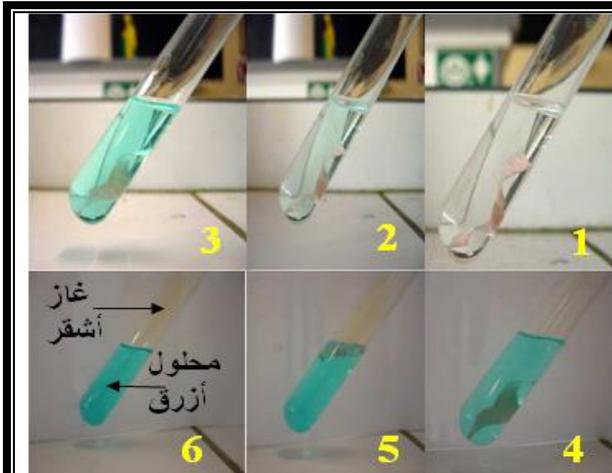
مثال:

الأيون	الذرة	شحنة الأيون	Z	A	N	عدد الإلكترونات
الصوديوم ${}^{23}_{11}Na^+$	${}^{23}_{11}Na$	+e	11	23	12	10
النحاس I ${}^{63}_{29}Cu^+$	${}^{63}_{29}Cu$	+e	29	63	34	28
النحاس II ${}^{63}_{29}Cu^{2+}$	${}^{63}_{29}Cu$	+2e	29	63	34	27
الألومنيوم ${}^{27}_{13}Al^{3+}$	${}^{27}_{13}Al$	+3e	13	27	14	10
الفلورور ${}^{18}_9F^-$	${}^{18}_9F$	-e	9	18	9	10
الكلورور ${}^{35}_{17}Cl^-$	${}^{35}_{17}Cl$	-e	17	35	18	18
الكبريتور ${}^{32}_{16}S^{2-}$	${}^{32}_{16}S$	-2e	16	32	16	18
نترور ${}^{14}_7N^{3-}$	${}^{14}_7N$	-3e	7	14	7	10

ملحوظة:

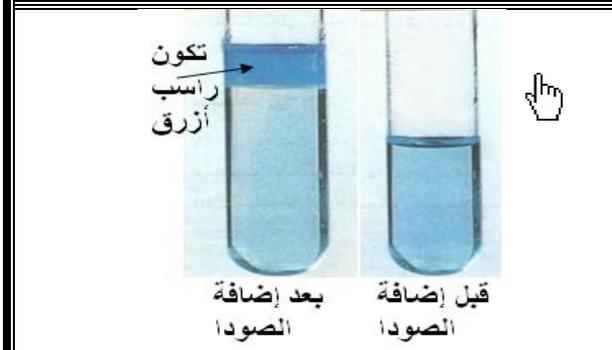
المركبات الأيونية هي الأجسام المتكونة من أيونات موجبة وأيونات سالبة ، وهي متعادلة كهربائيا أي مجموع الشحنات الموجبة التي تحملها الكاتيونات يساوي مجموع الشحنات السالبة التي تحملها الأنيونات . يتألف اسم المركب الأيوني من اسم الأنيون متبوعا باسم الكاتيون ، وكتابة صيغته الكيميائية يجب الأخذ بعين الاعتبار الحياد الكهربائي للمركب الأيوني .

الصيغة الكيميائية	اسم المركب الأيوني	الأيونات
$NaCl$	كلورور الصوديوم	Na^+, Cl^-
Cu_2O	أكسيد النحاس I	Cu^+, O^{2-}
CuS	كبريتور النحاس II	Cu^{2+}, S^{2-}
$Cu(NO_3)_2$	نترات النحاس II	Cu^{2+}, NO_3^-
$Al_2(SO_4)_3$	كبريتات الألومنيوم	Al^{3+}, SO_4^{2-}
CaF_2	فلورور الكالسيوم	Ca^{2+}, F^-

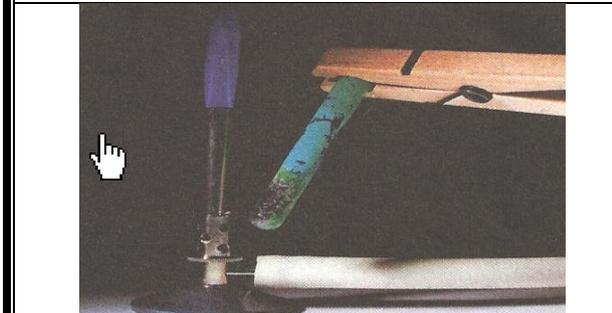
3-3- العنصر الكيميائي :**3-3-1- نشاط :****تجربة 1: تأثير حمض النتريك (HNO_3) على فلز النحاس .**

ندخل في أنبوب اختبار خرأطة النحاس ثم نضيف إليها محلول حمض النتريك (H^+, NO_3^-) وبعد فترة نلاحظ :

- ☞ انطلاق غاز أشقر اللون هو ثنائي أو أكسيد الأزوت NO_2 .
- ☞ تلون المحلول باللون الأزرق .
- ☞ اختفاء كلي لخرأطة النحاس عند إضافة كمية وافرة من حمض النتريك .

**تجربة 2: ترسب النوع الكيميائي المتكون خلال التجربة الأولى .**

نضع في أنبوب اختبار كمية من المحلول المحصل عليه في التجربة السابقة (محلول نترات النحاس II) ثم نضيف إليه كمية قليلة من محلول هيدروكسيد الصوديوم (Na^+, HO^-) فنلاحظ : تكون راسب أزرق اللون هو هيدروكسيد النحاس II $Cu(OH)_2$.

**تجربة 3: إزالة الماء من هيدروكسيد النحاس II .**

نرشح الراسب $Cu(O)_2$ المحصل عليه في التجربة 2 باستعمال ورق الترشيح ثم نضع الجسم المحصل عليه في أنبوب اختبار ونقوم بتسخينه بواسطة موقد بنسن ، فنلاحظ : تكون جسم صلب أسود هو أوكسيد النحاس II CuO .

**تجربة 4: تفاعل أوكسيد النحاس II مع الكربون .**

نقوم بتسخين خليط من مسحوقي أوكسيد النحاس II CuO المحصل عليه في التجربة 3 و الكربون C في أنبوب اختبار فنلاحظ :

- ☞ انطلاق غاز عديم اللون يعكر ماء الجير .
- ☞ تكون جسم صلب أحمر أجري اللون .

أ- ما لون فلز النحاس ؟ صف ما يحدث للنحاس في التجربة 1 .

يتميز فلز النحاس بلون أحمر أجري . اختفاء فلز النحاس كلياً وظهور اللون الأزرق يدل على تحول فلز النحاس إلى أيون النحاس II .

ب- عين النوع الكيميائي الذي أبرزه رائز الكشف في التجربة 2 ، صف ما يحدث للنحاس في التجربة 2 .
تكون راسب أزرق هو هيدروكسيد النحاس II $Cu(OH)_2$ يدل على وجود أيون النحاس II في المحلول وبالتالي تحول النحاس من أيون النحاس II في محلول إلى أيون النحاس II في مركب أيوني هيدروكسيد النحاس II $Cu(OH)_2$.

ج- فسر مفعول التسخين على هيدروكسيد النحاس II $Cu(OH)_2$ الذي تحول إلى أوكسيد النحاس II CuO .

أدى التسخين إلى إزالة الماء من هيدروكسيد النحاس II $Cu(OH)_2$.

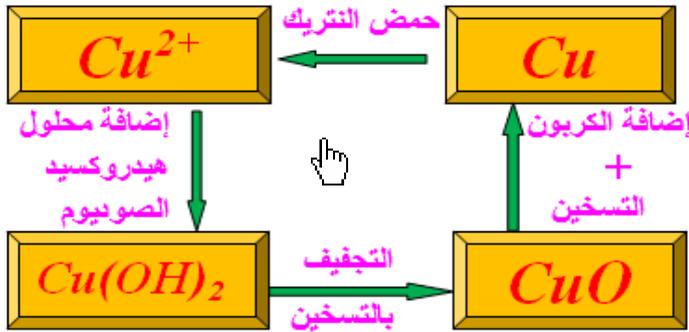
د- ماذا يبرز تعكر ماء الجير؟ وما الجسم الأحمر الأجرى المتكون؟

تعكر ماء الجير يدل على تكون ثنائي أوكسيد الكربون CO_2 والجسم الأحمر الأجرى المتكون هو فلز النحاس.

ه- أتمم ملاً الخطاطة التالية، ثم ماذا تستنتج من خلال هذه التحولات المتتالية؟

خلال هذه التحولات المتتالية انحفظ عنصر النحاس رغم اختلاف المظهر الذي يبدو عليه.

3-2-3- خلاصة:



مظاهر كيميائية مختلفة لعنصر

يطلق اسم العنصر الكيميائي على مجموعة دقائق لنواها نفس عدد

البروتونات Z مهما كان النوع الذي تتواجد عليه هذه النوى (ذرة معزولة -

جزئية - أيون ...).

خلال التحولات الكيميائية يقع تغير في هوية الأجسام المتفاعلة دون أن يقع

تغير في العناصر الكيميائية. نقول، بصفة عامة، تحفظ العناصر

الكيميائية خلال التحولات الكيميائية.

4- التوزيع الإلكتروني:

1-4- الطبقات الإلكترونية:

تختلف الإلكترونات من حيث قوة ارتباطها بالنواة. وهذا ما يفسر أن الإلكترونات تتوزع وفق طبقات إلكترونية ترمز لها بالحروف اللاتينية K و L و M و ... وسنقتصر في دراستنا على الذرات ذات العدد الذري $1 \leq Z \leq 18$.

2-4- توزيع الإلكترونات على الطبقات:

القاعدة الأولى: كل طبقة تتسع لعدد محدود من الإلكترونات التي يمكن أن تشبعها.

العدد الأقصى لإلكترونات الطبقة الأولى K هو 2.

العدد الأقصى لإلكترونات الطبقة الثانية L والثالثة M هو 8.

القاعدة الثانية: لا يتم الانتقال إلى الطبقة الموالية حتى تشبع التي قبلها.

ملحوظة: عندما تحتوي الطبقة على العدد الأقصى من الإلكترونات تسمى طبقة مشبعة.

3-4- البنية الإلكترونية:

تعريف: البنية الإلكترونية لذرة هي الكيفية التي تتوزع بها إلكترونات هذه الذرة على مختلف الطبقات الإلكترونية.

لتمثيل البنية الإلكترونية لذرة نضع الحرف الموافق لكل طبقة بين قوسين ونضع على يمين الحرف وفي الأعلى عدد الإلكترونات الذي تحتوي عليه الطبقة ولا تمثل الطبقات الفارغة.

ملحوظة: نسمي الطبقة الخارجية الطبقة الإلكترونية الأخيرة التي تحتوي على الإلكترونات، وتسمى باقي الطبقات طبقات داخلية.

الطبقات الخارجية لها دور كبير في الكيمياء لأنها هي التي تدخل في التفاعلات والتي تحتوي على إلكترونات تسمى إلكترونات التكافؤ.

مبدأ باولي وقاعد هوند:

العدد القصوي الذي

تستوعبه طبقة رقمها n

يساوي $2 \cdot n^2$.

البنية الإلكترونية	Z	الذرة أو الأيون
$(K)^1$	1	الهيدروجين 1_1H
$(K)^2(L)^8(M)^1$	11	الصوديوم ${}^{23}_{11}Na$
$(K)^2$	3	الليثيوم ${}^7_3Li^+$
$(K)^2(L)^8$	9	الفلورور ${}^{18}_9F^-$
$(K)^2(L)^8$	13	الألومينيوم ${}^{27}_{13}Al^{3+}$
$(K)^2(L)^8$	8	الأوكسجين ${}^{16}_8O^{2-}$
$(K)^2(L)^8(M)^7$	17	الكلور ${}^{35}_{17}Cl$
$(K)^2(L)^8$	12	المغنيزيوم ${}^{24}_{12}Mg^{2+}$