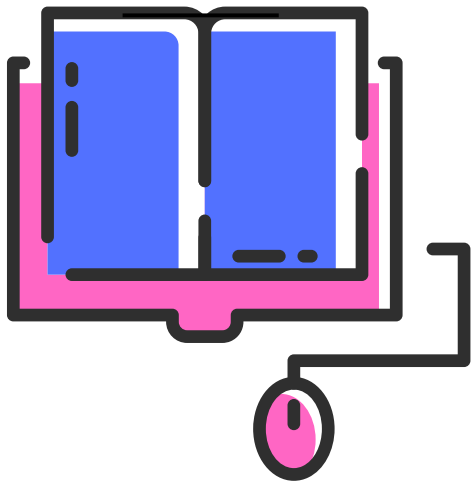
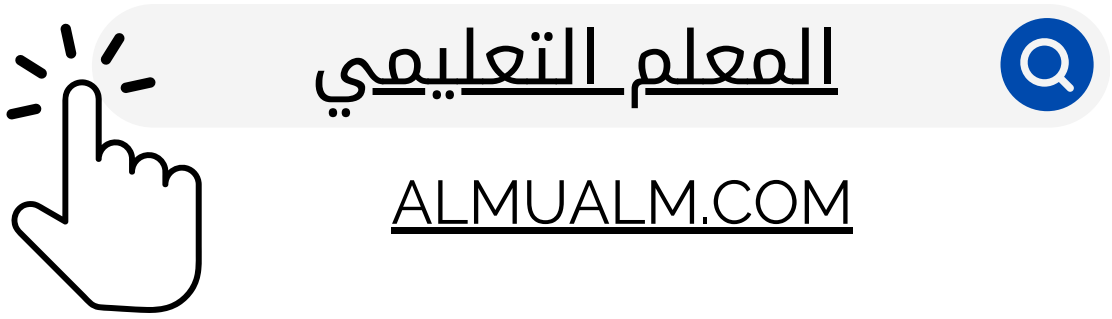
تم تحميل ورفع المادة على منصة



# المعلم التعليمي

للعودة الى الموقع اكتب في بحث جوجل

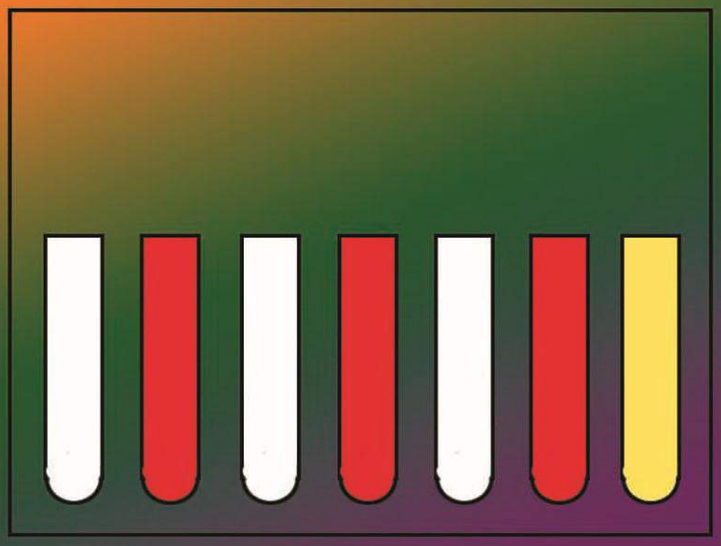


جمهورية السودان

وزارة التربية والتعليم العام

# التعليم الثانوي

# الكيمياء



## الصف الأول

بسم الله الرحمن الرحيم

**جمهورية السودان**

**وزارة التربية والتعليم العام**

**المركز القومي للمناهج والبحث التربوي**

**- بخت الرضا -**

# الكيمياء

## للصف الاول الثانوى


**أعداد** :

الدكتور : على حمود على - كلية التربية - جامعة الخرطوم .

الأستاذ : سيد أحمد شريف - المركز القومى للمناهج والبحث التربوي.

**مراجعة** :

الدكتور : صلاح الدين محمد الأمين - كلية التربية - جامعة الخرطوم .



**الاخراج الفني** : الاستاذ ابراهيم الفاضل - المركز القومي للمناهج والبحث التربوى

**الجمع بالحاسوب** : اشراقة فرح شريف - المركز القومي للمناهج والبحث التربوى

فهرسة المكتبة الوطنية - السودان
540.71 علي حمود علي
ع ح. ك
مادة العلوم الكيمياء: الصف الأول ثانوي/ علي حمود علي، سيد أحمد الشريف - الدويم: المركز القومي للمناهج والبحث التربوي، 2009م
ص ؛ 24 سم.
ردمك : 978-99942-53-53-1
1- الكيمياء - كتب دراسية.
أ. العنوان. ب. سيد أحمد الشريف (م. مشارك)

# المحتويات


| الموضوع | الصفحة |
|---|---|
| **١- مقدمة** | أ |
| **٢- الوحدة الاولي : علم الكيمياء** | |
| • تعريف علم الكيمياء | ١ |
| • دور واهمية علم الكيمياء | ٢ |
| • فروع علم الكيمياء | ٤ |
| **٣- الوحدة الثانية : الجزيئات والايونات** | |
| • الجزيئات | ٧ |
| • الايونات | ١٠ |
| • كتابة الصيغ الكيميائية | ١٧ |
| **٤- الوحدة الثالثة** | |
| • الروابط الكيميائية | ٢١ |
| • الرابطة الأيونية | ٢٧ |
| • الرابطة الإسهامية | ٣٣ |
| • الرابطة الهيدروجينية | ٤١ |
| **٥- الوحدة الرابعة** | |
| • المعادلات الكيميائية | ٤٤ |
| • قواعد كتابة وموازنة المعادلات | ٥٠ |
| **٦- الوحدة الخامسة** | ٥٣ |
| • قوانين الاتحاد الكيميائى | |
| **٧- الوحدة السادسة** | |
| • أنواع التفاعلات الكيميائية | ٦٧ |

| | |
|---|---|
| **٨- الوحدة السابعة** | |
| • الحساب الكيميائى | ٨٣ |
| • الكتل الذرية | ٨٤ |
| • الكتل الجزيئية | ٨٨ |
| • عدد أفوغادرو | ٩٣ |
| • المول | ٩٥ |
| • الحسابات من المعادلات الكيميائية | ٩٩ |

بسم الله الرحمن الرحيم

# مقدمـــة المؤلفيـــن

**أبناءنا التلاميذ وبناتنا التلميذات بالصف الأول بالمرحلة الثانوية**
**زملاءنا المعلمين**

السلام عليكم ورحمة الله تعالى وبركاته

في إطار المناهج الجديدة للمرحلة الثانوية يقدم المركز القومي للمناهج والبحث التربوي كتاب الكيمياء للصف الأول الثانوي .

لقد راعينا في إعداد هذا الكتاب أن يكون أسلوبه متسماً بالبساطة والوضوح والتسلسل المنطقي لموضوعاته ، حتى يكون ملائماً للمستوى العقلي لتلاميذ الصف الأول الثانوي . كذلك فقد نظرنا إلى الأهداف العامة لتدريس مادة الكيمياء بالمرحلة الثانوية وحاولنا جهدنا أن يكون محتوى هذا الكتاب ترجمة صادقة وأمينة لتلك الأهداف .

يضم هذا الكتاب سبع وحدات ؛ تشتمل الوحدة الأولى على التعريف بعلم الكيمياء وعلاقته بفروع العلوم الأخرى ، ودوره وأهميتهفي الحياة المعاصرة ، ودورالعلماء العرب والمسلمين في تطوره مع الإشارة بشئ من التفصيل إلى دور أحد هؤلاء العلماء (جابر بن حيان ) . ونهدف من وراء ذلك إلى تحقيق هدفين :

الأول : أن يدرك التلاميذ أن الحقائق والمفاهيم والتطبيقات الكيميائية التى بين أيدينا لم يكن من السهل الوصول إليها دون عمل واجتهاد من جانب العلماء، وفي هذا تقدير لجهودهم والتمثل بهم .

الثاني : أن نعيد الثقة في نفوسنا ، بأن العلم ليس وقفاً على غيرنا ، وأن لدينا من الإمكانات العقلية والنبوغ الفكري ما لدى غيرنا ، وأنه ليس من العسير أن نلحق بركب الحضارة ، ونحقق من السبق العلمي ما حققه غيرنا .

يعالج الكتاب في الوحدة الثانية موضوع الجزئيات والأيونات وكتابة الصيغ الكيميائية . كما تتناول الوحدة الثالثة الروابط الكيميائية والتى يعتمد تناولها على مراجعة بعض المفاهيم الأساسية عن تركيب الذرة التى سبق التلميذ دراستها في المرحلة السابقة .

يتناول الكتاب موضوعات المعادلات الكيميائية ، قوانين الإتحاد الكيميائي ، أنواع التفاعلات الكيميائية والحساب الكيميائي في الوحدات الرابعة ، الخامسة ، السادسة والسابعة على الترتيب .

سيجد التلميذ بعد نهاية كل وحدة مجموعة من الأسئلة راعينا أن تكون مؤشراً لمدى فهم وأستيعاب التلميذ للموضوعات التى قام بدراستها في تلك الوحدة ، لذلك نأمل أن يحرص الإخوة معلمو الكيمياء على متابعة حل التلاميذ لتلك الأسئلة ومراجعة أدائهم في كل وحدة .

وقد حاولنا قدر المستطاع الاستفاضة في شرح موضوعات هذا الكتاب بحيث تمكن التلميذ قادراً على الدراسة الذاتية لتلك الموضوعات . ويحتوي الكتاب كذلك على بعض التجارب البسيطة التى يمكن أن تكون مكوناتها من معطيات البيئة المحلية لإتاحة الفرصة لإجراء تلك التجارب بواسطة المعلمين، أو بواسطة التلاميذ أنفسهم وفق توجيهات معلميهم .

ولقد اعتمدنا في إعداد المادة العلمية بهذا الكتاب على الكتب المرجعية في الكيمياء التى أعدتها المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم في اطار برنامجها الريادي لتطوير تدريس العلوم والرياضيات بالوطن العربي والتزمنا في هذا الكتاب مما أقرته الندوة القومية لتعريب علوم الكيمياء من موجهات في مجال التعريب والترجمة ، وما اتفق عليه من مصطلحات في مشروع معجم الكيمياء الموحد الذي أقرته الندوة والذي صدر عن الهيئة العليا للتعريب ( وزارة التعليم العالى والبحث العلمي ) بالخرطوم عام ١٩٩٣م .

يأمل قسم العلوم بالمركز القومي للمناهج والبحث التربوى أن يتعرف على آراء ابنائنا وبناتنا تلاميذ وتلميذات الصف الاول بالمرحلة الثانوية فيما سيدرسونه من موضوعات في هذا الكتاب . كذلك نرجو من الزملاء معلمي مادة الكيمياء الحرص على ابداء آرائهم ومقترحاتهم ونقدهم البناء لهذا الكتاب لأننا لا ندّعي أن ما قدمناه فيه هو الكمال ، فالكمال لله وحده .. ومهما يكن ما بذل فيه من جهد فهو جهد بشري إن أصبنا فيه فبتوفيق وعون من الله تعالى ، وإن أخطأنا فلنا أجر الإجتهاد .

**وما التوفيق إلا من عند الله تعالى**

المؤلفان

# الوحدة الاولي

## عـــلـــم الكيميـــاء

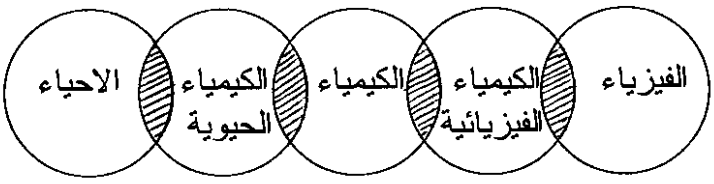
**(١ – ١) تعريف الكيمياء :**

هو العلم الذي يدرس تركيب المادة وتغيراتها ، فيما بينها وبين المواد الاخرى ، والعلاقة الكائنة بين خواص المواد وتركيبها ، وشروط التغيرات التى تحدث للمواد .

إن ظواهر التحولات أو التغيرات التى تتم أو تطرأ على المادة وتؤدى الى تكون مادة جديدة كليا تختلف في خواصها عن خواص مكوناتهـــا هى ظواهر كيميائية . وتعرف هذه الظواهر بالتفاعلات الكيميائية . وكثيرا ما يرافق هذه الظواهر تغيرات في الصفات والخواص الفيزيائية ومن هنا تبدو الصلة بين الكيمياء من جانب وبين الفيزياء من جانب آخر .

كذلك فان كل تغيرات حيوية تحدث داخل أجسام النباتات والحيوانات أو داخل خلاياها يصاحبها تغيرات كيميائية مستمرة في المواد العضوية الحية وتصاحبها تبادلات للمواد الكيميائية ما بين الكائن الحى وبيئته ومحيطه الخارجى، ومن هنا تبدو الصلة وثيقة بين الكيمياء وعلم الاحياء ( البيولوجيا ) الشكل التخطيطى أدناه يوضح الصلة المتبادلة بين علم الكيمياء وكل من الفيزياء والاحياء ( انظر الشكل رقم ١ – ١) .

الشكل رقم (١ – ١) – الصلة بين علم الكيمياء وعلمي الفيزياء والاحياء



## (١ – ٢ ) دور وأهمية علم الكيمياء :

تلعب الكيمياء دوراً متميزاً في الحياة المعاصرة في مجالات الصناعة والزراعة والصحة والغذاء ... الخ . فليس هناك فرع واحد في الزراعة أو الصناعة لايرتبط كليا أو جزئيا ببعض التطبيقات الكيميائية .

فالله سبحانه وتعالى يهبنا المواد الخام كالأملاح والفلزات والجلود والأخشاب والفحم والبترول ...الخ ، وباخضاع هذه المواد الطبيعية للمعالجة الكيميائية نحصل على مختلف المواد التى نحتاجها في الزراعة ، وفي صناعة النواتج الصناعية ، وفي الاستعمالات المنزلية وفي صناعة الأسمدة المعدنية والمبيدات الحشرية والمعادن واللدائن ( البلاستيك ) والاصباغ والاحماض والمواد الطبية والصيدلانية والمنظفات المختلفة والصودا الكاوية وكثير من المواد الكيميائية الاخرى لمختلف الاغراض .

ومن المهم أن نذكر هنا أنه قبل معالجة هذه المواد فان مادة الكيمياء تقدم لنا القوانين والاسس والمعارف والمهارات التى نستطيع بواسطتها تحويل هذه المواد .

كذلك فان الكيمياء تحاول ايجاد أفضل الطرق الاقتصادية لاستغلال هذه المواد الطبيعية . فمن خلال استخدامها للنواتج الصناعية والزراعية ، تحاول أن تجد طرقا جديدة لانتاج مواد جديدة أكثر فاعلية من مصادر رخيصة .

إن تقدم علم الكيمياء لم يتوقف أو يقتصر على زيادة المعلومات والمعارف النظرية والمهارات ، ولكنه ارتبط أيضا بالتطبيقات العملية لهذه المعلومات في حل مشكلات المجتمعات المختلفة في شتى الميادين . بمعنى آخر أن الكيمياء أسهمت بشكل أساسى في تقدم الحضارة الانسانية في مختلف الميادين والنواحى :

### (١ – ٢ – ١) الناحية الصحية :

كانت الامراض تفتك بالبشر لالاف السنين حتى تمكن العلماء من محاربتها والوقاية منها فتوصل الكيميائيون الى صنع الادوية والعقاقير المختلفة والمواد المطهرة والمعقمة ، وتحضير الامصال ، الامر الذى ساعد في القضاء

أو الحد من إنتشار الكثير من الامراض الخطيرة ، كما تمكن العلماء من إكتشاف وتحضير الكثير من المواد المخدرة وقاتلات الالم والمواد المهدئة ، الامر الذى ساهم فى تقليل الالام التى يعانى منها البشر وأمكن بواسطتها إجراء العمليات الجراحية . هذا قليل من كثير مما قامت به الكيمياء في مجال الطب .

**(١ – ٢ – ٢) الناحية الغذائية :**

لقد توصل علماء الكيمياء الى التعرف على مكونات الاغذية وما يصاحبها من تغيرات داخل جسم الكائن الحي ، ومقدار ما يحتاجه الجسم من مختلف المواد بحسب الحجم أو الوزن أو السن أو الحالة الصحية أو طبيعة العمل .

كما تمكن علماء الكيمياء من إكتشاف أهم الطرق والمواد لزيادة الحاصلات الزراعية ، وإبتكروا مختلف الطرق لتنمية هذه الحاصلات الزراعية والمحافظة عليها من الآفات المختلفة ، وحفظ الاغذية وتخزينها سواء كان ذلك بغرض الاستهلاك أو التصدير .

**(١ – ٢ – ٣) الناحية الصناعية :**

يعتبر عالم الصناعة من اكثر النواحى التطبيقية لعلم الكيمياء . فقد شهدت السنوات الاولي من القرن العشرين تطبيقات هائلة للكيمياء في المجالات الصناعية . فقد شهد عالم الصناعة صناعات مثل صناعة النشادر ، والمطاط الصناعي ولتحضير الفوسفور ، و كربيد الكالسيوم ، والاسمدة والمبيدات الحشرية ، كما نشأت صناعات جديدة مثل صناعة الخيوط الصناعية مثل الفسكوز والداكرون وغيرها من الالياف الصناعية . وكذلك إزدهرت صناعة الجلد الصناعي واللدائن والدهانات العضوية ( البوهيات ) والادوية والمواد الصيدلانية ، والافلام السينمائية ، كذلك صناعة تكرير البترول والصناعات البتروكيميائية ، وصناعة الزجاج ( الكيميائى ) والعادى والبصرى والخيوط الزجاجية .

وهكذا نمت الصناعات بفضل تقدم علم الكيمياء وتطبيقاته ونمو حاجات الانسان وتلبية هذه الحاجات المتزايدة .

## ( ١ - ٣ ) فروع علم الكيمياء :

يبحث علم الكيمياء في نواحى شتى ، وتشعب العلم لدرجة أن الإلمام به أصبح ضرباً من المحال . وتحول علم الكيمياء الى فروع متخصصة كل في مجال معين وحتى هذه الفروع تشعبت لتصبح مجموعة تخصصات قائمة بذاتها ومن هذه الفروع :

**(١) الكيمياء اللاعضوية ( غير العضوية )** –Inorganic Chemistry :

وهى ذلك الفرع من الكيمياء الذى يبحث في طبيعة تكوين المركبات التى لايدخل عنصر الكربون كعنصر أساسي في تركيبها .

**(٢) الكيمياء العضوية :** Organic Chemistry :

وهى تبحث في المركبات التى يدخل عنصر الكربون كعنصر أساسى في تكوينها . وتشمل البحث في الادوية ، العقاقير الصيدلانية ، أنواع الوقود ، الاصباغ ، الخيوط الاصطناعية ، الملابس ، المفرقعات ، الاسمدة ، المبيدات الحشرية ، اللدائن والبلاستيك ، المنظفات الصناعية ، الصابون ٠٠٠الخ . وهى أمثلة من مجمل أنشطة وصناعات تشملها الكيمياء العضوية .

**(٣) الكيمياء الطبيعية ( الفيزيائية )** Physical Chemistry :

وهى ذلك الفرع من الكيمياء الذى يبحث فى الخواص والظاهرات التى ترتبط بالثوابت الفزيائية للمادة ، وهى تحاول تفسير الظواهر الكيميائية على أسس رياضية . وقد إختص هذا الفرع من الكيمياء بالبحث في الطاقة وتحولاتها ، طاقة وسرعة التفاعلات الكيميائية ، وتأثير الاشعاع على المادة ، إنطلاق الطاقة الذرية والنووية والنيوترونية ، والكيمياء الضوئية وغيرها .

**(٤) الكيمياء الحيوية** Biochemistry :

وهى ذلك الفرع من الكيمياء الذى يبحث في تركيب المواد المكونة لاجسام الكائنات الحية ، وعن التفاعلات التى تجرى داخل الخلية الحية أثناء التنفس أو الاخراج أو النمو أو الاحساس أو الشيخوخة .

وقد ساهمت هذه الكيمياء الحيوية في تحضير عدد من المركبات الكيميائية الحيوية كالهرمونات النباتية والحيوانية والفيتامينات وغيرها مما مكن

من دراسة تفاعلاتها وآثارها داخل وخارج الخلية وتعويض النقص في هذه المواد بالنسبة للكائن الحى .

**(٥) الكيمياء الصناعية** Industrial Chemistry :

وهى الفرع في الكيمياء الذى يختص بالنواحى العملية التطبيقية من حيث تصميم الاجهزة والمعامل الكيميائية لانتاج المواد الكيميائية بمستوى من الجودة وبمواصفات قياسية محددة تلبى الحاجات الاستهلاكية والصناعية والزراعية والصناعات الغذائية والدوائية وغيرها .

**(٦) الكيمياء التحليلية** Analytical Chemistry :

وهى فرع يبحث في تحليل محتوى المادة الكيميائية من الناحيتين الكمية والكيفية ، وطرق وأساليب تكوينها وفصلها وتنقيتها وتحضيرها مستغلا في ذلك طرق الكشف المختلفة .

**(١ – ٤) دور العلماء المسلمين في تطور علم الكيمياء :**

لقد برع المسلمون في علم الكيمياء ، وقدموا العديد من الانجازات التى ساهمت في التقدم العلمي ( الحضاري ) في لحظات معينة من لحظات تطور فروع العلوم المختلفة ومن بينها علم الكيمياء . ونذكر منهم جابر بن حيان والجلدكى والرازى ، وإبن سيناء وإبن رشد .

**جابر بن حيان :**

وهو أبو موسى جابر بن حيان ، ولد ببلدة طوس ببلاد فارس سنة مائة هجرية ( الموافقة لعام ٧٢٠ميلادية ) . عاش جابر يتيما ، ورحل الى الكوفة عندما تولى العباسيون السلطة ، واتصل بالامام جعفر الصادق وتتلمذ عنده في علم الكيمياء .

درس إبن حيان الكيمياء والطب والتاريخ الطبيعي والفلسفة ونبغ فيها . وقد وضع مؤلفات كثيرة وصلت منها نحو خمسين مؤلفا مخطوطا . ومن أشهر مؤلفاته في علم الكيمياء كتاب الخواص الكبير ، الاحجار ، السر المكنون ، الخمائر الكبير ، الموازين ، الاصباغ والرائحة الكبير . وقد تمت ترجمة كثير من مؤلفاته الى اللاتينية وبعض اللغات الاوربية الاخرى . وأعتبر المرجع الثقة منذ القرن الثامن حتى القرن الثاني عشر .

وقد عَّرف إبن حيان الكيمياء في كتابه العلم الالهى بانها ( الفرع من العلوم الطبيعية الذى يبحث في خواص المعادن والمواد النباتية والحيوانية وطرق تولدها وكيفية أكتسابها خواص جديدة ) . وقد إهتم إبن حيان بالتجربة والملاحظة في تقصيه للحقائق ، حيث قال : " أنه لم يشرح الا ما رآه بعينه ، مهملا ما وصل لعلمه عن طريق السماع والقراءة " . وقد برع إبن حيان في إستخدام الميزان في تجاربه قبل أن يستخدم في أوربا بنحو ستة قرون .

وقد وضع إبن حيان نظرية رائدة للاتحاد الكيميائى في كتابه المعرفة بالصفة الالهية والحكمة الفلسفية حيث قال : ( يظن الناس خطأ أنه عندما يتحد الزئبق والكبريت تتكون مادة جديدة ، والحقيقة أن هاتين المادتين لم تفقدا ماهيتهما ، وكل ما حدث أنهما تجزأتا الى دقائق صغيرة ، وإمتزجت هذه الدقائق ببعضها البعض ، فاصبحت العين المجردة عاجزة عن التمييز بينها ، وظهرت المادة الناتجة من الاتحاد متجانسة التركيب ، ولو كان في مقدورنا الحصول على وسيلة تفرق بها بين الدقائق ، لأدركنا أن كلا منهما يحتفظ بهيئته الطبيعية الدائمة ، ولم يتأثر مطلقا ) .

ولو اننا أمعنا النظر في هذه النظرية لوجدنا أنها تقترب من " النظرية الذرية " التى ظهرت بعد ذلك بنحو الف سنة . وعلى الرغم من أن هذه النظرية لم تعد مقبولة الان ، الا انها تشير الى نوع من التفكير العلمي الذى يعتمد على التجربة والملاحظة .

ولقد كان جابر بن حيان خبيرا بالعمليات الكيميائية كالإذابة والتبلر والتقطير والاكسدة والاختزال فقد وصفها وبين الغرض منها . كما قام بتحضير الكثير من المواد الكيميائية مثل كبريتيد الزئبق ، وحمض النتريك ، والفولاذ وكبريتيد كل من الحديد والنحاس ، كذلك قام بصنع نوع من الطلاء يقى الملابس من البلل ويمنع صدأ الحديد . كما قام بتحضير عقاقير كثيرة من المعادن والنباتات والحيوانات ، ونوع من الورق غير قابل للاحتراق .

وفي القرنين الثالث والرابع عشر ظهرت عدة كتب في الكيمياء نسبت الى جابر بن حيان وقد أصدر العالم هولميارد عام ١٩٢٣م دراسة مستفيضة أثبت فيها نسبة هذه الكتب باللاتينية الى أعمال الكيميائى جابر بن حيان .

# الوحدة الثانية

## الجزيئـــات والأيونـــــات
## Molecules and Ions

### (٢ – ١) مقدمة :

من النادر ان توجد الذرات حرة في الطبيعة نظرا لكونها فعالة كيميائيا ويستثنى من ذلك الغازات النادرة ( الخاملة كميائيا في الظروف العادية ) . لذلك نجد أن معظم العناصر وكل المركبات توجد على شكل وحدات تركيبية ، وأهم الوحدات هى الجزيئات والايونات .

تصوّر أنك تقطع قطعة من السكر الى قطع صغيرة وهذه الى قطع أصغر . وهكذا ، فالى اى مدى تستطيع أن تقطع السكر بحيث يظلّ محتفظاً بخواصه ؟ الجواب بالطبع هو : الى أن تصل الى جزيئات السكر لانك لو حطمت هذه الجزيئات فانك لن تحصل على مادة السكر بل على مواد اخرى مختلفة . نستنتج من هذا أن الجزيئات هى أصغر وحدة من المادة يمكن أن توجد منفردة وتتمتع بخواص وتركيب المادة .

عليه يمكن تعريف الجزىء على النحو الأتي :

الجزىء هو أصغر وحدة من المادة يمكن أن توجد في حالة إنفراد وتظهر فيه خواص تلك المادة . على ذلك يمكن القول إن الجزىء يمثل الوحدة التركيبية الاساسية للمادة ، ويتكون من ذرتين أو أكثر ترتبط مع بعضها بقوى تسمى ( الروابط الكيميائية ) وسوف تكون هناك وحدة خاصة عن الروابط الكيميائية ستدرسها في وحدة دراسية لاحقة .

### (٢ – ٢) جزيئات العناصر :

تتكون جزيئات العناصر من ذرات نفس العنصر ، وبما أن الغازات النادرة تتكون من ذرات مستقرة ( لا تتزاوج لتكون جزيئات ) فانها تسمى مجازا " جزيئات " آحادية الذرة مثل الآرغون Ar والنيون Ne .

وتتألف جزيئات سبعة من العناصر من ذرتين مرتبطتين برابطة كيميائية تسمى ( رابطة إسهامية ) وتسمى لذلك بالجزيئات ثنائية الذرة . وهذه العناصر هى الغازات الشائعة الثلاثة : الهيدروجين $H_2$ ، والاوكسجين $O_2$ ، والنيتروجين $N_2$ ، بالاضافة الى غازى الفلور $F_2$ ، والكلور $Cl_2$ ، وكذلك البروم السائل $Br_2$ ، واليود الصلب $I_2$ . وسوف نتعرف بالتفصيل على طريقة تكوين تلك الروابط .

هنالك بعض العناصر اللافلزية الصلبة التى تتكون جزيئاتها من اكثر من ذرتين وتسمى هذه الجزيئات بالجزيئات عديدة الذرات مثل جزئ عنصر الفوسفور الابيض $P_4$ الذى يتألف من أربع ذرات ، وجزئ عنصر الكبريت $S_8$ الذى يتألف من ثمان ذرات . أما عنصر الكربون فيوجد على هيئة جزيئات ضخمة ذات أحجام غير محددة تحتوى على أعداد كبيرة من الذرات .

ولغرض التسهيل غالبا ما نرمز في التفاعلات الكيميائية لعنصر الكبريت بالرمز S ، ولعنصر الفسفور بالرمز P ، ولعنصر الكربون بالرمز C .

أما ذرات الفلزات فلا تكون جزيئات وانما ترتبط ببعضها البعض بواسطة روابط تعرّف بالروابط الفلزية ( المعدنية ) مكونة بلورات فلزية .

## (٢ – ٣) جزيئات المركبات :

لقد سبق أن عرفت أن المركب يتكون من اتحاد عنصرين أو أكثر اتحاداً كيميائياً . وبناءً على ذلك فإن جزيئات المركبات تتكون من ذرات مختلفة . وهنالك نوعان رئيسيان من المركبات هما المركبات الاسهامية ، والمركبات الايونية .

ففي المركبات الاسهامية ترتبط ذرات اللافلزات بروابط اسهامية حيث تسهم كل ذرة عنصر ببعض من الكتروناتها الخارجية أو كلها لتكون الرابطة الاسهامية . أما في المركبات الايونية فيحدث إنتقال الالكترونات الخارجية من ذرة العنصر الفلزى الى ذرة العنصر اللافلزى وتتكون بذلك الرابطة الايونية .

تمثل الصيغ الكيميائية هذه المركبات بابسط نسبة عددية بين ذرات العناصر المكونة لها ، حيث نجد أن نسبة ذرات الكربون الى ذرات الاوكسجين

في جزىء ثاني أوكسيد الكربون هى 2:1 ، لذلك فانه يمثل بالصيغة $CO_2$ . كذلك نجد أن نسبة أيونات الصوديوم الى أيونات الكلور في مركب كلوريد الصوديوم هى 1 :1 ، لذا فان كلوريد الصوديوم يمثل بالصيغة NaCl ونفس الشئ يقال عن المركبات الايونية الأخرى مثل كبريتيد البوتاسيوم $K_2S$ ، وبروميد المغنيزيوم $MgBr_2$ ، وكلوريد الكالسيوم $CaCl_2$ ... الخ .

تسمى المركبات بشكل عام ، سواء كانت اسهامية أو أيونية ، والتى تحتوى على عنصرين فقط بالمركبات الثنائية . أما تلك التى تحتوى على ثلاثة عناصر فتُدعَى المركبات الثلاثية ، وهكذا ....

**ما توضحه الصيغ الكيميائية للمركبات :**

١- تشتمل الصيغة الكيميائية للمركب على رموز جميع العناصر في ذلك المركب .

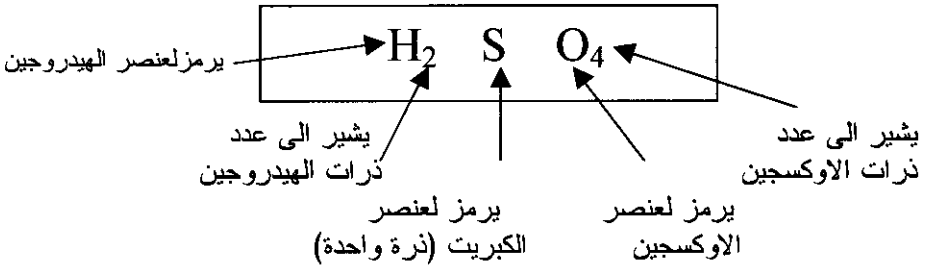
٢- عندما تحتوى الصيغة على ذرة واحدة من أحد العناصر المكونة للمركب فإن رمز ذلك العنصر يمثل تلك الذرة .

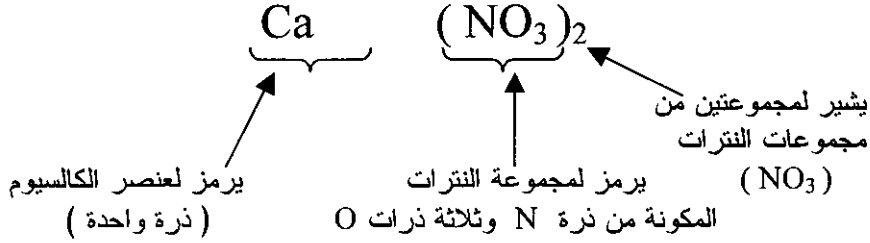
٣- عندما تحتوى الصيغة على أكثر من ذرة من أحد عناصر المركب فإن عدد ذرات ذلك العنصر يكتب أسفل يمين ذلك العنصر . مثلا في جزىء الماء $H_2O$ ، فالرقم 2 يشير الى عدد ذرات الهيدروجين في جزىء الماء .

٤- عندما تحتوى الصيغة على اكثر من مجموعة أيونية واحدة فإن تلك المجموعة توضع بين قوسين ويوضع أسفل المجموعة الى اليمين رقم يشير الى عدد المجموعات الايونية . مثلا في صيغة مركب نترات الصوديوم $NaNO_3$ وحيث لاتحتوى تلك الصيغة الا على مجموعة واحدة من النترات فلا داعى لوضع تلك المجموعة بين قوسين. أما في حالة نترات الكالسيوم $Ca(NO_3)_2$ ، وحيث توجد مجموعتان من النترات فيلزم هنا وضع المجموعة بين قوسين وكتابة الرقم 2 أسفل خارج القوس للمجموعة . هذه الصيغة $Ca(NO_3)_2$ تعنى أن جزىء نترات الكالسيوم يحتوى على تسع ذرات من ثلاثة عناصر مختلفة : ذرة كالسيوم ، وذرتى نتروجين ، وست ذرات أوكسجين .

٥- توضح الصيغة الكيميائية فقط نوع وعدد ذرات العناصر المكوّنة للجزئ، لكنها لا توضح طريقة ترتيب تلك الذرات في جزئ المركب ولا كيفية الارتباط الكيميائى لتلك الذرات مع بعضها البعض .

الشكل رقم (٢ -١) يوضح الصيغة الجزيئية لكل من: $H_2SO_4$ , $Ca(NO_3)_2$




## (٢ - ٤) الأيونات :

إنّ ذرات العناصر متعادلة الشحنة ، فهي تحتوى على عدد من البروتونات الموجبة الشحنة يساوى عدد الالكترونات السالبة الشحنة . وعندما تفقد الذرة M بعض أو كل إلكتروناتها الخارجية تصبح بذلك موجبة الشحنة لان عدد بروتوناتها يصبح اكبر من عدد الكتروناتها . وهكذا تصير الذرة M مشحونة بشحنة موجبة واحدة $M^+$ إذا فقدت الكتروناً واحداً ، وبشحنتين موجبتين $M^{2+}$ إذا فقدت الكترونين وهكذا . وتصبح الذرة في هذه الحالة أيوناً موجباً .

أما إذا اكتسبت الذرة المتعادلة الكترونا أو اكثر فانها تصبح سالبة الشحنة لان عدد الكتروناتها يصبح أكبر من عدد بروتوناتها . وهكذا تعتبر الذرة X مشحونة بشحنة سالبة واحدة $X^-$ إذا اكتسبت الكتروناً واحداً ، وبشحنتين سالبتين $X^{2-}$ إذا اكتسبت الكترونين وهكذا. وتصبح الذرة في هذه الحالة ايوناً سالباً .

تلاحظ أن شحنة الايون تكتب في الجانب العلوى الايمن لرمز العنصر حيث تدل العلامة + أو – على يمين العدد على أن الشحنة موجبة أو سالبة على الترتيب ، كما يدل العدد على مقدار الشحنة أى على عدد الالكترونات المفقودة أو المكتسبة . وعندما تكون الشحنة آحادية فيكتفي بكتابة العلامة + أو – فقط بدون عدد .

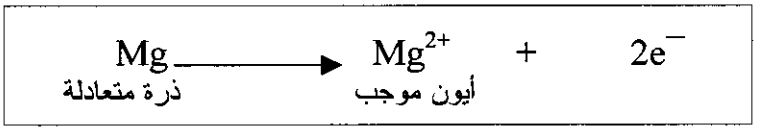
**( أ ) الايونات الموجبة : ( الكاتيونات Cations )**

لقد عرفت سابقاً أن ذرات العناصر الفلزية ( المعدنية ) تميل الى فقدان الكتروناتها الخارجية لتحصل على التركيب الالكترونى الثابت المماثل للغاز الخامل الاقرب ، وبذلك تتحول الى أيونات موجبة .

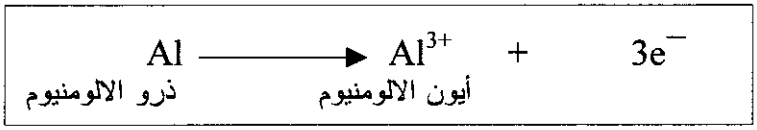
تحتوى ذرة الصوديوم على أحد عشر الكتروناً وأحد عشر بروتوناً ، وتتوزع الالكترونات كما يلي :2 ، 8 ، 1 .أما أيون الصوديوم فيحتوى على عشرة الكترونات ونفس العدد من البروتونات الموجودة في ذرة الصوديوم وتتوزع الكترونات أيون الصوديوم كما يلي : 2 ، 8 . وتعرف عملية تحوّل ذرة الصوديوم المتعادلة الى أيون الصوديوم الموجب بالتأيّن وتكتب معادلة التأيّن على النحو التالي :

$$\underset{\text{ذرة متعادلة}}{Na} \longrightarrow \underset{\text{أيون موجب}}{Na^+} + \underset{\text{الكترون}}{e^-}$$

كذلك نجد أن ذرة المغنزيوم التى تحتوى على أثني عشر الكتروناً وأثنى عشر بروتوناً ، تتوزع الالكترونات كما يلي : 2 ، 8 ، 2 . أما أيون المغنزيوم فيحتوى على عشرة الكترونات ونفس العدد من البروتونات الموجودة في ذرة المغنزيوم . وتكتب معادلة تأيّن المغنزيوم على النحو التالي :




أما التخلى عن أكثر من الكترونين وتشكيل الايون $M^{3+}$ فليس عملية سهلة ، كما هو الحال في الالومنيوم :




ويقل وجود أيونات من النوع $M^{4+}$ .

وتحمل الأيونات الموجبة لبعض العناصر شحنات مختلفة فنجد مثلا أن ذرة الحديد قد تفقد الكترونين $2e^-$ لتعطي أيونات ثنائية الشحنة $Fe^{2+}$ ، أوتفقد $3e^-$ وتتحول الى أيونات ثلاثية الشحنة $Fe^{3+}$ . وتسمى مثل هذه الايونات بالايونات المتغيرة الشحنة .

وهنالك عناصر مثل الخارصين Zn ، والكاديوم Cd ، والفضة Ag ، وتعطى أيونات محددة الشحنة : $Zn^{2+}$ ، $Cd^{2+}$ ، وتسمى مثل هذه الايونات بالايونات المحددة الشحنة .

وبشكل عام يطلق على الايون الموجب المحدد الشحنة نفس أسم العنصر، مثل أيون الصوديوم $Na^+$ ،وأيون الكالسيوم $Ca^{2+}$ وأيون الالومنيوم $Al^{3+}$ . أما الايونات المتغيرة الشحنة فتسمى باسم العنصر متبوعاً برقم روماني ( I ) ( II ) (III ) ٠٠٠الخ ، يدل على الشحنة .

أيون الحديد ( III ) : $Fe^{3+}$ ، وأيون الحديد ( II ) : $Fe^{2+}$ ، أيون القصدير ( II ) : $Sn^{2+}$ ٠٠٠٠ وهكذا .

ومن الجدير بالذكر أن كثيرا من كتب الكيمياء القديمة تستخدم التسمية القديمة للأيونات الموجبة المتغيرة الشحنة ( المتعددة الشحنة ) حيث تضاف النهاية (-وز) في نهاية اسم العنصر لتدل على الأيون ذى الشحنة الادنى ،

والنهاية (–يك) لتدل على الايون ذى الشحنة الاعلى . وتبعاً لذلك كان الايون $Fe^{2+}$ يدعى أيون الحديدوز . والأيون $Fe^{3+}$ أيون الحديديك . ولقد تم الاتفاق على التخلى عن كل هذه الاضافات والاكتفاء باسم العنصر وبعدد روماني يوضع بجانبه ليدل على عدد الشحنات التى يحملها أيون ذلك العنصر . فالمركب $FeCl_2$ يطلق عليه أسم كلوريد الحديد ( II ) والمركب $FeCl_3$ يدعى كلوريد الحديد ( III ) ... وهكذا .

**(ب) الأيونات السالبة ( الانيونات Anions ) :**

تميل ذرات اللافلزات المتعادلة الى اكتساب الكترون واحد أو اكثر ليصبح تركيبها الالكتروني مماثلا للغاز النادر الذى يليها في الترتيب وبذلك تتحول الى أيونات سالبة الشحنة . لنأخذ عنصر الكلور كمثال حيث نجد أن ذرة الكلور المتعادلة التى تحتوى على سبعة عشر بروتوناً وسبعة عشر الكتروناً تكتسب الكتروناً واحداً عندما يتاح لها ذلك لتتحول الى أيون الكلور السالب :

$$\underset{2,8,7}{Cl} + e^- \longrightarrow \underset{2,8,8}{Cl^-}$$

وتميل ذرة الأوكسجين الى اكتساب الكترونين :

$$\underset{2,6}{O} + 2e^- \longrightarrow \underset{2,8}{O^{2-}}$$

كذلك يمكن لذرة الهيدروجين في بعض الاحيان أن تكتسب الكتروناً متحولة الى أيون سالب آحادى الشحنة :

$$\underset{1}{H} + e^- \longrightarrow \underset{2}{H^-}$$

تسمى الأيونات السالبة التى تتشكل من ذرة واحدة بأسماء مؤلفة من بادئة

ولاحقة . ويتم توليد ( اشتقاق ) البادئة من أسم العنصر ، أما اللاحقة المميزة فهى ( يد ) أنظر الجدول رقم (٢ – ١) .

**أسماء بعض الأيونات آحادية الذرة :**

| أسم العنصر | بادئة أسم الايون | البادئه + يد (أسم الايون ) | رمز الايون |
|---|---|---|---|
| هيدروجين | هيدر | هيدريد | $H^-$ |
| أوكسجين | أوكســ | أوكسيد | $O^{2-}$ |
| فوسفور | فوسفــ | فوسفيد | $P^{3-}$ |
| كبريت | كبريت | كبريتيد | $S^{2-}$ |
| كربون | كربــ | كربيد | $C^{4-}$ |
| نيتروجين | نيتر | نيتريد | $N^{3-}$ |
| كلور | كلور | كلوريد | $Cl^-$ |
| فلور | فلور | فلوريد | $F^-$ |
| بروم | بروم | بروميد | $Br^-$ |
| يود | يود | يوديد | $I^-$ |

**(٢ – ٥) التكافؤ** : Valency

يعرف العدد الذى يدل على قيمة شحنة الايون بالتكافؤ ، فمثلا يكون عنصر الاوكسجين في معظم مركباته ثنائى التكافؤ ، نظرا لانه في هذه المركبات على هيئة $O^{2-}$ ، أما الصوديوم الذى يكون على شكل أيون آحادى الشحنة $Na^+$ فيعتبر آحادى التكافؤ . وهكذا ولا بد أن نذكر هنا أن شحنة الايون البسيط سواء كانت موجبة أو سالبة تعبرّ عما يعرف بعدد أكسدة العنصر Oxidation number .

**(٢ – ٦) الأيونات عديدة الذرات ( المجموعات الايونية ) :**

وهى الأيونات التى تحتوى على أكثر من ذرة لأكثر من عنصر ويطلق عليها الأيونات العديدة الذرات أو ( المجموعات الأيونية ) . تحمل هذه

المجموعات الأيونية شحنات موجبة أو سالبة ، ويبين الجدول بعض المجموعات الأيونية الشائعة وأسماءها :

الجدول رقم (٢ – ٢) – بعض المجموعات الأيونية

| أسم المجموعة الايونية | الصيغة | أسم المجموعة الايونية | الصيغة |
|---|---|---|---|
| الامونيوم | $NH_4^+$ | الكبريتات الهيدروجينية | $HSO_4^-$ |
| الهيدوركسيد | $OH^-$ | الكبريتات | $SO_4^{2-}$ |
| السيانيد | $CN^-$ | الفوسفيت | $PO_3^{3-}$ |
| الخلات (الاستات) | $C_2H_3O_2^-$ | الفوسفات ثنائية الهيدروجين | $H_2PO_4^-$ |
| النتريت | $NO_2^-$ | الفوسفات آحادية الهيدروجين | $HpO_4^{2-}$ |
| النترات | $NO_3^-$ | الفوسفات | $PO_4^{3-}$ |
| الكلورات | $ClO_3^-$ | البيرمنجنات | $Mn\ O_4^-$ |
| فوق الكلورات | $ClO_4^-$ | الكرومات | $CrO_4^{2-}$ |
| الكربونات الهيدروجينية ( البيكربونات) | $HCO_3^-$ | ثنائى الكرومات | $Cr_2\ O_7^{2-}$ |
| الكربونات | $CO_3^{2-}$ | | |
| الكبريتيت | $SO_3^{2-}$ | | |

لعلك تلاحظ أن تسمية المجموعات الأيونية التى تحتوى على الاوكسجين تتم بكتابة بادئة هى أسم العنصر ( الذى يوجد مع الاوكسجين ) مثل الكلور والكبريت والكروم ٠٠٠الخ متبوعة بالنهاية ( أت ) أو ( يت ) ، حيث تشير النهاية ( أت ) الى وجود عدد من ذرات الأوكسجين أكبر مما في الايون الذى ينتهى أسمه بـــ ( يت ) . الا أن هذه النهايات لا تشير الى العدد المطلق لذرات الاوكسجين . فمثلا صيغتا النترات والنتريت هما على الترتيب $NO_3^-$ و $NO_2^-$ بينما صيغتا الكبريتات والكبريتيت هما على الترتيب $SO_4^{2-}$ و $SO_3^{2-}$ . لذلك يجب حفظ هذه الايونات وصيغها .

تلاحظ كذلك في الجدول أن هنالك أيونين من الايونات العديدة الذرات السالبة التى لاتستعمل في تسميتها النهايات ( ات) و(يت) وهما أيون الهيدروكسيد $OH^-$ ، وأيون السيانيد $CN^-$ . حيث يسميان باستخدام النهاية (يد) كما في الايونات السالبة آحادية الذرة .

توجد كذلك بعض المجموعات الأيونية الأوكسجينية السالبة والتى تحتوى على هيدروجين ، وهذه تسمى بنفس أسم الايون الاوكسجينى السالب متبوعا بالصفة ( الهيدروجينية ) فمثلا تسمى $HCO_3^-$ الكربونات الهيدروجينية و $HSO_4^-$ الكبريتات الهيدروجينية و $HPO_4^{2-}$ الفوسفات آحادية الهيدروجين، وهكذا . لاحظ أننا لم نقل الكربونات الآحادية الهيدروجين أو الكبريتات الآحادية الهيدروجين لانه معروف ضمناً بانه لايوجد سوى آحادية فقط بعكس الفوسفات التى قد تكون آحادية أو ثنائية الهيدروجين ، وفي هذه الحالة يجب ذكر الرقم الذى يدل على ذرات الهيدروجين في الأيون .

إن السبب الذى يجعلك تفترض أن الكربونات أو الكبريتات ضمنا آحادية الهيدروجين هو أن هاتين المجموعتين مصدرهما حامضان ثنائيا الهيدروجين وهما حامض الكربون (IV) ( الكربونيك ) $H_2CO_3$ وحمض الكبريت (VI) (الكبريتيك) $H_2SO_4$ ، لذلك فان ازاحة هيدروجين واحد من اى من الحامضين يعطى الأيون الهيدروجينى ، أما ازاحة الهيدروجين الثاني فيعطى أيون الكربونات $CO_3^{2-}$ ، أو ايون الكبريتات $SO_4^{2-}$ . أما في حالة مجموعات الفوسفات فهى مجموعات مصدرها حامض الفوسفور (V) (الفوسفوريك ) ، وهو حامض ثلاثى الهيدروجين . لذا فانه يمكن ازاحة هيدروجين واحد من

جزىء الحامض لنحصل على مجموعة الفوسفات الثنائية الهيدوروجين $H_2PO_4^-$ ويمكن ازاحة أثنين من الهيدروجين لنحصل على مجموعة الفوسفات الاحادية الهيدروجين $HPO_4^{2-}$ .

نلاحظ عند كتابة صيغ المجموعات الأيونية عموما نكتب رمز الأوكسجين على يمين رمز العنصر الآخر الذى غالبا مايكون لافلزاً .

سترى فيما بعد أن المجموعات الأيونية تشترك في معظم التفاعلات كوحدة واحدة ، أى كما يفعل الايون احادى الذرة ، حيث أن ذرات العناصر المكونة للمجموعات الأيونية لاتنفصل عن بعضها أثناء أغلب تفاعلات هذه المجموعة الأيونية .

## (٢ – ٧) كتابة الصيغ الكيميائية للمركبات :

لكتابة الصيغ الكيميائية للمركبات يمكن اتباع القواعد الآتية :

**أولا :** إذا كان جزىء المركب يتكون من أيونين يحملان شحنات متفقة عدديا ولكنها مختلفة الاشارة فانهما يتحدان بنسبة ١:١ . الامثلة الواردة في الجدول (٢ – ٣) توضح ذلك :

الجدول (٢ –٣) اسماء وصيغ بعض المركبات

| اسم المركب | الايونات | الصيغة الكيميائية |
|---|---|---|
| كلوريد الصوديوم | $Na^+$ ، $Cl^-$ | Na Cl |
| بروميد البوتاسيوم | $K^+$ ، $Br^-$ | KBr |
| أوكسيد الكالسيوم | $Ca^{2+}$ ، $O^{2-}$ | CaO |
| كبريتات المغنيزيوم | $Mg^{2+}$ ، $SO_4^{2-}$ | $MgSO_4$ |
| فوسفات الالومنيوم | $Al^{3+}$ ، $PO_4^{3-}$ | $AlPO_4$ |

يتضح من الأمثلة أعلاه أن المجموع الجبرى للشحنات الموجبة والسالبة المحمولة على الأيونات المكونة للجزىء الواحد يساوى صفرا . يقودنا هذا الاستنتاج الى القاعدة الثانية في كتابه الصيغ الكيميائية للمركبات .

**ثانيا :** إذا كان جزىء المركب يتكون من أيونين يحملان شحنات مختلفة عدديا ومختلفة الإشارة كذلك ، فإنهما يتحدان بنسبة هى عكس نسبة الشحنات التى تحملها الأيونات ، يعنى هذا أننا قد نحتاج الى أكثر من أيون واحد في بعض الاحيان . في هذه الحالة فان عدد الأيونات يشار اليه برقم يكتب أسفل يمين رمز الأيون . مثلا $Na_2O$ تعنى أن هناك أيونين من الصوديوم وأيون واحد من الاوكسيد في صيغة أوكسيد الصوديوم .

عندما تكون هناك حاجة لاثنين أو أكثر من المجموعات الايونية في صيغة المركب فان المجموعة الايونية توضع بين قوسين ثم يكتب رقم اسفل يمين القوس الأيمن يشير الى عدد المجموعات الأيونية مثلا :

الصيغة : $Ca(OH)_2$ تشير الى أن جزىء هيدروكسيد الكالسيوم يحتوى على أيون واحد من الكالسيوم ومجموعتين من أيون الهيدروكسيد .

إنه من المهم عند كتابة الصيغ الكيميائية للمركبات التى تحتوى على مجموعات أيونية ، الاحتفاظ لتلك المجموعات بتماسكها ووحدتها .

دعنا الآن ننظر الى المركب فوسفات الصوديوم الذى يحتوى على أيونات الصوديوم والفوسفات . يحمل أيون الصوديوم شحنة موجبة واحدة : $Na^+$ ؛ بينما يحمل أيون الفوسفات ثلاث شحنات سالبة $PO_4^{3-}$ . إذن نحتاج الى ثلاثة أيونات صوديوم لتتحد مع مجموعة واحدة من الفوسفات بحيث يكون المجموع الجبرى للشحنات الموجبة والسالبة صفرا في جزىء مركب فوسفات الصوديوم الذى يكتب هكذا : $Na_3PO_4$ .

في الجدول رقم (٢- ٤) تجد مزيدا من الامثلة :

الجدول (٢- ٤) اسماء وصيغ مركبات أخرى

| أسم المركب | الأيونات | الصيغة الكميائية للمركب |
|---|---|---|
| كلوريد المغنيزيوم | $Mg^{2+}$ ، $Cl^-$ | $MgCl_2$ |
| كبريتات البوتاسيوم | $K^+$ ، $SO_4^{2-}$ | $K_2SO_4$ |
| فلوريد الالومنيوم | $Al^{3+}$ ، $F^-$ | $AlF_3$ |
| كبريتات الحديد (III) | $Fe^{3+}$ ، $SO_4^{2-}$ | $Fe_2(SO_4)_3$ |
| كربونات الامونيوم | $NH_4^+$ ، $CO_3^{2-}$ | $(NH_4)_2CO_3$ |
| فوسفات الباريوم | $Ba^{2+}$ ، $PO_4^{3-}$ | $Ba_3(PO_4)_2$ |

المجموع الجبرى لعدد الشحنات الموجبة والسالبة التى تحملها الذرات ( الأيونات ) المكونة لجزىء المركب يساوي صفراً .

لعلك تكون قد لاحظت أن عدد الشحنات الموجبة أو السالبة التى تحملها الذرة ( أو المجموعة الايونية ) تساوى عدديا تكافؤ تلك الذرة أو المجموعة الأيونية . لذا لابد لكتابة الصيغ الكيميائية للمركبات أن تكون ملما بالاتي :

١- رموز العناصر والمجموعات الأيونية الداخلة في تكوين ذلك المركب .
٢- تكافؤات تلك العناصر والمجموعات الأيونية .

## تمريـــــن على الوحدة الثانية

١- ما الفرق بين الذرة والجزىء ؟
٢- أذكر بعض العناصر التى توجد على هيئة جزيئات آحادية الذرة وعناصر أخرى توجد على هيئة جزيئات ثنائية الذرة .
٣- ما الفرق بين الرمز والصيغة ؟ وما الفرق بين $2H$ , $H_2$ ؟
٤- ماذا يقصد بالأيونات عديدة الذرات ؟ كيف تسمى الأيونات عديدة الذرات التى تحتوى على الاوكسجين ؟
٥- طابق أسماء العناصر مع رموزها فيما يلي :

| | |
|---|---|
| ( أ ) كربون | ( 1 ) O |
| ( ب) يود | ( 2 ) Ca |
| ( ج ) كبريت | ( 3 ) I |
| ( د ) كالسيوم | ( 4 ) C |
| ( هـ ) ذهب | ( 5 ) S |
| ( و ) أوكسجين | ( 6 ) Au |

٦- اكتب اسم كل من الأيونات الآتية :

$NH_4^+$ ، $HSO_4^-$ ، $ClO_3^-$ ، $NO_2^-$ ، $MnO_4^-$ ، $H^-$ ، $Na^+$

٧- اكتب صيغ كل من الأيونات الآتية :

أيون الكبريتيد ، أيون النحاس ، أيون النترات ، أيون الفوسفيت ، أيون الفوسفات ثنائية الهيدروجين ، أيون اليودات ، أيون الكربونات الهيدروجينية .

# الوحدة الثالثة

## الروابط الكيميائيـــة – Chemical Bonds

### ( ٣ – ١ ) مقدمة :

راينا فيما سبق عند دراسة تركيب الذرة أن لكل عنصر تركيبا الكترونيا يختلف عن الآخر وإن ترتيب الالكترونات بطرق معينة تنتج عنه ذرات مستقرة تكون العناصر الكيميائية المختلفة . ولما كانت الاجسام في الكون تسعى الى إتخاذ التركيب الذى تكون طاقتها بموجبه في أدنى مستوى ممكن ، فإنه من الطبيعى أن نعتبر أن التركيب الالكترونى لذرات العناصر ، من شأنه أن يجعلها في أدنى مستوى من الطاقة .

السؤال الذى يتبادر الى الاذهان الآن هو : إذا كانت ذرات العناصر بتركيبها الالكترونى مستقرة لأنها في أدنى مستوى من الطاقة فلماذا تميل ذرات كثير من العناصر الى الاتحاد او الارتباط بذرات العناصر الأخرى لتكون المركبات ؟ .

ولعل الاجابة المنطقية عن هذا السؤال هى انه عندما تتحد ذرات عنصر ما مع ذرات عنصر آخر لتكون مركباً كيميائياً ، إنما تفعل ذلك لأن طاقة المركب الناتج أقل من مجموع طاقات الذرات المنفردة للعناصر المكونة له ، تنشأ بين الذرات التى تتحد مع بعضها قوى تجعلها مرتبطة ببعضها . يؤدى نشوء مثل هذه القوى بين الذرات إلى تكوين ما يعرف بالروابط الكيميائية .

### ( ٣ – ٢ ) أنواع الروابط الكيميائية :

عند النظر الى الجدول الآتي الذى يوضح التركيب الالكتروني لذرات الغازات النادرة نلاحظ أن الغلاف الخارجي لذرة كل عنصر ( عدا الهليوم ) يحتوى على ثمانية الكترونات ، على الرغم من أن الاغلفة الخارجية لذرات كل من الارجون والكربتون والزينون والرادون لاتحتوى على العدد الاقصى من الالكترونات . لذا يمكن القول أن كل الغازات النادرة (الخاملة ) تتميز ذراتها في أن الغلاف الالكترونى الخارجى لذرة كل من هذه الغازات يحتوى على ثمانية

الكترونات ( عدا الهليوم الذى يحتوى غلافه الخارجى على الكترونين وهو أقصى عدد من الالكترونات يمكن أن يستوعبه هذا الغلاف ) .

العناصر الواردة في الجدول رقم (٣ – ١) تعرف بالغازات الخاملة أو النادرة وذلك لندرة وجودها في الطبيعة . كذلك توصف هذه الغازات بانها خاملة لأنها لاتدخل في تفاعلات كيميائية عند الظروف العادية .

الجدول رقم (٣ – ١)

الغازات الخاملة ، اسماؤها ، رموزها ، وتراكيبها الالكترونية

| إسم الغاز | الرمز | العددالذرى | التركيب الالكتروني | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | K | L | M | N | O | P |
| الهيليوم | He | 2 | 2 | | | | | |
| النيون | Ne | 10 | 2 | 8 | | | | |
| الارجون | Ar | 18 | 2 | 8 | 8 | | | |
| الكربتون | Kr | 36 | 2 | 8 | 18 | 8 | | |
| الزينون | Xe | 54 | 2 | 8 | 18 | 18 | 8 | |
| الرادون | Rn | 86 | 2 | 8 | 18 | 32 | 18 | 8 |

**التركيب الالكترونى لذرات الغازات الخاملة :**

أن التركيب الالكترونى المميز للغازات الخاملة بوجود ثمانية الكترونات في الغلاف الخارجى لابد أن تكون له صلة وثيقة بالخمول الذى تتميز به ذرات تلك الغازات . حيث يعد ذلك التركيب مستقرا مما يصعب معه إضافة أو انتزاع الكترونات لذلك الغلاف الخارجى المستقر . لذا فان ذرات هذه العناصر تجد صعوبة بالغة في الاتحاد مع ذرات أخرى لتكون مركبات في الظروف العادية .

تميل ذرات العناصر الاخرى الى إمتلاك هذا التركيب الالكترونى المستقر وذلك يجعل أغلفتها الخارجية تحتوى على هذا العدد المميز من الالكترونات ( ثمانية الكترونات ) . لذا فان التفاعلات الكيميائية التى تدخل فيها بقية العناصر هي في الواقع محاولة من تلك العناصر لكى تصل بذراتها الى

غلاف الكتروني خارجي يحتوى على ثمانية الكترونات . وتصل ذرات العناصر عادة الى هذا التركيب الالكتروني المستقر اما بفقدان الكترونات من الغلاف الخارجي أو باكتساب الكترونات لذلك الغلاف أو بالمشاركة فى الكترونات مع ذرات أخرى .

ودعنا نضرب مثلا بذرة الهيدروجين التى تمتلك الكترونا واحدا في غلافها إذ يمكن لهذه الذرة ان تكتسب الكترونا آخر ليصبح لها تركيب الكتروني مشابه للتركيب الالكتروني لذرة الهليوم وبالتالى تتحول ذرة الهيدروجين المتعادلة الى أيون سالب يحمل شحنة سالبة واحدة .

ذرة هيدروجين + الكترون ⟵ أيون هيدريد سالب

$$H + e^- \longrightarrow H^-$$

أما ذرة الفلور والتى لها سبعة الكترونات في غلاف الطاقة الخارجي فيمكنها إكتساب الكترون واحد الى غلاف الطاقة الخارجي ليصبح لها تركيب الكتروني مشابه للتركيب الالكتروني لذرة النيون وتتحول بالتالى ذرة الفلور المتعادلة الى أيون الفلوريد السالب بشحنة واحدة .

ذرة فلور + الكترون ⟵ أيون فلوريد سالب

$$F + e^- \longrightarrow F^-$$

أما ذرة الكبريت والتى لها ستة الكترونات في غلاف التكافؤ (غلاف الطاقة الخارجي) : $_{16}S$ : 2 , 8 , 6 :

فيمكنها اكتساب الكترونين ليصبح لها تركيب الكتروني مشابه للتركيب الالكتروني لذرة الأرجون وتتحول بالتالي ذرة الكبريت المتعادلة الى أيون الكبريتيد السالب بشحنتين .

ذرة كبريت + الكترونان ← ايون كبريتيد سالب

$$S + 2e^{-} \rightarrow S^{2-}$$

أما ذرة الصوديوم والتى لها الكترون واحد في غلاف الطاقة الخارجى ( وهو الغلاف الثالث في الذرة ) والذى يسبقه غلاف يشتمل على ثمانية الكترونات .

Na : 2 , 8 , 1

يمكن لذرة الصوديوم هذه أن تفقد الالكترون الوحيد الموجود في الغلاف الخارجي ليصبح غلافها الخارجى وهو الغلاف الثاني محتويا على ثمانية الكترونات . ويصبح لها بالتالى تركيب الكترونى مشابه لذرة النيون . إلا أن ذرة الصوديوم بفقدها الكترونا تتحول الى أيون الصوديوم الموجب بشحنة واحدة ، ويصبح لها بالتالى تركيب الكترونى مشابه للتركيب الالكترونى لغاز النيون .

ذرة صوديوم ⟵ أيون صوديوم موجب + الكترون

$$Na \longrightarrow Na^{+} + e^{-}$$

يمكن لذرة الكالسيوم التى لها الكترونان في غلاف الطاقة الخارجي ( وهو الغلاف الثالث ) أن تفقد هذين الالكترونين متحولة الى أيون الكالسيوم الموجب والذى يحتوى على ثمانية الكترونات في غلافها الثانى ( والذى أصبح هو الغلاف الاخير ) .

ويصبح لها بالتالى تركيب الكترونى مشابه للتركيب الالكترونى لذرة الارجون .

| ذرة كالسيوم ⟵ أيون كالسيوم موجب + الكترونان |
| --- |
| $Ca \longrightarrow Ca^{++} + 2e^{-}$ |

لعله قد إتضح لك الآن أن ذرات بعض العناصر لها ميل لفقد واحد أو اكثر من الكتروناتها الخارجية أو اكتساب الكترون أو اكثر في غلاف الطاقة الخارجى ليصبح تركيبها الالكترونى مشابها للتركيب الالكترونى لاقرب غاز خامل .

الذرات التى تميل عادة لفقد الكتروناتها هى ذرات الفلزات ، أما الذرات التى تميل عادة لاكتساب الالكترونات فهى ذرات اللافلزات . لماذا ؟

**مثال :**

كيف يمكن لذرة الأوكسجين أن تصل الى تركيب الكترونى مشابه للتركيب الالكترونى لاقرب غاز خامل ؟

العدد الذرى للاوكسجين 8 إذن تتوزع الالكترونات في ذرة الأوكسجين على النحو الاتى :

2 الكترون في المدار الاول

6 الكترون في المدار الخارجي

إذن تستطيع ذرة الاوكسجين الوصول الى التركيب الالكترونى لاقرب غاز خامل وهو النيون Ne باكتساب الكترونين في مدارها الخارجى ليصبح توزيع الكتروناتها على النحو التالى : 2 فى المدار الاول 8 الكترونات في المدار الخارجى .

مستخدماً الطريقة التي إتبعت في المثال أعلاه وضح :

كيف يمكن لذرات العناصر التالية أن تصل الى تركيب الكترونى مشابه للتركيب الالكترونى لاقرب غاز خامل بفقدان أو إكتساب الكترونات ، والذرات هي : $_{9}F$ ، $_{13}Al$ ، $_{15}P$ ، $_{17}Cl$

**قاعدة عامة :**

تميل الذرات التى يوجد في غلافها الخارجى عدد من الالكترونات يترواح بين ١ – ٣ وهى المعروفة بالفلزات ، تميل عادة لفقد الكترونات الغلاف الخارجى متحولة الى أيونات تحمل شحنات كهربائية موجبة يشابه تركيبها الالكترونى التركيب الالكترونى لأقرب غاز خامل .

أما الذرات التى يوجد فى غلافها الخارجى عدد من الالكترونات يتراوح بين ٤ – ٧ وهى المعروفة باللافلزات تميل عادة الى أكتساب الكترونات الى الغلاف الخارجى متحولة الى أيونات ذات شحنات كهربائية سالبة يشابه تركيبها الالكترونى التركيب الالكترونى لاقرب غاز خامل .

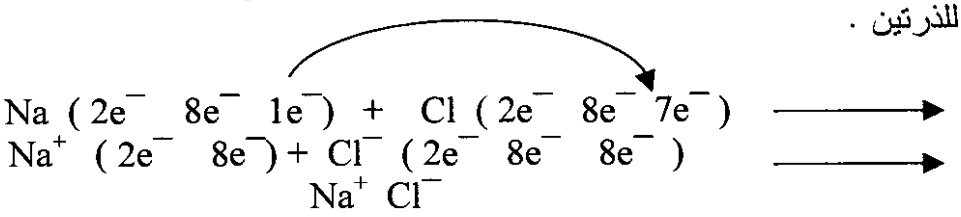
كيف يمكن لبعض الذرات أن تصل لتركيب الكترونى مستقر بالمشاركة في الكترونات مع ذرات أخرى ؟

عند تكوين جزىء الهيدروجين $H_2$ من ذرتى هيدروجين ليس هناك مايبرر ميل أحدى ذرتى الهيدروجين لفقد الكترون لتكسبه الذرة الاخرى من جزىء إذ أن لكلتا الذرتين نفس الميل لفقدان او اكتساب الكترون . إن ما يحدث فى هذه الحالة ان كل ذرة من الذرتين تسهم بالكترون في الغلاف الخارجي لتكون الذرتان زوجا الكترونيا مشتركا . وسوف تتم مناقشة هذا الأمر بشئ من التفصيل عندما نتعرض للحديث عن الرابطة الكيميائية التى تنشأ فى هذا النوع من الجزيئات .

بناءً على ما سبق من المتوقع أن ترتبط ذرات العناصر مع بعضها البعض بطريقتين رئيستين هى الترابط الايونى الذى يتم عن طريق انتقال الالكترونات من الغلاف الالكترونى الخارجى لذرة عنصر ما الى الغلاف الالكترونى الخارجى لذرة عنصر آخر ، والترابط الاسهامى الذى يتم عن طريق مشاركة ذرتين لبعضهما البعض في الالكترونات الموجودة في الغلاف الالكترونى الخارجى لكل منها .

## ( ٣ – ٣ ) الرابطة الايونية Ionic Bond :

لقد لاحظت في الفقرة (٣ –٢) كيف يمكن لذرة الصوديوم الوصول الى تركيب الكتروني مستقر بفقدان الالكترون الوحيد الموجود في الغلاف الخارجي. ولعلك قد استطعت كذلك أن تصل بذرة الكلور الى تركيب الكتروني شبيه بالتركيب الالكتروني لذرة الارجون ($_{18}Ar$) وفيما يلي تلخيص لما حدث للذرتين .




يتم الترابط بين الايون الموجب والايون السالب نتيجة للتجاذب الكهرستاتيكى بينهما . والتجاذب الكهرستاتيكى هو التجاذب الذى ينشا بين جسيمات تحمل شحنات كهربائية متضادة . والايونات عبارة عن جسيمات تحمل شحنات كهربائية سالبة أو موجبة .

إن التفاعل الكيميائى الذى يحدث بين الصوديوم والكلور يؤدى الى تكوين كلوريد الصوديوم ( ملح الطعام ) عبر الخطوات التالية :

$$Na \longrightarrow Na^+ + e^-$$

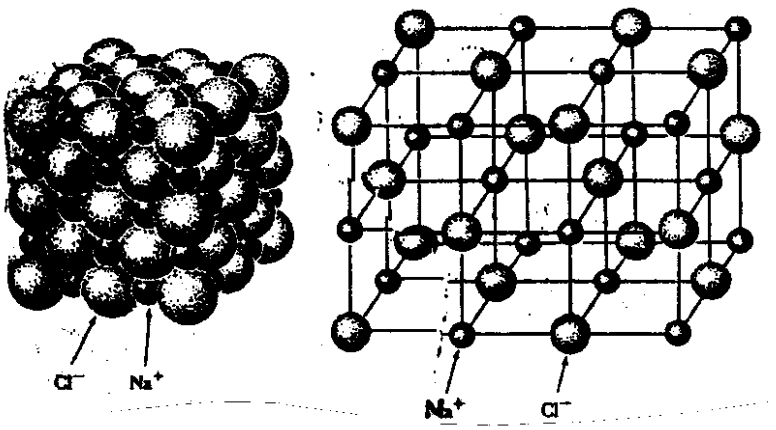
$$Cl + e^- \longrightarrow Cl^-$$

$$Na^+ + Cl^- \longrightarrow Na^+ Cl^-$$

يتكون كلوريد الصوديوم الصلب من بلورات مكعبة تحتوى على أعداد كبيرة من أيونات الصوديوم وايونات الكلور مرتبة بطريقة معينة بحيث يرتبط فيها كل أيون من أيونات الصوديوم بسته من أيونات الكلوريد وبالمثل فأن كل أيون من أيونات الكلوريد نجده في البلورة مرتبطاً بسته من أيونات الصوديوم ، ( عدا عند سطح البلورة ) .

على ذلك فان بلورات ملح الطعام الصلب التى نشاهدها هى في الواقع عبارة عن تجمع الملايين من هذه الايونات ولكن تظل نسبة أيونات $Na^+$ الى أيونات $Cl^-$ هى نسبة واحد : واحد .

**الشكل رقم (٣ – ١)**
**التركيب البلورى لملح الطعام NaCl :**




لعلك تلاحظ من الشكل الذى يوضح التركيب البلورى لملح الطعام أن أيون الصوديوم أصغر حجما من أيون الكلوريد ويعزى ذلك لعاملين :

١- فقدت ذرة الصوديوم الالكترون الوحيد الموجود في الغلاف الخارجي وبالتالي فقدت الغلاف الخارجي مما يعنى أن حجم الايون الناتج أصبح أصغر مما كان عليه حجم الذرة .

٢- الالكترونات العشرة المتبقية في أيون الصوديوم أصبحت منجذبة بواسطة أحد عشر بروتونا في النواة مما يؤدى الى إقترابها أكثر من النواة .

أما أيون الكلوريد فهو أكبر حجما من ذرة الكلور نسبة لأن إضافة الكترون الى المدار الخارجي لذرة الكلور يقلل من الجذب النووى لجميع الالكترونات . مما يؤدى الى تمديد الحجم .

من الواضح الآن أن الذرات التى تفقد الكترونات التكافؤ ( الكترونات المدار الخارجي ) لتتحول الى أيونات موجبة تصبح اصغر حجما . أما الذرات التى تكتسب الكترونات لتتحول الى أيونات سالبة تصبح أكبر حجما من الذرات المتعادلة والجدول رقم (٣ – ٢) يوضح ذلك .

**الجدول رقم (٣ – ٢)**
**أنصاف الأقطار الذرية والأيونية لبعض الفلزات واللافلزات (بوحدات النانوميتر*)**

| الذرة | نق الذرى (نانوميتر nm ) | الأيون الموجب | نق الأيونى nm | الذرة | نق الذرى nm | الأيون السالب | نق الأيونى nm |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Li | ٠,١٢٣ | $Li^+$ | ٠,٠٦٠ | F | ٠,٠٧١ | $F^-$ | ٠,١٣٦ |
| Na | ٠,١٥٦ | $Na^+$ | ٠,٠٩٥ | Cl | ٠,٠٩٩ | $Cl^-$ | ٠,١٨١ |
| K | ٠,٢٠٣ | $K^+$ | ٠,١٣٣ | Br | ٠,١١٤ | $Br^-$ | ٠,١٩٥ |
| Mg | ٠,١٣٦ | $Mg^{2+}$ | ٠,٠٦٥ | O | ٠,٠٦٦ | $O^{2-}$ | ٠,١٤٠ |
| Al | ٠,١٢٥ | $Al^{3+}$ | ٠,٠٥٠ | S | ٠,١٠٤ | $S^{2-}$ | ٠,١٨٤ |

* النانوميتر nm = $\frac{١}{١٠^{٩}}$ متر

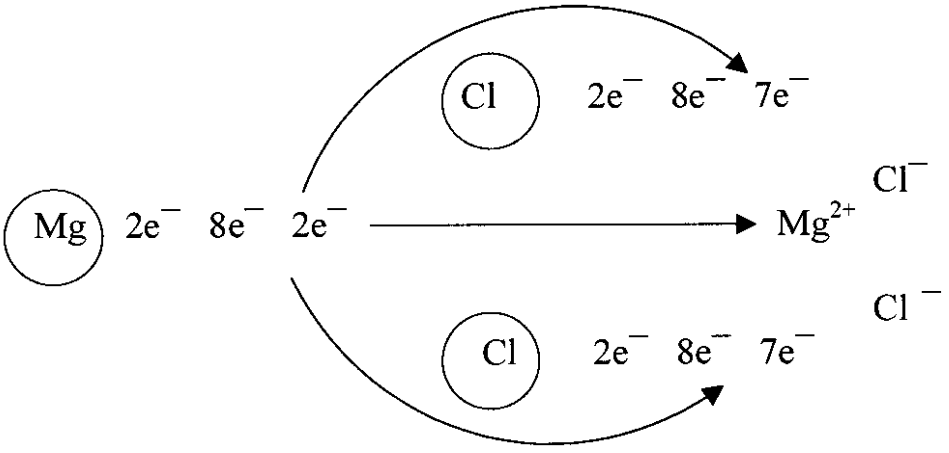
أدرس البيانات الواردة في الجدول أعلاه جيدا ثم أجب عن الاسئلة التالية :

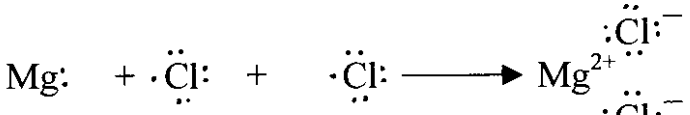
- ماذا تلاحظ عند مقارنة نصف القطر الذرى للفلزات مقارنة بنصف القطر الايونى لايونات تلك الفلزات ؟
- ماذا تلاحظ عن أنصاف الاقطار الذرية للافلزات عند مقارنتها بانصاف الاقطار الايونية لايونات تلك اللافلزات ؟
- كيف تعلل ذلك ؟

لننظر للمثال الأتى الذى يوضح خطوات تكوين الرابطة الايونية في كلوريد المغنيزيوم :

يشير التركيب الالكترونى لذرة الماغنزيوم الى وجود الكترونين في المدار الخارجي ، لذا فان ذرة الماغنيزيوم إما أن تفقد الكترونين أو تكتسب سته الكترونات للمدار الخارجي . إذا تفاعل الماغنيزيوم مع الكلور فإن كل ذرة من ذرات الكلور فى حاجة الى الكترون لتضيفه الى مدارها الخارجى ليكتمل الى

ثمانية الكترونات . ويعنى هذا أن ذرة واحدة من الماغنيزيوم تحتاج الى ذرتين من الكلور لتمنحها الكترونين . لذا فإن المركب الناتج يحتوى على ذرة واحدة من الماغنيزيوم وذرتين من الكلور وهو المركب المعروف بكلوريد الماغنيزيوم . في هذا المركب يكون لأيون الماغنيزيوم شحنتان موجبتان . ولكل أيون من أيونى الكلوريد شحنة سالبة واحدة . الشكل التالي يوضح كيفية انتقال الكترونين من ذرة الماغنيزيوم الى ذرتى كلور .



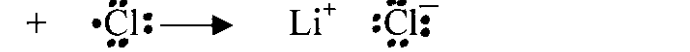

أدرس الامثلة الآتية وتعرف على فقد وإكتساب الالكترونات بين الذرات في كل مثال للوصول الى تركيب الكترونى مستقر للايونات في المركبات الناتجة

( أ ) كلوريد الليثيوم LiCl

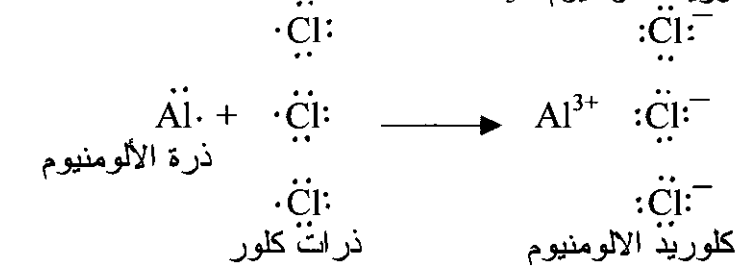
$$Li + Cl \longrightarrow Li^{+}\ Cl^{-}$$

ذرة ليثيوم ذرة كلور كلوريد الليثيوم

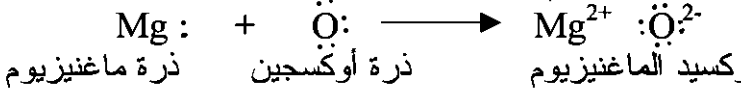
$$Li\ (2e^{-}\ 1e^{-}) + Cl\ (2e^{-}\ 8e^{-}\ 7e^{-}) \longrightarrow Li^{+}(2e^{-})\ Cl\ (2e^{-}\ 8e^{-}\ 8e^{-})\ Cl^{-}$$



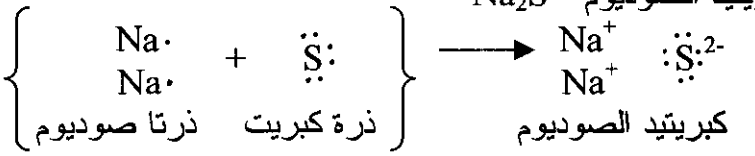
(ب) كلوريد الالومنيوم $AlCl_3$ :



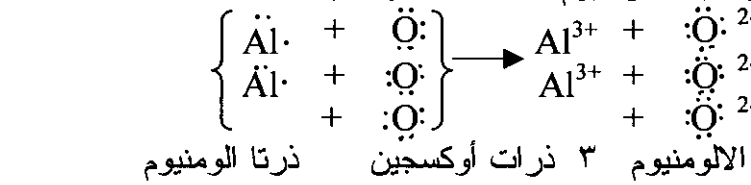

( ج ) أوكسيد الماغنيزيوم MgO :




( د ) كبريتيد الصوديوم $Na_2S$




( هـ ) أوكسيد الالومنيوم $Al_2O_3$




لعلك لاحظت فى كل الامثلة أعلاه أن المدار الخارجى في الايونات السالبة المتكونة يحتوى على ثمانية الكترونات ينتج عن هذا التركيب ازدواج جميع الالكترونات في المدار الخارجي ( وجودها على هيئة اربعة أزواج ) .

**تعريف الرابطة الايونية :**

تنشأ الرابطة الايونية حينما يحدث انتقال تام لالكترون واحد أو أكثر من ذرة الى ذرة اخرى . تكون لذرات الفلزات عادة قابلية لفقد الكترونات التكافؤ ، لذلك فهى تميل لتكوين روابط أيونية عند تفاعلها مع ذرات اللافلزات .

تعتبر الروابط الأيونية من أقوى الروابط الكيميائية ولهذا فانه يصعب فصل الايونات في بلورات المركبات الأيونية عن بعضها ، ونجد هذه المركبات مستقرة التركيب كما أن الايون الواحد الذى يحمل شحنة معينة في هذه المركبات لاينجذب الى أيون واحد فقط ذى شحنة مضادة . لذا فإن من الصعب جدا فصل جزيئات مستقلة في المركبات الأيونية . وإذا نظرنا الى التركيب الكلى لجسم المركب الايونى نجده يتكون من أيونات موجبة وأيونات سالبة متداخلة ومتراصة مع بعضها بأشكال هندسية معينة يحددها حجم كل من الايونات الموجبة والسالبة والشحنات الكهربائية على كل منها .

نتيجة لهذا الترتيب وللقيم المرتفعة لطاقة الترتيب البلورى تكون المركبات الايونية عادة ذات نقاط انصهار وغليان مرتفعة جدا . أنظر الجدول رقم (٣ – ٣) :

الجدول رقم (٣ – ٣)

نقاط الانصهار والغليان لبعض المركبات الأيونية

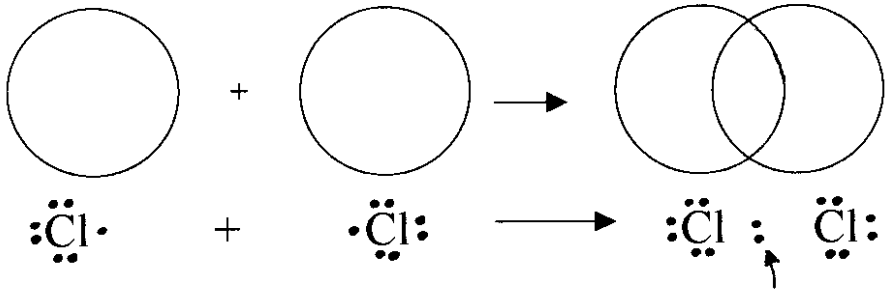
| المركب | نقطة الانصهار (°م ) | نقطة الغليان (°م ) |
|---|---|---|
| NaCl | ٨٠٠ | ١٤٤٢ |
| NaBr | ٧٥٥ | ١٣٩٠ |
| KCl | ٧٧٦ | ١٣٨٠ |
| KBr | ٧٣٠ | ١٤٣٥ |
| CaO | ٢٥٨٠ | ٢٨٥٠ |

نتيجة لكون المركبات الايونية ناتجة من اتحاد ايونات مشحونة فإنه عند صهر هذه المركبات أو إذابتها في الماء تصبح الايونات قادرة على الحركة . لذا فان مصهورات المركبات الايونية ومحاليلها المائية موصلات جيدة للكهرباء .

## ( ٣ – ٤ ) الرابطة الاسهامية :

تشير نتائج التحليل الكيميائى لغاز الكلور ان الجزئ الواحد من هذا الغاز يتكون من ذرتى كلور ( الصيغة الجزيئية لغاز الكلور هى $Cl_2$ ) .

عندما تتحد ذرتان من الكلور معا لانستطيع تطبيق مفاهيم الرابطة الايونية لتفسير الرابطة التى تنشأ بين هاتين الذرتين اذ ليس هناك ما يبرر استعداد إحدى ذرتى الكلور لفقد الكترون لتكتسبه الذرة الاخرى ، إذ أنهما ذرتان لعنصر واحد لهما ميل متساوى لاكتساب وفقدان الالكترونات . وحتى اذا إفترضنا إن إحدى الذرتين فقدت الكترونا لتكتسبه الاخرى . فان الذرة التى فقدت سوف تحتوى في مدارها الخارجي على سته الكترونات وهى حالة غير مستقرة . إن ما يحدث في هذه الجزيئات هو أن كل ذرة من الذرتين تسهم بالكترون من مدارها الخارجى لتكون الذرتان زوجا الكترونيا يقضى جزءا كبيرا من وقته في الفراغ الموجود بين الذرتين . ويكون الزوج الالكترونى هذا منجذبا إلى نواتى الذرتين المتجاورتين في نفس الوقت وبالتالى فإنه يشدهما لبعضهما ويمكن توضيح ذلك في الشكل التالي .




يمكن أيضا التعبير عن الرابطة التساهمية التى نشأت بين ذرتى الكلور على النحو التالى : Cl - Cl

في هذه الحالة فإن كلاً من ذرتى الكلور لاتملك شحنة سالبة أو موجبة إذ لكل منهما نفس عدد البروتونات وتجذبان بقدر متساوٍ الزوج الالكترونى المشترك .

أمثلة أخرى لجزيئات تحدث فيها مساهمة ( مشاركة ) في الالكترونات بين ذرتين لنفس العنصر هى : جزيئات الهيدروجين $H_2$ ، الاوكسجين $O_2$ ، النتروجين $N_2$ ، الفلور $F_2$ ، البروم $Br_2$ ، واليود $I_2$

$$\ddot{I}:\ddot{I}: \quad ، \quad :\ddot{B}r:\ddot{B}r: \quad ، \quad :\ddot{F}:\ddot{F}: \quad ، \quad H:H \quad ، \quad :\ddot{O}::\ddot{O}: \quad ، \quad :N:::N:$$

اليود البروم الفلور الهيدروجين الاوكسجين النتروجين

يمكن التعبير عن هذه الروابط بخطوط بحيث يمثل كل خط زوجا الكترونيا .

$$I - I \quad ، \quad Br - Br \quad ، \quad F - F \quad ، \quad H - H$$

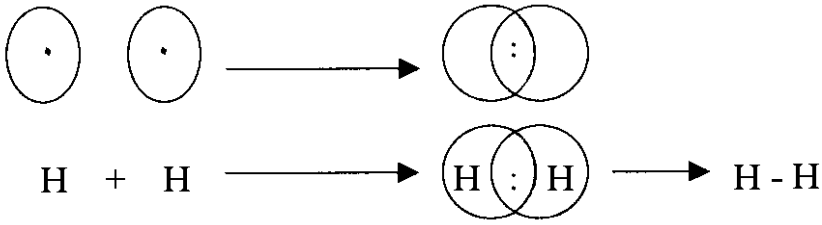
اليود البروم الفلور الهيدروجين

$$N \equiv N \quad ، \quad O = O$$

النتروجين الاوكسجين

تنتج الرابطة الاسهامية من المشاركة او المساهمة في الالكترونات بين الذرات الرابطة الكيميائية الاسهامية ، وهى الرابطة الاكثر وجودا في المواد .

لعل أبسط مثال على الرابطة الاسهامية هو جزىء الهيدروجين $H_2$ حيث تساهم كل ذرة هيدروجين بالكترون لتكون الذرتان الزوج الالكترونى الرابط .




نلاحظ أن كل ذرة من ذرتى الهيدروجين في الجزىء محاطة بالكترونين، علما بإن سعة مدار التكافؤ للهيدروجين الكترونان . هذا يعنى أن

كلا من ذرتى الهيدروجين في الجزىء أصبحت تمتلك تركيبا الكترونيا مماثلا لتركيب الهليوم .

**مثال آخر:**

لننظر الان الى فلوريد الهيدروجين HF . نجد في هذا الجزىء ان كلا من ذرة الفلور والهيدروجين تساهم بالكترون واحد لتكوين الزوج الالكترونى الرابط .

$$H\cdot + \cdot\ddot{\underset{\cdot\cdot}{F}}: \longrightarrow H : \ddot{\underset{\cdot\cdot}{F}}: \longrightarrow H - F$$

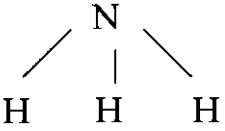
حول ذرة الفلور في جزىء HF ثمانية الكترونات بينما بذرة الهيدروجين الكترونان فقط علماً بإن سعة مدار التكافؤ للفلور هى ثمانية الكترونات . تلاحظ ان هنالك ثلاثة أزواج من الالكترونات حول ذرة الفلور في جزىء فلوريد الهيدروجين لا تشارك في تكوين الرابطة الاسهامية مع الهيدروجين . تسمى هذه الازواج الالكترونية التى لا تشارك في تكوين الروابط الاسهامية الازواج الحرة .

**مثال ثالث :**

إذا نظرنا الى جزئ النشادر $NH_3$ ، فمن المعروف أن مدار التكافؤ للنتروجين يحتوى على خمسة الكترونات ، ولما كانت ذرة النتروجين محاطة بثلاثة ذرات من الهيدروجين في جزئ النشادر فإن ذرة النتروجين تستخدم ثلاثة الكترونات لتساهم في تكوين ثلاثة روابط اسهامية على النحو التالي :

$$3\,H\cdot + \cdot\ddot{\underset{\cdot\cdot}{N}}\cdot \longrightarrow H : \underset{H}{\ddot{\underset{\cdot\cdot}{N}}} : H$$

لذرة النتروجين في جزىء $NH_3$ زوج الكترونى حر . يمكن كتابة جزىء النشادر على النحو التالي :

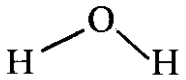



**مثال رابع :**

جزىء الماء $H_2O$

$$2H\cdot + \cdot\ddot{O}\cdot \longrightarrow H:\ddot{O}:_{H}$$

يمكن التعبير عن الرابطة الناشئة في جزئ الماء كالاتي :



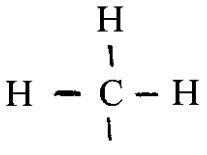
تحيط بذرة الاوكسجين ثمانية الكترونات في جزىء $H_2O$ . كم يبلغ عدد الازواج الالكترونية الحرة في ذرة الاوكسجين في جزىء الماء ؟

**مثال خامس :**

جزئ الميثان $CH_4$

$$4H\cdot + \cdot\dot{C}\cdot \qquad H:\overset{H}{\underset{H}{\ddot{C}}}:H$$

يمكن اختصار تركيب جزئ $CH_4$ على النحو التالي :



تحيط بذرة الكربون ثمانية الكترونات في جزىء $CH_4$ .

* هل لذرة الكربون في $CH_4$ أزواج حرة ؟

نلاحظ من الامثلة السابقة ان ذرات الفلور والنتروجين والاوكسجين والكربون عند دخولها في تفاعلات كيميائية تسعى لان تحيط نفسها بثمانية الكترونات في مدار التكافؤ لتحصل على التركيب الالكترونى المماثل للتركيب الالكترونى لأقرب غاز خامل لها وهو غاز النيون .

يمكن لبعض الذرات أن تساهم باكثر من زوج الكترونى مما يؤدى الى تكون روابط اسهامية مزدوجة أو ثلاثية كما يتضح في الامثلة التالية :

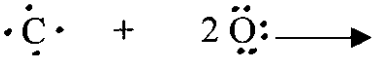
١/ جزىء الاوكسجين $O_2$

$$:\dot{O}: + :\dot{O}: \longrightarrow :\ddot{O}::\ddot{O}:$$

يمكن التعبير عن الرابطة المزدوجة على النحو التالى :

$$O = O$$

٢/ جزىء ثانى أوكسيد الكربون $C O_2$



والذى يمكن التعبير عنه كالآتي :

$$O = C = O$$

٣/ جزىء النيتروجين :

والذى يمكن التعبير عنه كالاتي :

$$N \equiv N$$

**تمريـــن :**

فيما يلي عدد من جزيئات المركبات الاسهامية :

أرسم جزيئات تلك المركبات مستخدما طريقتي الالكترونات ( : ) والخطوط ( – ) لتوضح تركيب تلك الجزيئات ، والجزيئات هى :

$$CH_3 - CH_2OH \quad , \quad C Cl_4 \quad , \quad HBr$$

**خصائص الرابطة الاسهامية :**

لما كانت الرابطة الاسهامية الواحدة تربط ذرتين متجاورتين في جزىء واحد ، فإن الرابطة بين ذرات الجزىء الواحد في الجزيئات الاسهامية أقوى بكثير مما قد يوجد من قوى تجاذب بين ذرات الجزئ الواحد من ناحية وبين ذرات الجزيئات الاخرى المجاورة له من الناحية الاخرى ، لذا فإنه يمكن في مثل هذه الجزيئات الحديث عن جزيئات محددة مستقلة . لذلك فإن الجزيئات

الاسهامية غالبا ( ولكن ليس دائما ) ما تكون لمركبات في الحالة الغازية أو الحالة السائلة ( عكس المركبات الايونية ) .

ولضعف القوى التى تربط بين جزيئات المركبات الاسهامية عادة ببعضها فان هذه المركبات تكون لها عادة نقاط إنصهار وغليان منخفضة نسبيا مقارنة بالمركبات الأيونية .

الجدول رقم (٣ –٤) يبين نقاط الانصهار والغليان لبعض العناصر والمركبات التى تحتوى جزيئاتها على روابط إسهامية .

| الجزىء | نقطة الانصهار م° ( C ) | نقطة الغليان م° ( C ) |
|---|---|---|
| $H_2$ | ٢٥٩,١٤– | ٢٥٢,٨– |
| $Cl_2$ | ١٠٣– | ٢٤,٦– |
| $O_2$ | ٢١٨,٤– | ١٨٢,٩٦– |
| $H_2O$ | صفر | ١٠٠,٠ |
| HCl | ١١٤,٨٠– | ٨٤,٩٠– |
| $CH_4$ | ٤٨٢,٤٨– | ١٦١,٤٩– |

الجدول رقم (٣ – ٤) نقاط الانصهار والغليان لبعض المواد الاسهامية

ونظرا لان الرابطة الاسهامية لا يسببها ولاينتج عنها انفصال لجسيمات تحمل شحنات كهربائية ، فإن مصهورات ومحاليل المركبات الإسهامية غالبا موصلات رديئة أو غير جيدة التوصيل للكهربية .

## ( ٣ – ٥ ) الروابط الاسهامية القطبية :

لقد اتضح لنا الآن أن الروابط إما ان تكون ايونية او اسهامية ، الا ان هنالك كثيرا من الجزيئات تتصف روابطها بصفات هى مزيج من صفات الرابطة الايونية والرابطة الاسهامية . يعرف هذا النوع من الروابط بالروابط الاسهامية القطبية .

إن الرابطة المتكونة بين ذرتين من نفس العنصر ، كما هو الحال في جزئ الهيدروجين مثلا هى رابطة إسهامية غير قطبية إذ أن الزوج الالكترونى

المشترك بين الذرتين هنا ينجذب بقدر متساو للذرتين . ولكن عندما تشارك ذرتان مختلفتان في زوج من الكترونات فإنه من المتوقع ان تحمل إحدى الذرتين جزءا من شحنة موجبة وتحمل الاخرى جزءا من شحنة سالبة للاختلاف في قابلية كل منهما لجذب الزوج الالكترونى المشترك .

تعرف قابلية الجذب التى يمتلكها العنصر لجذب الزوج الالكترونى المشترك في الجزئ بكهرسالبية العنصر. وتختلف العناصر في كهرسالبيتها وكمثال لتوضيح هذا الامر تلاحظ أن كلا من الهيدروجين والكلور يحتاج إلى الكترون واحد للوصول إلى تركيب الكترونى مستقر ، لذا يشتركان في زوج الكترونى عند تكوين جزئ كلوريد الهيدروجين . يلاحظ ان للكلور كهرسالبية أكبر من الهيدروجين . لذا فإن الكلور يجذب الزوج الالكترونى نحوه أكثر من الهيدروجين . نتيجة لهذا فإن الزوج الالكترونى المشترك يصبح أقرب لذرة الكلور مما يكسبها شحنة سالبة جزئية بينما تكتسب ذرة الهيدروجين شحنة موجبة جزئية . مما تجدر الاشارة اليه هنا هو ان الزوج الالكترونى لاينتقل بصورة كاملة لذرة الكلور كما يحدث في حالة كلوريد الصوديوم ، لذا فإنه لاتتكون في حالة جزىء كلوريد الهيدروجين أيونات .

$$H : Cl$$

ان الزوج الالكترونى المشترك في حالة $H : Cl$ أقرب الى ذرة الكلور الاكبر كهرسالبية مما يكسب ذرة الكلور شحنة سالبة جزئية مقارنة بذرة الهيدروجين التى تحمل شحنة موجبة جزئية ويعبر عن ذلك كالاتي :

$$H^{\delta+} Cl^{\delta-}$$

## ( ٣ – ٦ ) الرابطة الاسهامية التساندية ( التناسقية ) :

لقد عرفنا من الفقرات السابقة أن الرابطة الاسهامية تتكون بين ذرتين عندما تساهم كل من هاتين الذرتين بالكترون واحد ( أو اكثر ) في الزوج الالكترونى المشترك ( أو الازواج الالكترونية المشتركة ) .

في بعض الاحيان يمكن ان تتكون رابطة اسهامية بين ذرتين إحداهما مرتبطة مع ذرة أخرى مكونة رابطة إسهامية وتحتوى على زوج أو اكثر من الالكترونات الحرة ( غير المشتركة في تكوين الرابطة ) والثانية تحتاج لهذه

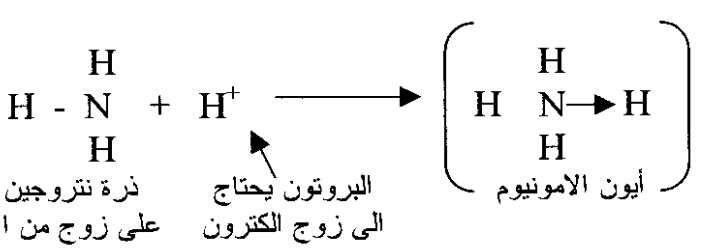
الالكترونات حتى تصل للتركيب الالكتروني المستقر . تسمى مثل هذه الرابطة بالرابطة الاسهامية التساندية .

تسمى الذرة المانحة للالكترونات في هذه الرابطة بالذرة المانحة . اما الذرة التى تستقبل الالكترونات فتسمى بالذرة المستقبلة .

يرمز للرابطة التساندية بسهم يتجه من الذرة المانحة الى الذرة المستقبلة ( A ⟶ B ) . عندما تتكون الرابطة التساندية تكون لها نفس خواص الرابطة الإسهامية العادية .

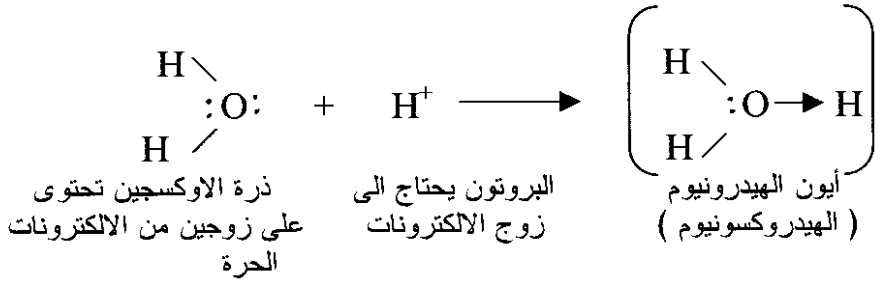
مثال (١) : تكوين أيون الامونيوم $NH_4^+$

يتكون أيون الامونيوم نتيجة لارتباط جزئ النشادر $NH_3$ مع أيون الهيدروجين الموجب $H^+$ على النحو الموضح في الشكل ادناه .



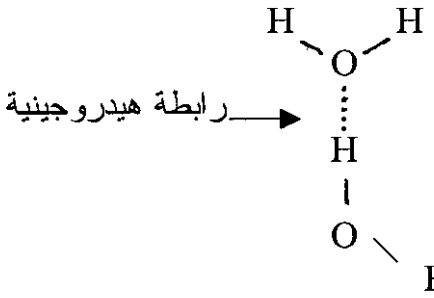

مثال (٢) : تكوين أيون الهيدرونيوم $H_3O^+$

يتكون أيون الهيدرونيوم ( أو الهيدروكسونيوم ) من ارتباط جزىء الماء $H_2O$ مع أيون الهيدروجين الموجب $H^+$ .



## ( ٣ – ٧ ) الرابطة الهيدروجينية :

تعتبر الرابطة الهيدروجينية نوعا خاصا من التاثيرات الناتجة عن قوى التجاذب بين جزيئات قطبية . فالمركبات التى تحتوى على ذرة هيدروجين مرتبطة برابطة اسهامية مع ذرة ذات كهرسالبية عالية مثل الفلور والاكسجين والنتروجين توصف جزيئاتها بإنها عالية القطبية بحيث تصبح ذرة الهيدروجين الصغيرة حاملة لشحنة عالية . ونتيجة لذلك ينجذب الطرف الموجب للجزىء الى الطرف السالب للجزىء المجاور . يظهر هذا الأمر بصورة واضحة في جزىء الماء ، يمثل الاوكسجين الطرف السالب في الجزىء بينما يمثل الهيدروجين طرفه الموجب ، لذا فإن ذرة الاوكسجين في أحد جزيئات الماء ترتبط بذرة هيدروجين في جزىء ماء مجاور .




بوجود مثل هذا الترابط بين جزيئات الماء تبدو هذه الجزيئات وكأنها مترابطة ببعضها البعض بواسطة تلك الروابط الهيدروجينية . وعلى الرغم من أن الرابطة الهيدروجينية تعتبر من الروابط الضعيفة إذا ما قورنت بالرابطة الاسهامية العادية ، إلا أن لها أهمية كبيرة لما تسببه من تغيرات في الخواص الفيزيائية للمركبات التى يوجد فيها هذا النوع من الروابط .

## ( ٣ – ٨ ) أوجه الإختلاف بين المركبات الأيونية والأسهامية :

يرجع السبب في وجود اختلاف كبير في الصفات بين المركبات الايونية والاسهامية الى طبيعة القوى بين الذرات او بين الجزيئات . فالمركبات الايونية تحتوى على ايونات تحمل شحنات كهربائية وبالتالى ترتبط مع بعضها البعض بقوى كهرساتيكية . وعند انصهار المركبات الايونية او اذابتها في الماء تصبح ذات قابلية عالية للتوصيل الكهربائى لانها تصبح على شكل أيونات حرة الحركة في حالة السيولة .

وهذا الاستنتاج ينطبق على المركبات الاسهامية القطبية فهناك قوى كهرستاتيكية ضعيفة فيما بينها تكسب الجزىء ، بعض الصفات الأيونية .

وبما ان قوى التجاذب الكهرستاتيكية بين الايونات على درجة عالية من القوة فإن المركبات الايونية صلبة في درجة الحرارة العادية . أما المركبات الاسهامية فتكون في معظم الاحيان غازية او سائلة في درجة الحرارة العادية ، وعلى هذا فإن نقاط إنصهار وغليان المركبات الأيونية مرتفعة بصورة عامة .

### ملاحظة خاتمة :

يمكن تشبيه المادة الكيميائية بالبناء الذى يتألف من حجارة أو طوب ( وحدات البناء ) . ففى المركبات الايونية تمثل الايونات حجارة او طوب هذا البناء الذى تمثل الرابط الايونية القوية الاسمنت الذى يربط وحدات هذا البناء لذا تكون المحصلة بلورة صلبة متماسكة . أما في المركبات الاسهامية فوحدات البناء وهى الجزيئات ، والروابط بين هذه الوحدات في معظم الحالات هى القوى الكهرستاتيكية الضعيفة ( نسبيا ) الناشئة عن قطبية الجزيئات أو الروابط الهيدروجينية ، وهى روابط ضعيفة عموما ، لذلك فإن المركبات الاسهامية تكون عادة غازات أو سوائل أو أجسام صلبة تنصهر في درجات حرارة منخفضة .

# تمريـــــن على الوحدة الثالثة

١/ عرف الاتي :

( أ ) الرابطة الايونية .

(ب ) الرابطة الاسهامية .

(ج ) الرابطة الهيدروجينية .

٢/ علل لما ياتي :

( أ ) درجة انصهار كلوريد الصوديوم أعلى من درجة انصهار كلوريد الالومنيوم .

(ب ) HCl اشد ذوبانا في الماء من $H_2$

(ج ) يستطيع غاز الامونيا $NH_3$ تكوين روابط تساندية بينما لايستطيع الايون $NH_4^+$ القيام بذلك

٣/ أى هذه المواد :

( أ ) يحتوى على رابطة ايونية :

١/ $H_2$ ٢/ NO ٣/ $Na_2O$ ٤/ $CH_4$

(ب ) يحتوى على رابطة إسهامية ثلاثية :

١/ $H_2S$ ٢/ HCN ٣/ $NH_3$ ٤/ $AlCl_3$

(ج ) يحتوى على رابطة اسهامية ثنائية :

١/ $K_2O$ ٢/ $CO_2$ ٣/ $MgCl_2$ ٤/ HBr

( د ) يحتوى على رابطة تساندية :

١/ $SiCl_4$ ٢/ $CaCl_2$ ٣/ $NH_4Cl$ ٤/ HCl

( هـ) يحتوى على زوج واحد من الالكترونات الحرة :

١/ $NH_3$ ٢/ KCl ٣/ $CH_4$ ٤/ $H_2O$

# الوحدة الرابعة

## المعـــادلات الكيميائيـــة
## Chemical Equations

**( ٤ – ١ ) مقدمة :**

المعادلات الكيميائية اسلوب مختصر للتعبير عما يحدث أثناء التفاعل الكيميائى . توضح المعادلة من بين اشياء اخرى ما يحدث من اعادة لترتيب الذرات نتيجة للتفاعل الكيميائى .

توضح المعادلة اللفظية بالكلمات المواد المتفاعلة والمواد الناتجة عن التفاعل الكيميائى ، فمثلا المعادلة اللفظية لتحلل أوكسيد الزئبق بالحرارة تكتب على النحو التالى :

أوكسيد الزئبق $\xleftarrow{\text{حرارة}}$ زئبق + أوكسجين .

من وجهة نظر الكيميائى هذه الطريقة للتعبير عن التحلل الحرارى لاوكسيد الزئبق غير مقنعة حيث يود الكيميائى من كتابة المعادلة التى تعبر عن التحلل الحرارى لتلك المادة أن يعرف اكثر عن تركيب المواد التى تظهر في المعادلة . لذا فانه يلجا لاستخدام معادلة تظهر فيها تلك المواد معبرا عنها بالرموز والصيغ الكيميائية .

$$2HgO \xrightarrow{\Delta} 2Hg + O_2 \uparrow$$

لقد اتضح لك الان من هذه المعادلة تركيب المواد الداخلة في هذه التفاعل الكيميائى والناتجة منه ولكن لاتزال هذه المعادلة الرمزية غير مقنعة تماما ، اذ لاتوضح كمية الطاقة الحرارية اللازمة لاحداث هذا التحلل ولاتشير الى معدل ( سرعة ) التفاعل الذى تم . ومن الواضح أن هذه معلومات لايمكن الحصول عليها الا من خلال التجريب ، إلا أن المعادلة الكيميائية الرمزية تعطى قدرا معقولا من المعلومات الكمية المتعلقة بالمواد المتفاعلة والناتجة من التفاعل .

**( ٤ – ٢ ) الشكل العام لكتابة المعادلات الكيميائية :**

تتكون المعادلة من متفاعلات ونواتج مع مصطلحات رمزية اخرى . المتفاعلات هى المواد التى تدخل في التفاعل الكيميائى اما النواتج فهى المواد الناتجة عن التفاعل الكيميائى .

يمكن تلخيص السمات العامة للمعادلة الكيميائية فيما يلي :

١- يتم الفصل بين المتفاعلات والنواتج بواسطة سهم او اى علامات اخرى تشير الى التساوى بين المتفاعلات والنواتج ( $\rightarrow$ ، = ، $\leftrightarrows$ ) .

٢- تكتب المتفاعلات على الجانب الايسر والنواتج على الجانب الايمن من السهم او العلامة التى تشير الى التساوى . توضع علامة = بين كل من التفاعلات والنواتج .

٣- توضع الشروط اللازمة لاجراء التفاعل ( ان كان ذلك مطلوبا ) أعلى أو أسفل السهم أو علامة التساوى . فمثلا العلامة $\xrightarrow{\Delta}$ فوق السهم تشير الى وجود الحرارة كشرط لحدوث التفاعل .

٤- تستخدم اعداد صحيحة امام المواد المتفاعلة والناتجة (مثلا : $2H_2O$ ) لوزن المعادلة ولتوضيح عدد الوحدات ( ذرات ، جزيئات ، مولات ، أيونات ) لكل مادة متفاعلة أو ناتجة . عندما لايوضع عدد امام المادة فإنه من المفهوم ان هناك وحدة واحدة من تلك المادة .

في الجدول رقم (٤ – ١) بعض الرموز المستخدمة عادة في المعادلات الكيميائية :

الجدول رقم (٤ – ١) بعض الرموز المستخدمة في المعادلات الكيميائية ومعانيها

| الرموز | معانيها |
|---|---|
| → | ينتج ، يعطى نواتج |
| = | تساوى ، توازن بين المتفاعلات والنواتج |
| ⇆ | تفاعل عكوس |
| ↑ | غاز ( يرسم السهم مباشرة بعد المادة المتصاعدة ) |
| ↓ | صلب أوراسب (يرسم السهم مباشرة بعد المادة المترسبة ) |
| ( s ) | صلب |
| ( l ) | سائل |
| ( g ) | غاز |
| Δ | حرارة |
| + | زائد |
| ( aq ) | محلول مائى |

**(٤ – ٣) وزن المعادلات :**

يجب في المعادلات الموزونة ان يكون عدد الذرات لكل عنصر من العناصر في أحد جانبى المعادلة مساويا لعددها في الجانب الاخر من المعادلة ، ذلك لان المادة لاتفنى ولا تستحدث من عدم اثناء التفاعلات الكيميائية ( قانون حفظ الكتلة ) . ينبغى الا يحدث تغيير للصيغة الجزيئية ( او الذرية ) عند محاولة وزن المعادلة .

عند تسخين كل من الحديد والكبريت معا يتكون كبريتيد الحديد (II) . يمكن التعبير عن هذا التفاعل بالمعادلة الرمزية الآتية :

$$Fe + S \longrightarrow FeS \qquad /١$$

من الناحية التجريبية نجد أن وزنا من الحديد يساوى الوزن الذرى الغرامى ( ٥٥,٨ غرام ) يتحد مع وزن من الكبريت يساوى الوزن الذرى الغرامى من الكبريت ( ١و٣٢ غرام ) لانتاج وزن من كبريتيد الحديد (II)

يساوى الوزن الجزيئى الجرامى له ( ٨٧,٩ جرام ) . توضح المعادلة الرمزية أعلاه ان الرمز Fe يرمز الى وزن ذرى جرامى من الحديد ، وان الصيغة FeS ترمز الى وزن جزيئى جرامى من كبريتيد الحديد (Π) .

خذ مثلا التفاعل الذى يحدث عندما يحترق مغنيزيوم في الاوكسجين لتكوين أوكسيد المغنيزيوم .

معادلة التفاعل :

مغنيزيوم + أوكسجين $\xrightleftharpoons{\Delta}$ أوكسيد المغنيزيوم ..... (١)

معادلة رمزية غير موزونة :

$$Mg + O_2 \longrightarrow MgO \quad \text{..... (٢)}$$

تقول المعادلة أعلاه أن وزنا من المغنيزيوم يساوى الوزن الذرى الغرامى للمغنيزيوم ( ٢٤,٣ جرام ) يتفاعل مع وزن من الاوكسجين يساوى الوزن الجزيئى الجرامى للاوكسجين ( ٣٢,٠ جرام ) لانتاج وزن من أوكسيد المغنيزيوم يساوى الوزن الجزيئى الجرامى لاوكسيد المغنيزيوم ( ٤٠,٣ جرام ) . هذه النتيجة بالطبع غير صحيحة لانه عن طريق عملية جمع بسيطة تجد ان ٢٤,٣ جرام من المغنيزيوم مضافا اليها ( ٣٢,٠ جرام ) من الاوكسجين لاتساوى ٤٠,٣ جرام من MgO .

ولكن اذا كتبت المعادلة على النحو التالى :

$$2Mg + O_2 \longrightarrow 2MgO \quad \text{(موزونة)} \quad \text{..... (٣)}$$

فاننا يمكن أن نقول ان وزنا من المغنيزيوم يساوى ضعف الوزن الذري الجرامى للمغنيزيوم ( ٢ × ٢٤,٣ = ٤٨,٦ جرام ) يتحد مع وزن من الاوكسجين يساوى الوزن الجزيئى الجرامى للاوكسجين ( ٣٢,٠ جرام ) لينتج وزنا من اوكسيد المغنيزيوم يساوى ضعف الوزن الجزيئى الجرامى لاوكسيد المغنيزيوم ( ٢ × ٤٠,٣ = ٨٠,٦ جرام ) يمكننا ان نلاحظ الآن إن مجموع أوزان المتفاعلات ( ٤٨,٦ جرام Mg + ٣٢,٠ جرام $O_2$ = ٨٠,٦ جرام ) يساوى مجموع اوزان مكونات المادة الناتجة ( ٨٠,٦ جرام من MgO ) .

إذن المعادلة (٣) أصبحت معادلة موزونة بينما المعادلة (٢)غير موزونة .

ما الذى قمنا به لوزن المعادلة (٢) لتصبح موزونة فى (٣) ؟

عند النظر الى المعادلتين (٢) و (٣) تلاحظ اننا قد حاولنا ضبط المعادلة بحيث يكون عدد ذرات Mg وعدد ذرات O متساويا على جانبى المعادلة . في هذه الحالة يجب ان نكون حذرين حتى لايحدث تغيير في تركيب اى مادة بتغيير صيغتها ... فمثلا لانستطيع تغيير صيغة المركب MgO الى $MgO_2$ فقط من اجل وزن المعادلة . كما يجب الا نكتب صيغة غاز الاوكسجين هكذا : O بدلا من $O_2$ لان غاز الاوكسجين يوجد هكذا : $O_2$

إن عملية وزن معادلة بسيطة يتم عادة بالفحص الدقيق لمكونات المعادلة ثم المحاولة المستمرة لجعل عدد الذرات لكل عنصر متساويا على الجانبين .

تتضح في المعادلات الآتية الخطوات التى يمكن اتباعها للوصول الى معادلة موزونة :

**المثال (١) :** $Mg + O_2 \longrightarrow MgO$

فى هذه المعادلة الاوكسجين غير موزون ، حيث توجد ذرتان منه في الجانب الايسر بينما توجد ذرة واحدة منه في الجانب الايمن .

أما عندما نكتب :

$$Mg + O_2 \longrightarrow 2MgO$$

تمت موازنة ذرات الاوكسجين بوضع 2 امام MgO . أصبحت ذرات الاوكسجين الان متوازنة ، ولكن المغنيزيوم غير متوازن ، حيث توجد ذرة Mg على الجانب الايسر من المعادلة فيما توجد ذرتان منه على الجانب الأيمن.

$$2\,Mg + O_2 \longrightarrow 2MgO$$

أصبحت المعادلة الان متوازنة . وضع 2 امام MgO يوازن المعادلة . تحتوى المعادلة على ذرتى Mg وذرتى O على كل جانب من جانبى المعادلة .

**المثال (٢) :**

$$HgO \xrightarrow{\Delta} Hg + O_2$$

في هذه الحالة الاوكسجين غيرمتوازن .

لكن في :

$$2HgO \longrightarrow Hg + O_2$$

أصبح الاوكسجين متوازنا بوضع 2 امام HgO الان ذرات Hg غير متوازنة حيث توجد ذرتان منه على الجانب الايسر من المعادلة فيما توجد ذرة واحدة منه على الجانب الايمن .

غير أنه حين كتابة :

$$2HgO \longrightarrow 2Hg + O_2$$

أصبحت المعادلة الان متوازنة . وضع 2 امام Hg يوازن المعادلة .

**المثال (٣) :**

$$H_2 + O_2 \longrightarrow H_2O$$

فى هذه المعادلة الاوكسجين غير متوازن

$$H_2 + O_2 \longrightarrow 2H_2O$$

تتم موازنة ذرات الاوكسجين بوضع 2 امام $H_2O$ ولكن اصبحت ذرات H الان غير متوازنة ، كم عدد ذرات H على كل جانب ؟

$$2H_2 + O_2 \longrightarrow 2H_2O$$

الان أصبحت المعادلة متوازنة . وضع 2 امام $H_2$ يوازن المعادلة .

**المثال (٤) :**

$$CH_4 + O_2 \xrightarrow{\Delta} CO_2 + H_2O$$

تتم موازنة H بوضع 2 امام $H_2O$

$$CH_4 + O_2 \longrightarrow CO_2 + 2H_2O$$

ولكن O غير متوازن . وضع 2 أمام $O_2$ يجعل ذرات O على الجانبين متساويه .

$$CH_4 + 2O_2 \longrightarrow CO_2 + 2H_2O$$

متبعا المحاولات التى استخدمت لموازنة المعادلات الاربعة السابقة قم بمحاولة موازنة المعادلات التالية :

$$KCl\,O_3 \longrightarrow KCl + O_2$$

$$AgNO_3 + H_2S \longrightarrow Ag_2S + HNO_3$$

$$Al(OH)_3 + HCl \longrightarrow Al\,Cl_3 + H_2O$$

$$C_2H_6 + O_2 \longrightarrow CO_2 + H_2O$$

**(٤ – ٤ ) قواعد كتابة وموازنة المعادلات :**

لابد للمعادلة الكيميائية أن تكتب صحيحة وان تتم موازنتها إذا أردنا لها أن تعبر عن التفاعل الكيميائى . يمكن للقواعد الآتية أن تساعد في موازنة المعادلة الكيميائية :

١/ يجب أن تكون الصيغ الصحيحة للمواد المتفاعلة والناتجة من التفاعل معروفة .

٢/ تكتب صيغ المواد المتفاعلة على الجانب الأيسر بينما تكتب صيغ المواد الناتجة على الجانب الايمن من المعادلة .

٣/ تاتي الان مرحلة موازنة المعادلة باتباع الخطوات الاتية :

أ٠ مقارنة عدد ذرات كل عنصر على جانبى المعادلة وذلك لمعرفة العنصر الذى تكون ذراته غير متوازنة .

ب٠ تتم موازنة كل عنصر من العناصر غير المتوازنة واحدا بعد الاخر وذلك بوضع اعداد صحيحة امام صيغ المواد المحتوية على العنصر غير المتوازن ، بحيث يصبح عدد ذرات كل عنصر متساويا على جانبى المعادلة .

إن وضع عدد أمام صيغة المادة يعنى أن أى عنصر فى تلك المادة قد أصبح مضروبا فى ذلك العدد .

**مثلا :** $2H_2SO_4$ تعنى جزيئين من حامض الكبريت ( VI ) [ الكبريتيك ] وتعنى أيضا أن لدينا ٤ ذرات H ، وذرتين S ، وثمان ذرات O .

ج ٠ تتم مراجعة كل العناصر فى المعادلة بعد محاولة موازنة أى عنصر من العناصر وذلك للنظر فيما إذا كانت موازنة ذلك العنصر قد أخلت بموازنة أى من العناصر الاخرى .

د ٠ إن كانت المعادلة تحتوى على عنصرى H و O فمن الافضل دائما أن تتم موازنة العناصر الاخرى في المعادلة أولا ، ثم تتم موازنة H ، واخيرا O .

هـ٠ فى حالة وجود مجموعات ايونية مثل $SO_4^{2-}$ تبقى على هيئتها دون

حدوث تغيير على تركيبها ، فإن هذه المجموعات تتم موازنتها كوحدة واحدة .

و٠ يجب ان تكون الأعداد المستخدمة لموازنة المعادلة في أصغر نسبها ما أمكن . مثال :- في المعادلة الاولي الاتية يمكن قسمة كل عدد من الاعداد الواردة على إثنين لتعطى المعادلة الثانية التى تكون فى الهيئة الصحيحة المناسبة .

(١)٠٠ $4HgO \longrightarrow 4Hg + 2O_2$ ( هيئة غير صحيحة )

(٢)٠٠ $2HgO \longrightarrow 2Hg + O_2$ ( هيئة صحيحة )

ما هى المعلومات التى تقدمها المعادلة الكيميائية ؟

إن المعادلة الكيميائية الموزونة توفر المعلومات التالية :

١/ المواد المتفاعلة والمواد الناتجة عن التفاعل .

٢/ الصيغ الكيميائية لكل من المتفاعلات والنواتج .

٣/ عدد جزيئات المتفاعلات والنواتج .

٤/ عدد ذرات كل عنصر من العناصر في التفاعل .

٥/ عدد الاوزان الجزيئية الغرامية لكل مادة استخدمت أو نتجت من التفاعل .

لتوضيح ذلك أنظر المعادلة :

$$H_{2(g)} + Cl_{2(g)} \longrightarrow 2HCl_{(g)}$$

توضح هذه المعادلة أن غاز الهيدروجين يتفاعل مع غاز الكلور لانتاج غاز كلوريد الهيدروجين توضح المعادلة كذلك أن جزيئا واحدا من غاز الكلور يتفاعل مع جزىء واحد من غاز الهيدروجين لانتاج جزيئين من غاز كلوريد الهيدروجين . دعنا الآن نلخص كل المعلومات التى يمكن ان تزودنا بها المعادلة أعلاه في الجدول أدناه .

$$H_{2(g)} + Cl_{2(g)} \longrightarrow 2HCl_{(g)}$$

| كلوريد الهيدروجين | الكلور | الهيدروجين |
|---|---|---|
| جزيئان<br>٢ذرة H + ٢ ذرة Cl | جزئ واحد<br>ذرتان | جزئ واحد<br>ذرتان |

حاول الآن الاستفادة من معادلة أخرى للحصول على معلومات مماثلة للمعلومات أعلاه . عندما يحترق غاز البروبان $C_3H_8$ فى الهواء فإن النواتج هى غاز $CO_2$ وبخار ماء $H_2O$ .

أكتب المعادلة الكيميائية غير المتوازنة ثم وازنها لهذا التفاعل ثم استخلص منها المعلومات الممكنة فى جدول مماثل للجدول أعلاه .

## تمـــرين على الوحدة الرابعة

١- حول المعادلات اللفظية الآتية إلى معادلات رمزية موزونة :

أ- حديد + أوكسجين ← أوكسيد الحديد ( Π ) .

ب- بروم + هيدروجين ← بروميد الهيدروجين .

ج- هيدروكسيد الصوديم + حامض الهيدروكلوريك ← كلوريد الصوديوم + ماء .

د- كربونات الكالسيوم $\xleftarrow{\triangle}$ أوكسيد الكالسيوم + ثانى أوكسيد الكربون .

هـ- كربون + أوكسجين $\xleftarrow{\triangle}$ ثانى أوكسيد الكربون .

٢- أوزن المعادلات الرمزية الآتية :

a. $P + O_2 \rightarrow P_2O_3$

b. $Al + HCl \rightarrow AlCl_3 + H_2$

c. $H_2 + N_2 \overset{\triangle}{\rightleftharpoons} NH_3$

d. $NH_4OH + H_2SO_4 \rightarrow (NH_4)_2\,SO_4 + H_2O$

٣- أكمل وزن المعادلات الرمزية الآتية :

a. $Na + O_2 \rightarrow$

b. $Al + Br_2 \rightarrow$

c. $KOH + HNO_3 \rightarrow$

d. $H_2 + O_2 \xrightarrow{\triangle}$

# الوحدة الخامسة

## قوانيـــن الاتحـــاد الكيميـــائى

عندما تتحد المواد مع بعضها اتحاداً كيميائياً فإنها تتحول نتيجة لذلك الى مواد أخرى جديدة ذات خواص مختلفة وتسمى المواد المتحدة بالمواد المتفاعلة ( المتفاعلات ) بينما يطلق على المواد الجديدة المتكونة بالمواد الناتجة ( المنتجات أو النواتج ) وسوف نتناول في هذه الوحدة بعض القوانين التى تحكم الاتحاد الكيميائى بين المواد .

### (٥ - ١) القانون الأول

**قانون بقاء الكتلة :** Law of Conservation of Mass

تشير التجارب العديدة إلى أنه عند حدوث تغير كيميائى لايحدث تغير في كتل المواد الناتجة عند مقارنتها بكتل المواد المتفاعلة .

وينص قانون بقاء الكتلة على هذه الحقيقة . إن الأمر المهم في هذا القانون هو أنه عند حدوث تفاعل كيميائى يمكن أن تتغير طريقة إرتباط الذرات ببعضها البعض ، إلا أنه لا تحدث زيادة أو نقصان في العدد الكلى للذرات قبل وبعد التفاعل .

فإذا بدأنا فى تفاعل ما بمائة مليون ذرة من الهيدروجين فانه وعند إنتهاء التفاعل سنجد أن عدد ذرات الهيدروجين سيظل مائة مليون لا أكثر ولا أقل . ربما يحدث تغيير في كيفية إرتباط تلك الذرات فقد تتحول الى ذرات هيدروجين حرة بدلا من كونها متحدة مع الاوكسجين في الماء مثلا ، إلا أن عددها سيظل ثابتا . يعنى هذا أن مجموع كتل المواد المتفاعلة يساوى مجموع كتل المواد الناتجة عن التفاعل الكيميائى .

للتعرف على العلاقة بين كتل المواد المتفاعلة وكتل المواد الناتجة من التفاعل دعنا نجرى التجربة الآتية :

ضع قليلا من محلول نترات الفضة فى دورق مخروطى صغير ثم ضع قليلا من محلول حمض الهيدروكلوريك في أنبوبة خاصة وعلقها بخيط داخل الدورق كما هو موضح فى الشكل رقم (٥-١) ثم أوزن الدورق بمحتوياته على ميزان مناسب .

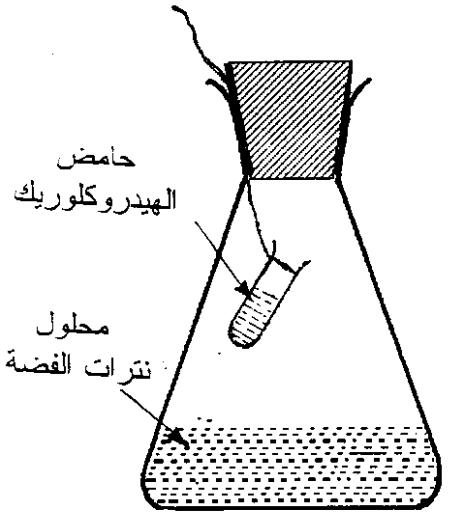
دع المحلولين يختلطان وذلك بتحريك الانبوبة داخل الدورق.

ماذا تلاحظ ؟

ماذا تستنتج مما لاحظته ؟

قم بوزن الدورق بمحتوياته مرة اخرى وقارن بين الوزنين قبل حدوث التفاعل الكيميائى . ماذا تلاحظ ؟ ....

الشكل رقم (٥ -١)




يمكنك إجراء العديد من التجارب البسيطة الشبيهة بالتجربة السابقة ، ومن النتائج التى سوف تحصل عليها من مقارنة كتل المواد المتفاعلة وكتل المواد الناتجة من التفاعل يمكنك الوصول الى التعميم الآتي :

> عند حدوث تفاعل كيميائى فإن كتل المواد المتفاعلة تساوى كتل المواد الناتجة عن التفاعل

- هل يمكنك الآن صياغة قانون يحدد العلاقة بين كتل المواد المتفاعلة وكتل المواد الناتجة ؟
- ألا يعنى هذا أن المادة أثناء التفاعلات الكيميائية العادية لا تفنى ولا تستحدث من عدم ؟
- ألا يبدو لك أن في إحتراق الفحم في الهواء فقدانا لكتلة ؟

إذا لاحظت قطعة من الفحم تحترق متحولة الى كتلة صغيرة من الرماد قد يبدو لك ان هذه القطعة صغيرة قد فقدت جزءا كبيرا من كتلتها لانه عند مقارنة كتلة الفحم المحترقة وكتلة الرماد المتبقى بعد إنتهاء عملية الاحتراق تلاحظ ان الفرق بينهما واضح . فهل يعنى هذا أن الفحم عندما يحترق في الهواء يفقد جزءا من كتلته ؟

- ما هى المادة الاخرى المتفاعلة مع الفحم عند احتراقه ؟
  أجر هذه التجربة البسيطة للاجابة عن هذا السؤال .
- سخن قطعة من الفحم في الهواء حتى تبدأ في الاحتراق بلهب ازرق .
- ضع على قطعة الفحم المحترقة غطاءا يمنع عنها الهواء .

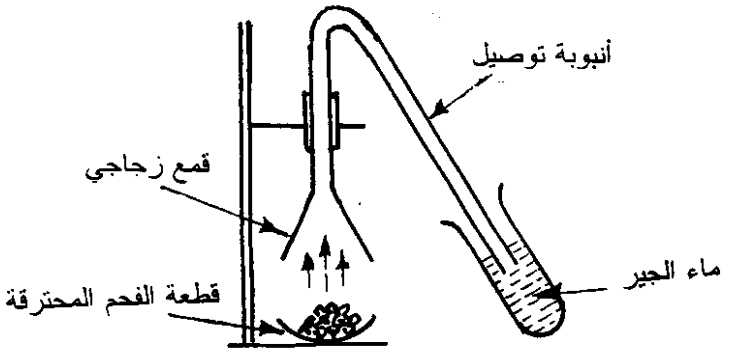
ماذا تلاحظ بعد فترة من تغطية قطعة الفحم المحترقة ؟ هل تستمر في الاحتراق ؟

- لماذا توقف احتراق الفحم ؟
- نستطيع من هنا أن نقول إن ..... هو المادة الاخرى المتفاعلة مع الفحم عند احتراقه .
- هل تنتج عن عملية احتراق الفحم في الهواء مادة اخرى بالإضافة الى الرماد المتخلف ؟

**إجر التجربة الاتية :**

نكّس قمعا زجاجياً فوق قطعة الفحم المحترقة بحيث لا تمنع وصول الهواء اليها ، وقم بتوصيل القمع بانبوبة توصيل يدخل طرفها الاخر في انبوبة اختبار تحتوى على ماء الجير كما في الشكل رقم (٥ – ٢) :

الشكل رقم (٥ – ٢)
التعرف على الغاز الناتج عند احتراق الفحم في الهواء




- هل تلاحظ أى تغير في ماء الجير ؟ .....
- ما الذى حدث لماء الجير ؟.....
- كيف تفسر ما حدث لماء الجير ؟ .....
- إذن ما هى المادة الاخرى الناتجة عن عملية احتراق الفحم بالاضافة الى الرماد ؟ .....
- هل يمكنك الآن كتابة معادلة رمزية موزونة لاحتراق الكربون في الهواء ؟
- اذن ما الذى يمكن ان تستنتجه من هذه التجربة اذا استطعت معرفة كتل المواد المتفاعلة وكتل المواد الناتجة من عملية احتراق الفحم ؟
- هل يتفق هذا الاستنتاج مع ما خلصت اليه من إستنتاج في التجربة السابقة ( تجربة تفاعل محلول نترات الفضة مع محلول حمض الهيدروكلوريك ٠)

## (٥ – ٢) القانون الثاني :

**قانون النسب الثابتة** Law of Constant Composition :

يمكنك اجراء التجربتين التاليتين فى المختبر المدرسى تحت اشراف مدرسك إذا كانت الظروف تسمح بذلك .

**التجربة الأولي : تحضير ثلاث عينات من أوكسيد النحاس .**

**العينة ( أ )** : ضع شريطا نظيفا من النحاس فى بوتقة واسعة ، وبحذر شديد أضف اليها محلول حمض النتريك المركز نقطة فنقطة حتى يذوب النحاس .

سنلاحظ تصاعد غاز بنى اللون { وهو غاز سام لذا ينبغى ابتعاد التلاميذ عن التجربة عند اجرائها أو اجراء هذه التجربة في دولاب الابخرة ( خزانة الابخرة إن وجدت ) } كما ستلاحظ ظهور محلول أخضر في البوتقة .

المعادلة الكيميائية لهذا التفاعل :

$$Cu + 4HNO_3 \longrightarrow Cu(NO_3)_2 + 2H_2O + 2NO_2$$

- ما أسم الغاز البنى المتصاعد ؟ .... ما هو المحلول الاخضر ؟
- سخن المحلول الناتج لدرجة الغليان حتى تتخلف مادة صلبة خضراء . إستمر في التسخين حتى يتوقف تصاعد الأبخرة البنية . ويتحول الصلب الاخضر الى مادة سوداء اللون . الصلب الاسود المتبقى هو العينة الاولي المراد الحصول عليها من أوكسيد النحاس (Π) .
- ما الذى حدث للمادة الخضراء الناتجة عند تسخينها بشدة ؟ لقد تحللت تلك المادة بفعل الحرارة إلى المادة الصلبة وإلى الغاز البنى المتصاعد .

**معادلة التحلل :**

$$Cu(NO_3)_2 \longrightarrow 2CuO_{(s)} + 4NO_{2(g)} + O_{2(g)}$$

**العينة (ب)** : ضع قليلا من محلول كبريتات النحاس (Π) فى كأس واضف اليه فائضا من محلول الصودا الكاوية ( محلول هيدروكسيد الصوديوم ) يتكون راسب ازرق جلاتيى من هيدروكسيد النحاس (Π) سخن الكاس بمحتوياته ستلاحظ ان الراسب الأزرق يتحول الى مادة صلبة سوداء ( أكسيد نحاس) . رشح الصلب الأسود الناتج ثم اغسله بالماء المقطر عدة مرات واتركه ليجف .

معادلة تفاعل كبريتات النحاس (Π) مع الصودا الكاوية .

$$CuSO_{4(aq)} + 2\,NaOH_{(aq)} \longrightarrow Cu(OH)_{2(S)} + Na_2SO_{4(aq)}$$

أنقل أكسيد النحاس الأسود الى بوتقة احتراق وسخنه للتخلص من آثار الرطوبة واحتفظ به جافا .

أكتب معادلة كيميائية لتوضيح تحلل الراسب الأخضر الذى أدى الى تكون الأوكسيد الاسود .

**العينة (ج)** : ضع قليلا من كربونات النحاس (II) في بوتقة جافة وسخنها بهدوء. تتحلل كربونات النحاس الخضراء اللون الى مادة سوداء ويتصاعد غاز ثاني أوكسيد الكربون . كيف يمكنك الكشف عن غاز ثانى أوكسيد الكربون ؟

– اكتب معادلة كيميائية لتوضيح عملية التحلل التى حدثت .....

المادة السوداء المتكونة هى اوكسيد النحاس (II) . احتفظ بالاوكسيد المتكون جافا.

**التجربة الثانية :**

تحلل العينات الثلاث من اوكسيد النحاس التى تم تحضيرها بتسخينها مع غاز الهيدروجين .

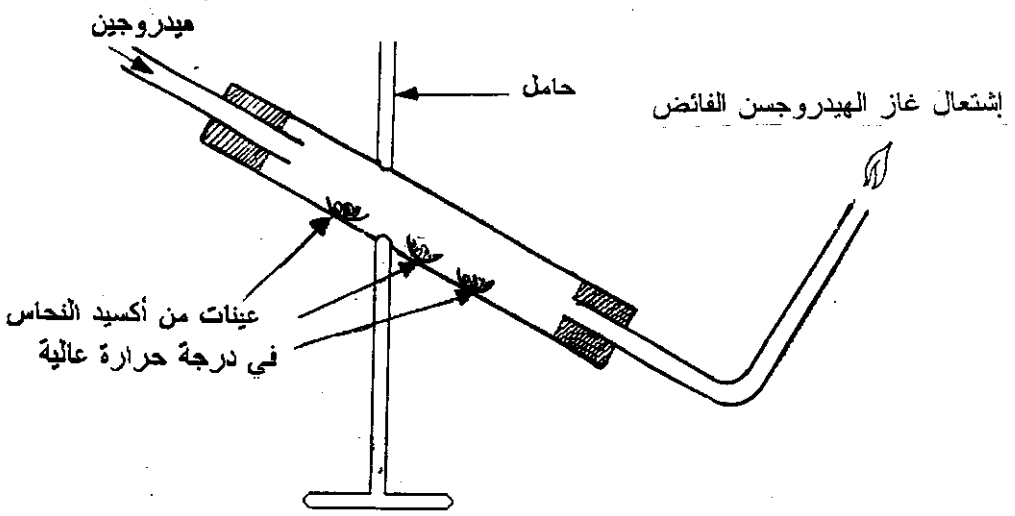
**ملحوظة هامة :** ( أن أجراء هذه التجربة يتطلب احتياطات عديدة لذا يجب الحذر عند اجرائها ) .

زن ثلاثة زوارق خزفية . ضع في كل زورق ١ – ١ ½ جرام من أحد عينات اوكسيد النحاس التى تم تحضيرها في التجربة السابقة . زن كل زورق من الزوارق الثلاثة بمحتوياتها . ضع الزوارق الثلاثة في أنبوبة زجاجية قوية تتحمل التسخين لدرجات الحرارة العالية .

**تنبيه :**

اذا لم تتوافر هذه الانبوبة فلا تحاول إجراء التسخين ، ثم وصل الجهاز كما هو موضح في الشكل رقم (٥– ٣)

الشكل رقم (٥ – ٣)
تفاعل عينات من اوكسيد النحاس مع غاز الهيدروجين




يمرر غاز الهيدروجين على الزوارق الثلاثة وهى ساخنة داخل الانبوبة الزجاجية . بعد امرار غاز الهيدروجين لفترة يتم اشعال الغاز الخارج عند الفتحة الاخرى من الانبوبة الزجاجية ( ينبغى الحذر عند اشتعال الهيدروجين حتى لا يحدث انفجارا ) . ستلاحظ أن تغيرا قد بدأ يحدث لاوكسيد النحاس ( وهى مادة ذات لون اسود ) في الزوارق الثلاثة . يمكنك عندئذ ايقاف التسخين لان التفاعل ستتولد عنه طاقة حرارية تكفى لاستمراره . ستلاحظ ان أوكسيد النحاس ( اسود اللون ) قد بدأ يتحول الى النحاس ( الاحمر اللون ). ستلاحظ أيضاً إن بعضا من قطرات الماء بدات تتكثف على الزورق (ج) وهو الطرف الاقل تسخينا في الانبوبة الزجاجية .

ما مصدر هذا الماء المتكون ؟

أكتب معادلة كيميائية لتوضيح تكوين هذا الماء ؟

لماذا توضع الانبوبة الزجاجية على الحامل بهذا الوضع المائل ؟

بعد إكتمال عملية تحول أوكسيد النحاس ( الأسود اللون ) الى النحاس الاحمر اللون ، دع الانبوبة الزجاجية بمحتوياتها تبرد ، ثم زن الزوارق الثلاثة بما تحتويه من نحاس . أحسب النسب المئوية لكتلة كل من النحاس والاوكسجين كل عينة من العينات الثلاثة لاوكسيد النحاس على النحو التالي :

- كتلة الزورق وهو خال = و١ جرام
- كتلة الزورق + عينة اوكسيد النحاس = و٢ جرام
- كتلة أوكسيد النحاس = و٢ – و١ = ن جرام
- كتلة الزورق + كتلة النحاس الناتج = و٣ جرام
- كتلة النحاس الناتج = و٣ – و١ = م جرام
- كتلة الاوكسجين الذى كان متحدا مع النحاس = ن – م = هـ جرام
- نسبة كتلة النحاس فى العينة = $\frac{م}{ن} \times ١٠٠ = ٠٠٠ \%$
- نسبة كتلة الاوكسجين فى العينة = $\frac{هـ}{ن} \times ١٠٠ = ٠٠٠٠ \%$

بعد اجراء هذه العمليات الحسابية على عينات الاوكسيد الثلاث . ماذا تلاحظ عن النسبة المئوية لكتلة كل من النحاس والاوكسجين في كل عينة من عينات اوكسيد النحاس الثلاث ؟ ستلاحظ وفي حدود اخطاء التجريب المقبولة – أن النسبة المئوية لكتلة كل من النحاس والاوكسجين في عينات اوكسيد النحاس الثلاث ثابتة .

يمكنك ان تستنتج أن العينات المختلفة لاوكسيد النحاس تحتوى على نفس العنصرين المكونين له بنسب وزنية ثابتة .

**مثال :** تم الحصول على النتائج التالية عند تحليل ثلاث عينات مختلفة من أوكسيد النحاس ( Π ) تم الحصول عليها بثلاث طرق مختلفة .

| | العينة ( أ ) | العينة (ب) | العينة (ج) |
|---|---|---|---|
| كتلة الزورق ( بالجرام ) | ٣,٥٠ | ٢,٥٠ | ٢,٧٠ |
| كتلة الزورق + كتلة اوكسيد النحاس | ٤,٧٥ | ٣,٦٥ | ٤,١٤ |
| كتلة الزورق + كتلة النحاس | ٤,٥١ | ٣,٤٢ | ٣,٨٥ |
| كتلة النحاس | ١,٠١ | ٠,٩٢ | ١,١٥ |
| كتلة الأوكسجين | ٠,٢٤ | ٠,٢٣ | ٠,٢٩ |

∴ النسبة المئوية لكتلة النحاس في أوكسيد النحاس

| العينة ( أ ) | العينة (ب ) | العينة (ج ) |
|---|---|---|
| $\frac{١,٠١}{١,٢٥} \times ١٠٠$ | $\frac{٠,٩٢}{١,١٥} \times ١٠٠$ | $\frac{١,١٥}{١,٤٤} \times ١٠٠$ |
| = ٨٠,٨ ٪ | = ٨٠,٠ ٪ | = ٧٩,٩ ٪ |

∴ النسبة المئوية لكتلة الأوكسجين فى أوكسيد النحاس

| العينة ( أ ) | العينة (ب ) | العينة (ج ) |
|---|---|---|
| $\frac{٠,٢٤}{١,٢٥} \times ١٠٠$ | $\frac{٠,٢٣}{١,١٥} \times ١٠٠$ | $\frac{٠,٢٩}{١,٤٤} \times ١٠٠$ |
| = ١٩,٢٪ | = ٢٠,٠ ٪ | = ٢٠,١ ٪ |

تثبت نتائج المثال أعلاه أن التركيب الكيميائى لأوكسيد النحاس(Π) يتفق مع الاستنتاج السابق ، حيث تشير تلك النتائج إلى أن العينات الثلاث للمركب تحتوى على نفس العنصرين ( النحاس والاوكسجين ) وبنسب وزنية ثابتة . يمكنك الآن تعميم الاستنتاج السابق وصياغته على النحو التالي :

> يحتوى المركب الكيميائى النقي على نفس العناصر المكونة له وبنسب وزنية ثابتة مهما اختلفت طرق تحضيره .

وهذا ما يعرف بقانون النسب الثابتة .

## ( ٥ – ٣ ) القانون الثالث :

**قانون النسب المضاعفة :** Law of Multiple Proportions

في تجربة تم امرار غاز الهيدروجين على ٢,٨٥ جرام من عينة من أوكسيد النحاس الساخن فتم الحصول على ٢,٥٣ جرام من النحاس .

**تجربة أخرى :**

إذا تم إمرار غاز الهيدروجين على ١,٩٠ جرام من عينة اخرى من اوكسيد النحاس الساخن يمكن الحصول على ١,٥٢ جرام من النحاس .

من النتائج السابقة :

(١) أحسب كتلة الاوكسجين المتحد مع النحاس في كل حالة ؟

(٢) أحسب كتلة النحاس الذى يتحد مع ١٠٠جرام من الاوكسجين في كل من الاوكسيدين ؟

(٣) انسب كتلة النحاس المتحد مع ١٠٠ جرام من الاوكسجين في الاوكسيد الاول الى كتلة النحاس المتحد مع ١٠٠ جرام من الاوكسجين في الاوكسيد الثاني أيضاً .

(٤) ماذا تستنتج من هذه النتائج ؟

**الحـــــل :**

(١) كتلة الاوكسجين المتحد مع ٢,٥٣ جرام من النحاس في عينة الاوكسيد الاول = ٢,٨٥ – ٢,٥٣ = ٠,٣٢جرام .

كتلة الاوكسجين المتحد مع ١,٥٢جرام من النجاس في عينة الاوكسيد الثاني = ١,٩٠ – ١,٥٢ = ٠,٣٨جرام

(٢) ٠,٣٢ جرام من الاوكسجين اتحدت مع ٢,٥٣جرام نحاس في الاوكسيد الاول

∴ ١٠٠جرام من الاوكسجين تتحد مع $\frac{٢,٥٣ \times ١٠٠}{٠,٣٢}$

= ٧٩٠,٦ جرام نحاس

٠,٣٨ جرام من الاوكسجين اتحدت مع ١,٥٢جرام نحاس في الاوكسيد الثاني .

∴ ١٠٠ جرام من الأوكسجين تتحد مع $\frac{١,٥٢ \times ١٠٠}{٠,٣٨}$

= ٤٠٠جرام نحاس .

(٣) كتلة النحاس في الأوكسيد الأول المتحد مع ١٠٠ جرام أوكسجين إلى كتلة النحاس فى الاوكسيد الثاني المتحد مع ١٠٠جرام أوكسجين
= ٧٩٠,٦ : ٤٠٠ = ١:٢ ( تقريبا ) .

هذا يعنى إن نسبة كتلتى النحاس المتحد مع كتلة ثابتة من الاوكسجين ( ١٠٠جرام ) تساوى ١:٢ .

يعنى هذا الاستنتاج إن نسبة كتلتى النحاس الذى يتحد مع كتلة ثابتة من الأوكسجين ( ١٠٠جرام ) لتكوين مركبين مختلفين (أوكسيدى النحاس)، هى نسبة عددية بسيطة و صحيحة (١:٢) .

يمكنك الآن تعميم هذا الاستنتاج على النحو الآتى :

إذا إتحد العنصران A , B تحت ظروف مختلفة ليكونا أكثر من مركب فإن كتلة العنصر A التى تتحد مع كتلة ثابتة من العنصر B تكون بنسبة عددية بسيطة .

وهذا ما يعرف بقانون النسب المضاعفة . وبالفعل فإن الفلزات مثل الرصاص والحديد والنحاس تتحد مع الاوكسجين لتكون أكاسيدها ، ويتضح من الجدول رقم (٥ – ١) أن النسبة بين كتلتى الاوكسجين مع كتلة ثابتة من الفلز هى نسبة عددية بسيطة وصحيحة .

الجدول رقم (٥ – ١)

النسبة بين كتل الاوكسجين المتحدة مع كتلة ثابتة من بعض الفلزات

| الفلز | الاكاسيد | كتلة الاوكسجين المتحدة مع ١٠٠جرام من الفلز | النسبة بين كتلتى الاوكسجين | تحويل النسبة الى اصغر عدد صحيح |
|---|---|---|---|---|
| الرصاص Pb | PbO | ٧,٨٠ | ١,٠٠ | ١ |
| | $PbO_2$ | ١٥,٦٠ | ٢,٠٠ | ٢ |
| الحديد Fe | FeO | ٢٩,٦٠ | ١,٠٠ | ٢ |
| | $Fe_2O_3$ | ٤٤,٢٠ | ١,٥٠ | ٣ |
| النحاس Cu | $Cu_2O$ | ١٢,٦٠ | ٠,٥٠٠ | ١ |
| | CuO | ٢٥,٢٠ | ١,٠٠ | ٢ |

حاول أن تقارن بين نسبة كتلتى الاوكسجين في الاوكسيدين في كل حالة وبين نسبة عدد ذرات الاوكسجين المتحدة مع ذرة واحدة من الفلز في الاوكسيد

ماذا تلاحظ ؟ .....

(ملاحظة مهمة : البيانات الواردة في الجدول (٥ –١) مستمدة من تجارب معملية ) .

مثال اخر لتوضيح قانون النسب المتضاعفة

يحتوى كبريتيد الحديد (III) على ٤٦,٣ ٪ بالوزن كبريت و ٥٣,٧٪ بالوزن حديد ، بينما يحتوى كبريتيد الحديد (II) على ٣٦,٥٠ ٪ بالوزن كبريت و ٦٣,٥٠ ٪ بالوزن حديد .

i. أحسب كتلة الكبريت الذى يتحد مع جرام واحد من الحديد في كل من المركبين .

ii. أنسب كتلة الكبريت الذى يتحد مع جرام واحد من كبريتيد الحديد(III) الى كتلة الكبريت الذى يتحد مع جرام واحد من الحديد في كبريتيد الحديد (II) .

**الحـــــل :**

فى ١٠٠ جرام من كبريتيد الحديد (III) يتحد ٤٦,٣٠ جرام كبريت مع ٥٣,٧٠ جرام حديد ،

∴ $\frac{٤٦,٣٠}{٥٣,٧٠}$ جرام كبريت تتحد مع واحد جرام حديد

أى أن ٠,٨٦٢ جرام كبريت يتحد مع واحد جرام حديد .

كذلك فإن كتلة الكبريت الذى يتحد مع ١ جرام حديد في كبريتيد الحديد (II) = $\frac{٣٦,٥٠}{٦٣,٥٠}$ = ٠,٥٧٥جرام

$$\frac{\text{كتلة الكبريت الذى يتحد مع ١ جرام في كبريتيد الحديد (III)}}{\text{كتلة الكبريت الذى يتحد مع ١ جرام حديد فى كبريتيد الحديد (II)}}$$

$= \frac{٠,٨٦٢}{٠,٥٧٥} = \frac{٣}{٢}$ ، وهى نسبة عددية بسيطة

∴ تتفق هذه النتيجة مع قانون النسب المضاعفة .

**مثال ثالث :**

وجد أن ١٠٠ جرام من الكبريت تتحد مع ١٤٦,٤ جرام من الاوكسجين لتكون المركب A ، وتحت ظروف أخرى تتحد الكمية ذاتها من الكبريت مع ٩٧,٨جرام من الاوكسجين لتكون المركب B . بين أن هذه النتائج تتوافق مع قانون النسب المضاعفة .

**الحـــل :**

بما أن كتلتي الكبريت في المركبين متساويتين ، علينا فى هذه الحالة مقارنة كتلتي الاوكسجين في المركبين أى :

كتلة الاوكسجين في المركب A المتحدة مع ١٠٠جرام من الكبريت

كتلة الاوكسجين في المركب B المتحدة مع ١٠٠ جرام من الكبريت

$= \frac{١٤٦,٤}{٩٧,٨} = \frac{١,٥٠}{١,٠٠}$ (بالتقريب) $= \frac{٣}{٢}$

وحيث أن هذه النسبة بسيطة وصحيحة فإن النتيجة المذكورة تتفق مع قانون النسب المتضاعقة .

## تـــمـــاريـــن

١/ يحتوى كلوريد الصوديوم NaCl على ٣٩,٣ ٪ من كتلته صوديوم ، و ٦٠,٧٪ من كتلته كلور . أحسب كتلة الصوديوم الموجوده في ٢٥,٠ جرام من هذا الملح ؟

٢/ يحتوى أوكسيد الكالسيوم CaO على ٧١,٥٪ من كتلته كالسيوم ، كم تكون كتلة أوكسيد الكالسيوم المحتوية على ٨٠,٣٥ جرام كالسيوم ؟

٣/ يتكون مركب ما بنسبة ٣٣,٣ ٪ من كتلته من العنصر A و ٦٦,٧ ٪ من كتلته من العنصر B . أحسب كتلة المركب الذى ينتج عندما يتفاعل ٤,٠٠ جرام من العنصر A مع ٦,٢٢ جرام من العنصر B .

٤/ يتفاعل الفلز M مع الاوكسجين مكونا الاوكسيدين A و B ، ٣,٠٠ جرام من كل من الاوكسيدين A و B تحتوى على ٠,٧٢ جرام و ١,١٦جرام من الاوكسجين على الترتيب . أحسب كتلة الفلز M الذى يتحد مع جرام واحد من الاوكسجين في كل حالة ؟ ما هو القانون الكيميائى الذى توضحه هذه النتائج ؟

إذا كانت الصيغة الكيميائية للاوكسيد B هى MO فما هى الصيغة الكيميائية للاوكسيد A .

٥/ يتفاعل غاز الكلور $Cl_2$ مع الصوديوم Na ليتكون ملح الطعام NaCl حسب المعادلة الاتية :

$$2Na + Cl_2 \longrightarrow 2NaCl$$

ماذا يحدث إذا أضيفت ٦٠,٧جرام من الكلور إلى ٤٦,٢جرام من الصوديوم ؟ ( الوزن الذرى للصوديوم = ٢٣ ، الوزن الذرى للكلور = ٣٥,٥ )

٦/ في مركب النشادر $NH_3$ ، يوجد النيتروجين بنسبة ٨٢,٣٥ ٪ كتلة ، أما مركب الهيدرازين $N_2H_4$ فيحوى ٨٧,٥٠٪ كتلة من النيترجين . هل تتفق هذه النتائج مع قانون النسب المضاعفة ؟

# الوحدة السادسة

## أنواع التفاعـــلات الكيميـــائية

**(٦ – ١) مقدمة :**

إذا حاولت الحصول على قطعة صوديوم من الطبيعة فلن تعثر عليها منفردة ، وستجد أن الصوديوم يوجد متحدا مع غيره من العناصر مكوناً مركبات كيميائية مختلفة .

- أذكر أحد المركبات التى يوجد فيها فلز الصوديوم في الطبيعة ؟
- ما العنصر أو العناصر التى تتحد مع الصوديوم في هذا المركب ؟
- كيف تتحد ذرات هذه العناصر ؟

درست في المرحلة السابقة التغيرات الكيميائية للمواد ، وعرفت انها تؤدى الى إنتاج مواد جديدة تختلف في صفاتها عن صفات المواد الأصلية . فالماغنيزيوم عندما يشتعل يتحول إلى رماد أبيض يسمى أوكسيد الماغنيزيوم ويختلف هذا الاوكسيد في صفاته عن صفات كل من الماغنيزيوم والاوكسجين اللذين يتكون منهما . ويعرف تغير الماغنيزيوم في هذه الحالة بالتغير الكيميائى .

- ما التفاعل الكيميائى ؟

هو تفاعل تتم فيه إعادة ترتيب الذرات وارتباطها ببعضها البعض وينتج عن المواد المتفاعلة مواد مختلفة في خواصها الكيميائية عن المواد الاصلية أو المتفاعلات . ولكى يتم التفاعل الكيميائى لابد أن يتم تكسير روابط كيميائية قائمة وتكوين روابط جديدة .

**مثال :**

يتفاعل الهيدروجين مع الكلور عادة بوجود ضوء الشمس لتكوين مركب كلوريد الهيدروجين . فماذا يحدث لكل من الهيدروجين والكلور ؟ وكيف ينتجا كلوريد الهيدروجين ؟

يوجد كل من الهيدروجين والكلور على هيئة جزيئات ، ويتألف كل جزىء من ذرتين مرتبطتين مع بعضهما البعض . فإذا عرفنا الرقم الذرى لكل

من الهيدروجين والكلور وهو ١ و ١٧ على الترتيب فإذا كلا من جزىء الهيدروجين والكلور يمكن تمثيله كالاتي :

| | |
|---|---|
| H : H أو H - H | $:\ddot{Cl}:\ddot{Cl}:$ أو Cl - Cl |
| جزىء الهيدروجين | جزىء الكلور |

أما جزئ كلوريد الهيدروجين فيمكن تمثيله كالآتي :

$$H:\ddot{Cl}:$$

لاحظ أن جزئ كلوريد الهيدروجين يتكون من ذرة واحدة من الهيدروجين وذرة من الكلور ( HCl ) ، فكيف أمكن لذرتى الهيدروجين والكلور الارتباط ؟

لكى يتم ذلك لابد من كسر الرابطة بين ذرتى الهيدروجين في جزىء الهيدروجين ( $H_2$ ) وذرتى الكلور في جزىء الكلور ( $Cl_2$ ) وبالتالي يمكن لذرة الهيدروجين أن ترتبط بذرة الكلور لتكوين جزئ كلوريد الهيدروجين ( HCl ) .

$$H-H + Cl - Cl \longrightarrow 2\,H - Cl$$

ما عدد جزيئات كلوريد الهيدروجين التى تنتج من تفاعل جزئ واحد من الهيدروجين ( $H_2$ ) وجزئ واحد من الكلور ( $Cl_2$) ؟

من المثال السابق يمكن أن نستنتج أن التفاعل الكيميائى يتضمن تكسير روابط قائمة وتكوين روابط جديدة . أى أن الروابط السابقة كانت ( H - H ) في جزيئات الهيدروجين والروابط ( Cl - Cl ) في جزيئات الكلور فماذا حدث عندما تفاعل الهيدروجين والكلور لتكوين كلوريد الهيدروجين (HCl) . نلاحظ أنه تم تكسير الروابط السابقة وتكوين روابط جديدة من نوع ( H - Cl ). وبذلك تتم إعادة إرتباط الذرات بشكل جديد عن الروابط السابقة في كل تفاعل كيميائى.

تدريب : يتفاعل الهيدروجين ( $H_2$ ) مع الاوكسجين ( $O_2$ ) لانتاج جزيئات الماء ( $H_2O$ ) .

أ- مثل بالرسم كلا من جزيئات المتفاعلات والنواتج .

ب- كم عدد ذرات الهيدروجين التى تتحد مع ذرات الاوكسجين لتكون جزىء الماء ؟

ج- ما نوع الروابط التى نشأت في حالة تكوين جزئ الماء ؟

د- هل تتشابه صفات كل من الاوكسجين والهيدروجين مع صفات جزىء الماء ؟

سبق أن درست الروابط الكيميائية التى تحدث بين الذرات أو المجموعات الذرية وعرفت أن هنالك أنواعا مختلفة من الروابط الكيميائية تحدث بين ذرات العناصر ولهذا فهنالك تفاعلات يمكن أن تنتج نتيجة لانتقال الالكترونات بالكامل من ذرة لاخرى وتكون أيونات موجبة وسالبة ومن ثم تتجاذب هذه الايونات مكونة المركبات .

**مثال :**

تفاعل الصوديوم مع الكلور لتكوين كلوريد الصوديوم . كيف يتفاعل الصوديوم مع الكلور إذا كان الرقم الذرى لكل منهما ١١و١٧ على الترتيب ؟

ومن ناحية أخرى فان هناك نوعا أخر من التفاعلات لايتم فيه انتقال كامل للالكترونات من ذرة لاخرى ولكن تتم فيه المشاركة الالكترونية بين الذرات المكونة للمركب .

**مثال :**

تفاعل الاوكسجين مع الكربون لتكوين ثانى أوكسيد الكربون . كيف يتفاعل الاوكسجين مع الكربون لتكوين ثانى أوكسيد الكربون ؟

ومما تقدم يبرز لنا جليا أن هناك أنواعاً مختلفة من التفاعلات منها :

أ- ما يتم فيه إنتقال كامل للالكترونات من ذرة أو مجموعة ذرية إلى أخرى .

ب- تفاعلات تؤدى الى نواتج تتضمن المساهمة الالكترونية كليا أو جزئياً بين ذرتين أو أكثر .

## (٦ – ٢) أنواع التفاعلات الكيميائية :

مهما تكون النواتج في التفاعلات الكيميائية فإنه يمكن تصنيف التفاعلات الكيميائية المألوفة على النحو الآتي :

### (١) تفاعلات الاتحاد البسيط : Simple Combination

وهى التفاعلات التى يحدث فيها إتحاد مادتين أو أكثر لتكوين مادة واحدة ويمكن أن يرمز لهذا النوع من التفاعلات بالآتي :

$$A + B \longrightarrow C$$

وينقسم هذا النوع من التفاعلات الى عدة أنواع أهمها :

أ/ إتحاد عنصرين لتكوين مركب :

كبريت + أوكسجين $\xrightarrow{\text{حرارة}}$ ثانى أوكسيد الكبريت

$$S + O_2 \xrightarrow{\Delta} SO_2$$

ب/ إتحاد عنصر ومركب لتكوين مركب :

ثانى أوكسيد الكبريت + أوكسجين $\xrightarrow{\text{حرارة}}$ ثالث أوكسيد الكبريت

$$2SO_2 + O_2 \xrightarrow{\Delta} 2SO_3$$

ج/ إتحاد مركبين لتكوين مركب جديد :

ثانى أوكسيد الكبريت + ماء ⟵ حمض الكبريت ( IV )

$$SO_2 + H_2O \longrightarrow H_2SO_3$$

أوكسيد الصوديوم + ماء ⟵ هيدروكسيد الصوديوم

$$Na_2O + H_2O \longrightarrow 2NaOH$$

وتلاحظ أن كل تفاعلات الاتحاد يمكن التعبير عنها بالمعادلة الرمزية الآتية :

$$A + B \longrightarrow C$$

حيث يمكن لكل من A و B أن يكون عنصرا أو مركبا أما ( C ) فهو في كل الحالات مركب .

## (٢) تفاعلات التحلل : Decomposition

وفى تفاعلات التحلل يتحلل المركب الكيميائى الى مواد أبسط ويمكن تقسيم تفاعلات التحلل الى ثلاثة أنواع :

### ( أ ) التحلل البسيط : Simple Decomposition

وفيه يتم تحلل المركب الكيميائى عند درجة الحرارة العادية مثل تحلل مادة نتريت الامونيوم عند درجة الحرارة العادية الى نتروجين وماء ، ويرمز الى تفاعلات التحلل عامة بـــ :

$$A \longrightarrow B + C$$

نتريت الامونيوم ⟵ نتروجين + ماء

$$NH_4NO_2 \longrightarrow N_2 + 2H_2O$$

### (ب) التحلل الحرارى :Thermal Decomposition

ويقصد به تحلل المركب الكيميائى الى مكونات أبسط بالتسخين **مثال :**
تحلل نترات الرصاص بالتسخين :

**نترات الرصاص ⟵ (حرارة) أوكسيد الرصاص + ثانى أكسيد النتروجين + أوكسجين**

$$2Pb(NO_3)_2 \xrightarrow{\Delta} 2PbO + 4NO_2 + O_2$$

### (جـ) التفكك الحرارى : Thermal Dissociation

حيث يتم فيه تحلل المركب الكيميائى بالحرارة الى مكونات أبسط :
ولكن إذا بردت المواد الناتجة تتحد مرة أخرى لتكون المادة الاولى مرة ثانية مثل تفكك مركب كلوريد الامونيوم بالحرارة :

كلوريد الامونيوم ⟵⟶ أمونيا + كلوريد الهيدروجين

$$NH_4Cl \rightleftharpoons NH_3 + HCl$$

### (٣) التبادل البسيط ( الازاحة ) : Simple Displacement

ويقصد به أن يحل عنصر ما محل عنصر آخر في مركب من المركبات ويرمز اليه بالرمز بـــ :

$$A + BC \longrightarrow AC + B$$

**مثال :** يمكن لبعض الفلزات أن تحل محل الهيدروجين في بعض الاحماض أو يمكن لفلزات أن تحل محل فلزات أخرى في مركباتها مثال فلز الخارصين الذى يحل محل فلز النحاس في أملاحه .

١- **الماغنيزيوم +حامض الهيدروكلوريك ⟵ كلوريد الماغنيزيوم + هيدروجين**

$$Mg + 2HCl \longrightarrow MgCl_2 + H_2$$

٢- **خارصين + كبريتات النحاس ⟵ كبريتات الخارصين + نحاس**

$$Zn + CuSO_4 \longrightarrow ZnSO_4 + Cu$$

٣- يوديد البوتاسيوم + الكلور ⟵ كلوريد البوتاسيوم + اليود

$$2KI + Cl_2 \longrightarrow 2KCl + I_2$$

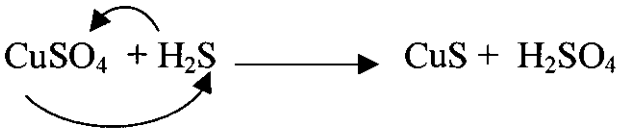
### (٤) التبادل المزدوج : Double Decomposition

ويحدث التبادل المزدوج عند تفاعل مادتين ، حيث يحدث ما يشبه تحلل المادة الى شقين ويتبع ذلك تبادل الشقوق Exchange of Radicals لتكوين مواد جديدة . ويمكن أن نرمز اليه بـــ :

$$AB + CD \longrightarrow AD + CB$$

**مثال :** تفاعل كبريتات النحاس مع غاز كبريتيد الهيدروجين ، حيث يحدث تبادل مزدوج كما هو موضح في المعادلات التالية :

**كبريتات النحاس + كبريتيد الهيدروجين ⟵ كبريتيد النحاس + حامض الكبريت ($\overline{VI}$)**



وفيما يلى أمثلة لهذا النوع من التفاعلات :

**( أ ) تفاعلات الترسيب :** Precipitation

ويحدث هذا النوع من تفاعلات التبادل المزدوج في المحاليل المائية عندما يوجد في المحلول المائى مركبان أيونيان منحلان ( ذائبان ) ويتحد الايون الموجب من أحدهما مع الايون السالب من المركب الآخر بحيث يتكون مركب أيونى غير منحل ( راسب ) .

وتستخدم تفاعلات الترسيب لتحضير المركبات أو الاملاح غير القابلة للذوبان في الماء . مثلا يمكن ترسيب كربونات الكالسيوم بإضافة محلول كلوريد الكالسيوم الى محلول كربونات الصوديوم .

**كلوريد الكالسيوم + كربونات الصوديوم ← كلوريد الصوديوم + كربونات الكالسيوم**

$$Ca\,Cl_2 + Na_2\,CO_3 \longrightarrow 2NaCl + Ca\,CO_3\downarrow$$

( والسهم الذى يشير الى أسفل يعني أن المادة غير قابلة للذوبان ) .

والبك أمثلة أخرى لتحضير المواد بطريقة الترسيب .

(١) **نترات الفضة + كلوريد الصوديوم ← نترات الصوديوم + كلوريد الفضة**

$$AgNO3 + NaCl \longrightarrow NaNO3 + AgCl\downarrow$$

(٢) كلوريد الباريوم + حمض الكبريت (VI) $\xleftarrow{\text{المخف}}$ كبريتات الباريوم + حمض الهيدروكلوريك

$$BaCl_2 + H_2SO_4 \longrightarrow BaSO_4\downarrow + 2HCl$$

(٣) فوسفات الصوديوم + هيدروكسيد الكالسيوم ← فوسفات الكالسيوم + هيدروكسيد الصوديوم

$$2Na_3PO_4 + 3Ca(OH)_2 \longrightarrow Ca_3\,(PO_4)_2\downarrow + 6NaOH$$

(٤) هيدروكسيد الكالسيوم + كربونات الصوديوم ← هيدروكسيد الصوديوم+ كربونات الصوديوم

$$Ca(OH)_2 + Na_2CO_3 \rightleftharpoons 2NaOH + CaCO_3$$

**(ب) تفاعلات التعادل Neutralization :**

هى تفاعلات الأحماض والقواعد بالكميات المناسبة لتكوين الاملاح والماء .

ولاجراء تفاعلات التعادل نحتاج إلى :

الأدوات : ماصة ، سحاحة ، دورق معايرة

المواد : محلول هيدروكسيد الصوديوم أو أى قلوى مناسب ، حامض االهيدروكلوريك المخفف ، دليل ( محلول عباد الشمس أو الميثيل البرتقالى ) .

**الطريقة :**

١/ بواسطة ماصة خذ حجماً معلوماً ( ٢٥سم$^3$) من محلول هيدروكسيد الصوديوم في دورق معايرة .

٢/ أضف اليها من ٢ – ٥ قطرات من الدليل ( عباد الشمس ) .

٣/ رج الدورق حتى يختلط الدليل بمحلول هيدروكسيد الصوديوم سجل لون الدليل في الوسط القلوى .

٤/ أملأ السحاحة بالحامض حتى العلامة الدالة على السعة وسجل النقطة التى تبدأ منها قراءة السحاحة .

٥/ ضع دورق المعايرة ومحتوياته أسفل السحاحة ثم أضف الحامض الى محلول هيدروكسيد الصوديوم بالتدريج مع تحريك أو رج دورق المعايرة عند أضافة قطرات الحامض ، حتى لحظة تحول اللون الى الاحمر .

٦/ تعرف النقطة التى يحدث عندها التحول في لون الدليل بنقطة التعادل . ويعرف التفاعل الذى حددنا بواسطته حجم الحامض الذى يتفاعل مع كمية معينة من القلوى بتفاعل التعادل .

المحلول الذى تحصلنا عليه في دورق المعايرة محلول متعادل تقريباً يميل الى الحامضية قليلا .

**معادلة التعادل :**

حامض الهيدروكلوريك المخفف + هيدروكسيد الصوديوم ⟵ كلوريد الصوديوم + ماء

$$HCl + Na\,OH \longrightarrow Na\,Cl + H_2O$$

٧/ كرر العملية السابقة وفي هذه المرة خذ نفس كمية القلوى وأضف اليها كمية من حامض أقل من الكمية السابقة بمقدار ٢سم$^3$ مع التحريك المستمر للدورق . الآن إستمر في إضافة الحامض قطرة فقطرة الى أن يتحول اللون الازرق الى اللون الاحمر بواسطة قطرة واحدة .

٨ / حدّد كمية الحامض المستعملة في التفاعل .

٩ / أعد التجربة للمرة الثالثة للتاكد من نقطة النهاية أو نقطة التعادل .

١٠/ خذ نفس كمية القلوى في دورق نظيف وأضف اليها متوسط القراءتين الأخيرتين من الحامض مع عدم إضافة عباد الشمس تحصل على ملح كلوريد الصوديوم وماء فقط سخن المحلول حتى الجفاف لتحصل على ملح كلوريد الصوديوم .

لمزيد من التوضيح فيما يلي تفاعلات بعض الأحماض مع بعض القواعد :

حامض النتروجين (V) + هيدروكسيد البوتاسيوم ⟵ نترات البوتاسيوم + ماء

$$HNO_3 + KOH \longrightarrow KNO_3 + H_2O$$

حامض الكبريت (VI) + هيدروكسيد الليثيوم ⟵ كبريتات الليثيوم + ماء

$$H_2SO_4 + 2LiOH \longrightarrow Li_2SO_4 + 2H_2O$$

**(٥ ) تفاعلات الأكسدة والاختزال :**

تلاحظ أن هناك نوعاً من التفاعلات تتحد فيه العناصر المختلفة مع عنصر الاوكسجين مكونة ما يعرف بالاكاسيد .

**مثال :**

أ/ يحترق الهيدروجين في الهواء مكوناً الماء

هيدروجين + أوكسجين ⟵ (حرارة) ماء

$$2H_2 + O_2 \xrightarrow{\Delta} 2H_2O$$

**مثال آخر :**

ب/ يحتـــرق الحديـــد المسخـــن لدرجـــة الاحمرار فينتـــج عـــن ذلك أوكسيـــد الحديـــد (III) .

حديد + أوكسجين ⟵ (حرارة) أوكسيد الحديد (III)

$$4Fe + 3O_2 \xrightarrow{\Delta} 2Fe_2O_3$$

والتفاعلات التى تتحد فيها العناصر المختلفة مع الاوكسجين يطلق عليها تفاعلات الاكسدة ( التأكسد ) . وهناك تفاعلات تشابهها تماماً يتحد فيها عنصر ما مع عنصر آخر غير الاوكسجين ، وتقع ضمن تفاعلات الاكسدة

**أمثلة :**

ج/ يتحد الهيدروجين بالكلور مكوناً غاز كلوريد الهيدروجين

الهيدروجين + كلور ⟵ كلوريد الهيدروجين

$$H_2 + Cl_2 \longrightarrow 2\,HCl$$

د/ يتحد الحديد مع الكلور مكوناً كلوريد الحديد (III)

الحديد + الكلور ⟵ كلوريد الحديد ( III)

$$2Fe + 3Cl_2 \longrightarrow 2FeCl_3$$

هـ/ يتحد الحديد مع الكبريت مكوناً كبريتيد الحديد ( II)

الحديد + الكبريت ⟵ كبريت الحديد (II)

$$Fe + S \longrightarrow FeS$$

و/ كما يتحد الصوديوم مع عنصر الكلور مكوناً كلوريد الصوديوم

$$2Na + Cl_2 \longrightarrow 2\,NaCl$$

ز/ تتفاعل الفلزات مثل الماغنيزيوم والخارصين مع الاحماض مثل حامض الكبريت (VI) والهيدروكلوريك المخففين بحيث يزيح الفلز هيدروجين الحامض وفقاً للمعادلات الاتية :

**ماغنيزيوم + حامض الهيدروكلوريك (المخفف) ⟵ كلوريد الماغنيزيوم + هيدروجين**

$$Mg + 2HCl\ (dil) \longrightarrow MgCl_2 + H_2$$

**خارصين + حامض الكبريت(VI) ( المخفف ) ⟵ كبريتات خارصين + هيدروجين**

$$Zn + H_2SO_4 \longrightarrow ZnSO_4 + H_2$$

ح/ ويتفاعل الخارصين مع كبريتات النحاس ويزيح الخارصين فلز النحاس كما في المعادلة التالية :

خارصين + كبريتات نحاس ⟵ كبريتات خارصين + نحاس

$$Zn + Cu\,SO_4 \longrightarrow Zn\,SO_4 + Cu$$

- فما أوجه الشبه بين كل التفاعلات السابقة ؟
- كيف يمكن تفسير تفاعلات التاكسد والاختزال بحيث تشمل كل الامثلة السابقة ؟
- هل يمكن ان نفسر ذلك إذا رجعنا الى إنتقال الالكترونات بين الذرات المتفاعلة ؟

يمكن ملاحظة أن ذرات الهيدروجين والحديد والصوديوم والماغنيزيوم والخارصين كانت محايدة في شحناتها الكهربائية قبل التفاعل الكيميائى ولكنها تحولت الى أيونات موجبة ، مما يعنى أنها فقدت الكترونات . فعندما يتفاعل الحديد مع الاوكسجين أو الكلور لتكوين أوكسيد أو كلوريد الحديد (III) تفقد كل ذرة من ذراته ثلاثه الكترونات حسب المعادلة التالية :

$$Fe - 3e \longrightarrow Fe^{3+}$$

كذلك الحال مع الصوديوم ، فعندما تتفاعل ذرته المحايدة المتعادلة مع الاوكسجين أو الكلور فانها تفقد الكتروناً واحداً حسب المعادلة التالية :

$$Na - e \longrightarrow Na^{+}$$

ويحدث نفس الشئ مع الماغنيسيوم والخارصين فكل منها عندما يتفاعل يفقد الكترونين حسب المعادلة التالية :

$$Mg - 2e \longrightarrow Mg^{2+}$$

$$Zn - 2e \longrightarrow Zn^{2+}$$

يمكن تعريف التاكسد على ضوء التفاعلات السابقة ، بانه التفاعل الذى تتم فيه :

١- إما إضافة الاوكسجين للجزيئات أو الذرات أو الايونات أو المجموعات الذرية .

٢- أو نزع الهيدروجين من الجزيئات أو الايونات أو المجموعات الذرية .
٣- أو فقدان الالكترونات من الجزيئات أو الايونات أو الذرات أو المجموعات الايونية . وعليه فيمكن أن نقول أن ذرات الهيدروجين والحديد والصوديوم والماغنيزوم والخارصين قد تأكسدت لأنها فقدت الكترونات وبالتالي زادت الشحنات الموجبة المحمولة عليها . وهو ما يعرف بزيادة عدد الأكسدة ( التأكسد) ، وهذا هو المفهوم الأشمل لمعنى الأكسدة .

$$Fe \longrightarrow Fe^{3+} + 3e$$
$$Na \longrightarrow Na^{+} + e$$
$$Mg \longrightarrow Mg^{2+} + 2e$$
$$Zn \longrightarrow Zn^{2+} + 2e$$

وعندما تنتقل الى الجانب الاخر أى الى الذرات أو الايونات أو المجموعات الذرية المتفاعلة مع هذه العناصر السابقة مثل الاوكسجين والكلور والكبريت وأيون النحاس الموجب ، تلاحظ أن الالكترونات التى تفقدها العناصر السابقة تكتسبها ذرات الكلورأو الاوكسجين أو الكبريت أو أيون النحاس (II) الموجب مكونة أيونات سالبة أو ذرات محايدة حسب المعادلات الاتية :

$O + 2e^{-} \longrightarrow O^{2-}$ أيون أوكسيد
$Cl + e \longrightarrow Cl^{-}$ أيون كلوريد
$S + 2e^{-} \longrightarrow S^{2-}$ أيون كبريتيد
$Cu^{2+} + 2e \longrightarrow Cu$ ذرة نحاس

∴ فقد تحولت ذرات O , Cl , S لايونات سالبة ، أما أيون النحاس (II) الموجب فقد تحول الى ذرة النحاس المحايدة ( المتعادلة ) .

تلاحظ أنه يمكن تطبيق مفهوم انتقال الالكترونات (اكتساب الالكترونات) على هذه الذرات ، أو الأيونات او الجزيئات أو المجموعات الذرية ، وهو ما يعرف بعملية الاختزال التى تعد عملية معاكسة لعملية الأكسدة ، وعليه يمكن تعريف الاختزال بانه التفاعل الذى يتم فيه :

١/ أما إضافة الهيدروجين للجزيئات أو الذرات أو الأيونات أو المجموعات الذرية .
٢/ أو نزع الأوكسجين من الجزيئات أو الايونات أو المجموعات الذرية

٣/ أو إكتساب الكترونات بواسطة الجزيئات أو الذرات أو الايونات أو المجموعات الذرية .

ونلاحظ أن عمليتي فقدان واكتساب الالكترونات عمليتان متعاكستان متلازمتان لابد من حدوثهما في نفس الوقت ، ففي الوقت الذى يفقد فيه جانب الالكترونات لابد من وجود جانب آخر يكتسب هذه الالكترونات . أى أنه عند حدوث عملية تاكسد لابد من حدوث عملية إختزال في نفس الوقت ولذلك نقول أن عمليتى التاكسد والاختزال عمليتان متلازمتان .ويمكن الجمع بين عمليتى التاكسد والاختزال في معادلة واحدة كما يلى :

$$2Na \longrightarrow 2Na^{+} + 2e$$
$$Cl_2 + 2e \longrightarrow 2Cl^{-}$$

---

بالجمع : $2Na + Cl_2 \longrightarrow 2NaCl$

كذلك عند تاكسد الحديد في جو من الاوكسجين يحدث الاتى :

$$4Fe \longrightarrow 4Fe^{3+} + 12e$$
$$3O_2 + 12e \longrightarrow 6O^{2-}$$

---

بالجمع : $4Fe + 3O_2 \longrightarrow 4Fe^{3+} + 6O^{2-}$

وتصبح الصيغة النهائية كما يلي :

$$4Fe + 3O_2 \longrightarrow 2Fe_2O_3$$

في المعادلات السابقة تلاحظ أنه عندما تتاكسد ذرات الصوديوم والحديد بفقد الالكترونات والتحول الى أيونات موجبة تختزل ذرات الكلور والاوكسجين الى أيونات سالبة وهذا يؤكد أن عمليتى التاكسد والاختزال عمليتان متعاكستان وتتلازمان .

**العامل المؤكسد والعامل المختزل :**

العامل المؤكسد هو عبارة عن مادة ( قد تكون ذرة أو جزيئاً أو أيونا أو مجموعة أيونية) لها المقدرة على إضافة الاوكسجين أو إنتزاع الهيدروجين أو إكتساب الالكترونات في أى تفاعل من التفاعلات . فذرات الكلور والاوكسجين والكبريت وأيونات النحاس في الامثلة السابقة تكتسب الالكترونات أثناء التفاعل الكيميائى . ونلاحظ أن هذه الذرات أو الايونات تختزل في نفس الوقت الذى تلعب فيه دور العامل المؤكسد ، وعكس ذلك يمكن أن يقال في حالة العامل المختزل .

## تمارين على الوحدة السادسة

١/ عرف المصطلحات الاتية :

أ- التفاعل الكيميائى ب- التحلل الحرارى

ج- التاكسد د- الازاحة

هـ- العامل المؤكسد

٢/ بمعادلة رمزية موزونة مثل لكل من التفاعلات الاتية :

أ- التفكك الحرارى ب- الاتحاد البسيط

ج- التاكسد والاختزال د- التبادل المزدوج هـ - التعادل

٣/ يتفاعل الكالسيوم ورقمه الذرى (٢٠) مع الفلور ورقمه الذرى (٩) لتكوين مركب فلوريد الكالسيوم . بين :

أ- بالرسم التوزيع الالكترونى لكل من الذرتين .

ب- أى الذرتين تفقدها وأيهما يكتسب ؟

ج- عدد الالكترونات التى تفقدها أو تكتسبها كل ذرة .

د- أى الذرتين تتاكسد وايهما تختزل ؟ وايهما العامل المختزل وأيهما العامل المؤكسد ؟

هـ- نوع التفاعل الذى يحدث بين الذرتين .

و- نوع الرابطة التى تنشأ بين الذرتين .

ز- كم عدد ذرات الفلور التى تتحد مع ذرة من الكالسيوم لتكوين جزىء فلوريد الكالسيوم ؟

٤/ عين تفاعلات التاكسد والاختزال من بين التفاعلات الاتية :

1- $NH_3 + HCl \longrightarrow NH_4Cl$

2- $Zn + CuSO_4 \longrightarrow Cu + ZnSO_4$

3- $2Na + Cl_2 \longrightarrow 2NaCl$

4- $C + O_2 \xrightarrow{\Delta} CO_2$

٥/ وضح نوع كل من التفاعلات الاتية :

1- $2H_2 + O_2 \longrightarrow 2H_2O$

2- $Zn + H_2SO_4 \longrightarrow ZnSO_4 + H_2$

3- $NH_4Cl \rightleftharpoons NH_3 + HCl$

4- $Ba\,Cl_2 + 2\,Ag\,N\,O_3 \longrightarrow Ba(NO_3)_2 + 2Ag\,Cl\downarrow$

5- $2K\,OH + H_2\,SO_4 \longrightarrow K_2\,SO_4 + 2\,H_2O$

6- $2K\,ClO_3 \longrightarrow 2K\,Cl + 3O_2\uparrow$

٦/ بافتراض حدوث تفاعل كيميائى بين كل زوج من العناصر الاتية :

أ- الهيدروجين $(_1H)$ والبوتاسيوم $(_{19}K)$

ب- الفلور $(_9F)$ والهيدروجين $(_1H)$

ج- الكلور $(_{17}Cl)$ والليثيوم $(_3Li)$

د- الكربون $(_6C)$ والكلور $(_{17}Cl)$

في كل زوج بين الاتي :

١- أى العنصرين يكتسب شحنة موجبة

٢- أى العنصرين يعتبر عاملا مؤكسداً

٣- عدد الالكترونات التى يكتسبها أو يفقدها أى من العنصرين أثناء التفاعل .

٤- الصيغة الكيميائية لجزيىء المركب الذى يتكون عند تفاعل أى زوج .

٧/ أكتب معادلات رمزية موزونة لتفاعلات التاكسد والاختزال التالية مبينا العامل المؤكسد والعامل المختزل في كل حالة :

١- خارصين + حامض الهيدروكلوريك ⟵ .....

٢- حديد + ..... ⟵ كبريتيد الحديد ( II )

٣- نحاس + حامض الكبريت (VI) المركز ⟵ كبريتات نحاس + ثانى أوكسيد الكبريت + ماء .

٨/ علل للظاهرات الكيميائية التالية :

١- ظهور راسب أصفر عند خلط غازى ثانى أوكسيد الكبريت وكبريتيد الهيدروجين .

٢- ظهور غاز أصفر مخضر مميز الرائحة عند تفاعل حامض الهيدروكلوريك المركز مع ثانى أوكسيد المنغنيز .

٣- إختفاء اللون الابيض لملح كلوريد الامونيوم عند تسخينه .

٤- ظهور لون بنى داكن عند تسخين ملح نترات النحاس .

# الوحدة السابعة

## الحساب الكيميائى Stoichiometry

### ( ٧ – ١ ) أهمية الحسابات الكيميائية :

في حياة الانسان كثير من النشاطات التى تتطلب تحديد كميات المواد التى سوف يستهلكها أو ينتجها ، ففي المطبخ تستخدم مكاييل أو مقاييس بسيطة كالملعقة والكوب والفنجان وغيرها لتحديد مقادير المواد التى ستستخدم في الطبخ وغيره ، بحيث لاتزيد هذه الكميات ولاتنقص عن الحد الذى يمكن أن يؤدى الى تلف الطعام من حيث المذاق أو النكهة أو القيمة الغذائية .

وفى المصانع يحتاج الكيميائيون الى الدقة لتحديد كميات المواد اللازمة لتحضير مادة معينة بالمواصفات المطلوبة لضمان الجودة المرغوبة من المستهلك . ففى صناعة الصابون وسماد اليوريا والامونيا ( النشادر ) وصناعة البلاستيك مثلا يجب الا تزيد نسب المواد المتفاعلة عن مقادير محددة حتى تخرج السلعة المنتجة بالمواصفات المحددة بما يضمن تسويقها وتحقق عائدا إقتصاديا ً.

وكثيراً ما ننظر الى زجاجة دواء فنجد عليها قائمة بالنسب المئوية لمكونات الدواء الاساسية . فما هى أهمية هذه النسب على فاعلية الدواء ؟ هل تتغير فاعلية الدواء إذا تغيرت نسب أحد مكوناته ؟ هل لذلك آثار سالبة على صحة المريض إذا تغيرت هذه النسب ؟

– كيف نستطيع أن نحسب كميات المواد اللازمة لانتاج معين ؟

– كيف نستطيع أن نحدد كميات المواد اللازمة لانتاج سلعة معينة بالمواصفات المطلوبة ؟

إن المرجع الاساسى الذى يستخدمه الكيميائى في حساباته هو المعادلة الكيميائية الموزونة أو الصيغة الجزيئية الصحيحة لمركب ما ، وذلك لانها توفر معلومات أساسية يعتمد عليها في إجراء الحسابات الكيميائية .

## ( ٧ – ٢ ) مفهوم الحساب الكيميائى :

يقصد بالحساب الكيميائى تعيين أو حساب العلاقات الكمية بين المواد المختلفة سواء أكانت مركبات أو عناصر . ويعنى ذلك تحديد العلاقات الوزنية أو الحجمية للمواد المتفاعلة أو الناتجة عن التفاعلات .

## ( ٧ – ٣ ) أهمية الحساب الكيميائى :

**يساعد الحساب الكيميائى في :**

أ / تحديد نسب كتل العناصر الداخلة في تكوين المركب .
ب/ تحديد حجم الغاز الناتج في ظروف معينة كالحرارة والضغط وغيرها .
ج/ تحديد كميات المواد المتفاعلة والناتجة من التفاعل .
د / تحديد عدد المولات المتفاعلة أو الناتجة من التفاعل .
هـ/ تحديد عدد الذرات أو الجزيئات من العناصر أو المركبات المتفاعلة أو الناتجة من التفاعل .

## ( ٧ – ٤ ) الكتل الذرية :

من دراستك السابقة علمت أن العناصر تتكون من دقائق متشابهة تعرف بالذرات ، وأن هذه الذرات لا متناهية في الصغر بصورة لا يمكن الكشف عنها لو إستعملنا أقوى المجاهر . إذن فالحديث عن كتلة جسم بهذه الدرجة من الصغر قد يكون معضلة حقيقية . لان وحدات وأدوات الكتلة المستخدمة في عالم الاجسام الكبيرة لايمكن أن تصلح للاستعمال في عالم الجسيمات اللامتناهية في الصغر . إذن كيف يمكن أن نزن جسماً صغيراً بهذا الحجم ؟

إن الكتلة الحقيقية أو المطلقة لاى ذرة هو مقدار ضئيل للغاية . فمثلا تُقدر كتلة ذرة الهيدروجين بنحو ١,٦٧ × ١٠ $^{-٢٤}$ غرام ويعنى ذلك أن :

كتلة ذرة الهيدروجين = $\frac{١,٦٧}{١٠^{٢٤}}$ من الجرام

أو $\frac{١,٦٧}{\text{مليون} \times \text{مليون} \times \text{مليون} \times \text{مليون}}$ من الجرام

وكذلك الحال في الجزيئات الدقيقة فإن الكتلة المطلقة تكون مقداراً ضئيلا حيث يمكن أن تكون كتلة جزىء الهيدروجين ($H_2$) الذى يتكون من ذرتين من عنصر الهيدرجين ($H_2$) بنحو ٣,٣٤ × ١٠ $^{-٢٤}$ جرام أى أن :

كتلة جزىء الهيدروجين $H_2$ = $\frac{٣,٣٤}{١٠^{٢٤}}$ من الجرام

لذاك فنحن لا نستطيع أن نزن ذرة بعينها ، ولكننا يمكن أن نقارن كتلة ذرة بكتلة ذرة أخرى بمعنى لابد من مقياس للمقارنة . وقد إتخذ الكيميائيون ذرة الهيدروجين كمقياس ، ( وذلك لانها أخف الذرات المعروفة حتى الان ) كوحدة قياسية نسبوا اليها كتل العناصر او الجزيئات المعروفة الان . فاذا استطعنا مثلا تحديد ( بطريقة أو باخرى ) النسب المئوية الداخلة في تكوين مركب ما فإنه يكون بامكاننا تحديد نسب كتل ذرات العناصر المتفاعلة الى بعضها البعض ومن هذه الحقيقة يمكن تعريف الكتلة الذرية بأنها :

هى عبارة عن عدد المرات التى تكون بها كتلة ذرة العنصر أكبر من كتلة ذرة الهيدروجين أى :

الكتلة الذرية للعنصر = $\frac{\text{كتلة ذرة العنصر}}{\text{كتلة ذرة الهيدروجين}}$

∴ الكتلة هى كتلة نسبية للذرات منسوبة الى معيار محدد وهو كتلة ذرة الهيدروجين التى يفترض أنها تساوى وحده واحده .

حديثا إستبدل عنصر الهيدروجين كمقياس للكتل الذرية بعنصر الكربون ١٢ .

حيث أصبحت وحدة الكتلة الذرية $\frac{١}{١٢}$ من كتلة ذرة الكربون ١٢ .

وعلى ضوئها تم تحديد الكتل الذرية للعناصر المعروفة الآن

ويلاحظ أنه إذا إستطعنا أن نحدد بطريقة أو باخرى النسب المئوية للعناصر المكونة لمركب ما ، فانه يكون بامكاننا أن نحدد نسب كتل ذرات العناصر الى بعضها البعض .

**مثال :**

يتركب الماء من الاوكسجين والهيدروجين بنسبة ٨٨,٨١ ٪ و ١١,١٩٪ وزناً ، على الترتيب .

ويعنى ذلك أن نسبة كتل ذرات الاوكسجين الموجودة في كل ١٠٠ جرام من الماء الى كتل ذرات الهيدروجين الموجودة في هذه الكتلة من الماء هو ٨٨,٨١ : ١١,١٩ ، وباختصار هذه النسب تكون ٧,٩٣٧ : ١ .

فاذا كان جزئ الماء يتكون من ذرة واحدة من الاوكسجين وذرة واحدة من الهيدروجين فان كتلة ذرة الاوكسجين يكون مساويا كتلة ذرة الهيدروجين ٧,٩٣٧ مرة ، أما إذا كان تكوين جزئ الماء هو ذرتان من الهيدروجين وذرة من الاوكسجين فان :

كتلة ذرة الاوكسجين = كتلة ذرتى هيدروجين × ٧,٩٣٧

= كتلة ذرة هيدروجين × ٢ × ٧,٩٣٧

= كتلة ذرة الهيدروجين × ١٥,٨٧٤

ولما كان الافتراض الاخير ( أن جزئ الماء يتكون من ذرتى هيدروجين وذرة أوكسجين ) هو الصحيح ومبرهن عمليا ، فان :

كتلة ذرة الاوكسجين = كتلة ذرة الهيدروجين × ١٥,٨٧٤

**مثال آخر :**

يتكون غاز الميثان من ٢٥ ٪ هيدروجين و ٧٥٪ كربون كتلة . ما هى نسبة كتلة ذرة الكربون الى كتلة ذرة الهيدروجين ؟

**الحـل :**

في كل ١٠٠ جرام من الميثان توجد ٢٥ جرام هيدروجين و ٧٥ جرام كربون . ووجد عمليا أن جزئ الميثان يتكون من أربع ذرات هيدروجين وذرة واحدة من الكربون .

$$\frac{\text{كتلة ذرة الكربون}}{\text{كتلة ذرة الهيدروجين}} \text{ في جزئ الميثان} = \frac{\text{كتلة ذرة كربون}}{\text{كتلة ٤ ذرات هيدروجين}}$$

$$\frac{٧٥}{٢٥} = \frac{\text{كتلة ذرة كربون}}{\text{كتلة ٤ ذرات هيدروجين}}$$

بالاختصار :

كتلة الكربون = كتلة ١٢ ذرة هيدروجين

∴ كتلة الكربون يساوى وزن ذرة الهيدروجين ١٢ مرة

**مثال :**

يتكون كلوريد الصوديوم من ٦٠,٦٨ ٪ كلور و ٣٩,٣٢ ٪ صوديوم كتلة ، ما هى نسبة كتلة ذرة الكلور الى كتلة ذرة الصوديوم ؟

**الحـل :**

في كل ١٠٠ جرام من كلوريد الصوديوم تكون كتلة الكلور ٦٠,٦٨ جرام وتكوين كتلة الصوديوم ٣٩,٣٢ جرام ، وقد وجد عمليا أن جزئ كلوريد الصوديوم ، يتكون من ذرة صوديوم وذرة كلور :

$$\frac{\text{كتلة الكلور}}{\text{كتلة الصوديوم}} \text{ فى كلوريد الصوديوم} = \frac{\text{كتلة ذرة الكلور}}{\text{كتلة ذرة الصوديوم}} = \frac{٦٠,٦٨}{٣٩,٣٢}$$

$$= ١,٥٤$$

بمعنى آخر فان كتلة ذرة واحدة من الكلور يساوى كتلة ذرة واحدة من الصوديوم ١,٥٤ مرة .

يتضح لنا من الامثلة السابقة أنه بالامكان المقارنة بين كتل الذرات دون الحاجة الى معرفة كتلة الذرة الحقيقية . ولكى تكون المقارنة ذات مدلول واحد كان لابد من الاتفاق على معيار محدد ، وقد تعارف الجميع على أن يكون هذا

المعيار هو ذرة الهيدروجين كما إتفق عرفيا أن تكون كتلة ذرة الهيدروجين تساوى واحد ( دون الحاجة الى ذكر وحدات الكتلة المتعارف عليها كالجرام أو الكيلو جرام ٠٠٠الخ ) .

وفى مرحلة معينة من مراحل تطور العلوم . تم الاتفاق على أن يكون المعيار هو $\frac{١}{١٢}$ من كتلة ذرة الكربون ١٢ . وهـو مـا يعرف بوحدة الكتـلة الذرية ، و ٠ ك ٠ ذ ( Atomic mass unit , a . m . u . ) وبذلك تم تحديد الكتل الذرية للعنـاصر منسـوبة الى هذا المعيـار (راجع جدول الكتل الذرية الملحق بهذا الباب) .

**( ٧ – ٥ ) الكتل الذرية مقدرة بالجرامات :**

سبق أن عرفنا الكتلة الذرية بانها نسبة ولذلك لم نميزها بايه وحدة من وحدات الكتلة المتعارف عليها . ولكننا نلاحظ في كثير من الحسابات الكيميائية للكتل الذرية أو الجزيئية أن تلك الكتل مميزة بوحدة الجرام . ويطلق عليها في هذه الحالة الكتل الذرية الجرامية ، فما هى الكتل الذرية الجرامية ؟

الكتل الذرية الجرامية هى عبارة عن الكتل الذرية معرفة بوحدة الغرام بافتراض أن كتلة الهيدروجين العادى ( النظير الخفيف للهيدروجين ) يساوى واحد جرام . بمعنى أنه إذا كان كتلة ذرة الاوكسجين ١٦ (أى ١٦ مرة تقريبا مثل ذرة الهيدروجين) فإن كتلتها الذرية الغرامية تصبح ١٦ جراما . وكذلك تصبح الكتلة الذرية الجرامية للكلور تساوى ٣٥,٥ جرام ، وهكذا فان الكتلة الذرية الجرامية لاى عنصر هى الكتلة الذرية لذلك العنصر مميزة بوحدة الجرام .

**( ٧ – ٦ ) الكتلة الجزيئية :**

الكتلة الجزيئية لعنصر أو مركب ما هى عبارة عن مجموع كتل الذرات الداخلة في تكوين الجزئ .

∴ الكتلة الجزيئية لعنصر أو مركب = $\frac{\text{كتلة جزئ واحد من العنصر أو المركب}}{\text{كتلة ذرة واحدة من الهيدروجين}}$

كما يمكن تعريفها بأنها عدد المرات التى تكون بها كتلة جزىء العنصر أو المركب الكيميائى أكبر من كتلة ذرة الهيدروجين .

**مثال (١) :**

الكتلة الجزيئية للماء هى مجموع كتل ذرات الهيدروجين والاوكسجين فى جزىء الماء ($H_2O$) .

الكتلة الجزيئية للماء = [ ٢ × ١ + ١ × ١٦ ] = ٢ + ١٦ = ١٨

**مثال (٢) :**

أحسب الكتلة الجزيئية للكحول الايثيلى ($C_2H_5OH$) ( راجع جدول الكتل الذرية في نهاية الباب )

الكتلة الجزيئية للكحول الايثيلى = [ ٢ × ١٢ + ٦ × ١ + ١ × ١٦ ]

= [ ٢٤ + ٦ + ١٦ ] = ٤٦

**مثال (٣) :**

يتكون جزىء سكر القصب من ١٢ ذرة كربون و٢٢ ذرة هيدروجين و ١١ ذرة أوكسجين ، حسب الصيغة الجزيئية ($C_{12}H_{22}O_{11}$) . أحسب الكتلة الجزيئية لسكر القصب ؟

( راجع جدول الكتل الذرية في نهاية الباب )

**الحـل :**

الكتلة الجزيئية = مجموع كتلة الذرات المكونة لجزئ السكر

= [ ١٢ × ١٢ + ١ × ٢٢ + ١٦ × ١١ ]

= [ ١٤٤ + ٢٢ + ١٧٦ ] = ٣٤٢

وهذا يعنى أن الكتلة الجزيئية لجزىء سكر القصب أكبر من $\frac{١}{١٢}$ من ذرة الكربون أو ذرة واحدة من ذرات الهيدروجين الخفيف بـــ ٣٤٢ مرة .

**الكتلة الجزيئية مقدرة بالجرامات :**

الكتلة الجزيئية بالجرامات هى عبارة عن الكتلة الجزيئية النسبية معرّفة بكلمة غرام باعتبار أن المعيار المستخدم لقياس الكتل الذرية ($\frac{1}{12}$ من كتلة ذرة الكربون أو ذرة الهيدروجين الخفيف ) تعادل واحد جرام .

فالكتلة الجزيئية الجرامية للماء = ١٨ جرام

والكتلة الجزيئية الجرامية للكحول الايثيلى = ٤٦ جرام

والكتلة الجزيئية الجرامية لسكر القصب = ٣٤٢ جرام

**( ٧ – ٧ ) النسب المئوية لكتل مكونات المادة :**

سبق أن درست المركبات الكيميائية والتعبير عنها بصيغ تعرف بالصيغ الكيميائية ، ودرست كيف يمكنك حساب الكتل الجزيئية لهذه المركبات ، ولكن كيف توصل العلماء لهذه الصيغ الجزيئية ؟

لقد توصل العلماء لهذه الصيغ عن طريق معرفة عدة أشياء منها دراسة النسب المئوية لمكونات المركب . ولكن كيف يمكن إيجاد هذه النسب المئوية ؟

يتم ذلك عن طريق أخذ عينة نقية من المركب المجهول وتحليلها لمعرفة العناصر المكونة ومقادير هذه العناصر .

**مثال (١) :**

عند تحليل عينة نقية كتلتها ٤,٤جرام من مركب مجهول وُجد أنها تتكون من ١,٢ جرام كربون والباقي أوكسجين . بين :

أ- كتلة الاوكسجين في العينة .

ب- نسبة الكربون في العينة .

ج- نسبة الاوكسجين في العينة .

**الحـل :**

بما أن كتلة العينة النقية ٤,٤ جرام وكتلة الكربون ١,٢جرام وهى تتكون من الكربون والاوكسجين فقط .

أ / ∴ كتلة الاوكسجين في العينة = ٤,٤ – ١,٢ = ٣,٢جرام

ب/ ∴ نسبة الكربون في العينة = $\frac{١,٢}{٤.٤}$ × ١٠٠ = ٪٢٧

ج / ∴ نسبة الاوكسجين في العينة = $\frac{٣,٢}{٤.٤}$ ×١٠٠ = ٪٧٣

كيف يمكن الاستفادة من هذه النسب فى الوصول الى الصيغة الجزيئية للمركب ؟

وإذا قيل لنا إن المركب يمكن أن يُمثل باحدى الصيغتيين الجزيئتين $CO$ ، $CO_2$ ؛

فكيف تقرر أن أيا من الصيغتين تمثل النسب التى تحصلت عليها من العينة النقية ؟

لكى تقرر ذلك ، نحسب نسبة الكربون الى الاوكسجين في كل من الصيغتين ، ونحدد في أى من الصيغتين تكون النسب مطابقة للنسب المحسوبة من العينة .

فتكون الكتل في $CO$ كالآتي :

نسبة كتلة الكربون الى كتلة الاوكسجين = ١٢: ١٦ = ٣:٤

أما في $CO_2$ فتكون نسب المكونات كالآتي :

نسبة كتلة الكربون إلى كتلة الاكسجين = ١٢ : ٣٢ = ٣ : ٨

نسبة الكربون الى الاوكسجين في العينة = ١,٢ : ٣,٢ = ٣ : ٨

نلاحظ أن النسبة المحسوبة من العينة تتطابق تماما والنسبة المحسوبة للعناصر من الصيغة $CO_2$ . إذن نستطيع أن نقرر أن المركب الموجود في العينة النقية هو ثانى أوكسيد الكربون $CO_2$ .

من هذا المثال نلاحظ أن النسبة المئوية لعنصر في مركب ما هى :

$$\frac{\text{عدد ذرات العنصر في المركب} \times \text{الكتلة الذرية للعنصر} \times ١٠٠}{\text{الكتلة الجزيئية للمركب}}$$

**مثال (٢) :**

حلل باحث كيميائى عينة نقية كتلتها ٤ جرام من مركب هيدروكربونى مجهول فوجد أنها تحوى ١جرام هيدروجين والباقي كربون ، أحسب :

أ- النسبة المئوية لكتلة كل من الهيدروجين والكربون في العينة .

ب- حدد : أى الصيغتين $(C_2H_6)$ ' $(CH_4)$ يمكن أن تمثل المركب ؟

**الحـل :**

كتلة الكربون في العينة = ٤ – ١ = ٣ جرام

النسبة المئوية لكتلة الهيدروجين = $\frac{١}{٤} \times ١٠٠ = ٢٥ \%$

النسبة المئوية لكتلة الكربون = $\frac{٣}{٤} \times ١٠٠ = ٧٥ \%$

لكى نحدد أى الصيغتين يمكن أن تمثل المركب ، نحسب نسبة الكربون والهيدروجين في كل منهما ونجد أيهما تتطابق نسبها مع نسب العينة المحسوبة .

**فيما يتعلق بالصيغة $(C_2H_6)$ فان الكتلة الجزيئية تساوى :**

$٢ \times ١٢ + ٦ \times ١ = ٣٠$

نسبة كتلة الهيدروجين = $\frac{٦}{٣٠} \times ١٠٠ = ٢٠ \%$

نسبة كتلة الكربون = $\frac{٢٤}{٣٠} \times ١٠٠ = ٨٠ \%$

نلاحظ أن هذه النسب لا تتطابق والنسب المحسوبة من العينة ، إذن فالصيغة $(C_2H_6)$ لا تمثل المركب المجهول .

**فيما يتعلق بالصيغة $(CH_4)$ فإن الكتلة الجزيئية تساوى :**

$١ \times ١٢ + ٤ \times ١ = ١٦$

نسبة كتلة الهيدروجين = $\frac{٤}{١٦} \times ١٠٠ = ٢٥\%$

نسبة كتلة الكربون = $\frac{١٢}{١٦} \times ١٠٠ = ٧٥\%$

نلاحظ أن هذه النسب تطابق نسبة كتلة كل من الكربون والهيدروجين المحسوبة من العينة .

إذن يمكن لهذه الصيغة ($CH_4$) أن تمثل المركب الموجود في العينة .

## ( ٧ – ٨ ) عدد أفوغادرو Avogadro's Number :

وجد بالتجربة أن حجماً من الاوكسجين كتلته ٢,٤جرام وحجماً مماثلا من الهيدروجين كتلته ٠,١٥ جرام تحت نفس الظروف من ضغط ودرجة حرارة ، يحتويان على نفس العدد من الجزئيات .

لبرهان ذلك نفترض أن عدد جزيئات الاوكسجين الموجوده في ٢,٤جرام أوكسجين تساوى س جزىء .

وأفرض أن عدد جزيئات الهيدروجين الموجودة في ٠,١٥ جرام هيدروجين تساوى ص جزىء.

الكتلة الجزيئية للاوكسجين تساوى ٣٢ وحدة كتلة

الكتلة الجزيئية للهيدروجين تساوى ٢ وحدة كتلة

$$\frac{\text{كتلة الاوكسجين}}{\text{كتلة الهيدروجين}} = \frac{\text{كتلة كل جزيئات الاوكسجين}}{\text{كتلة كل جزيئات الهيدروجين}}$$

$$\frac{\text{س} \times ٣٢}{\text{ص} \times ٢} = \frac{٢,٤}{٠,١٥} = \frac{٠,٨}{٠,٠٥} = \frac{١٦}{١}$$

$$\therefore \frac{\text{س} \times ٣٢}{\text{ص} \times ٢} = \frac{١٦}{١}$$

$$\therefore \quad ٣٢ \text{ س} = ٢ \times ١٦ \times \text{ص}$$

$$\therefore \quad ٣٢ \text{ س} = ٣٢ \text{ ص}$$

$$\therefore \quad \text{س} = \text{ص}$$

بما أن س و ص هى عبارة عن عدد جزيئات كل من الاوكسجين والهيدروجين ، وعليه فيكون الحجمان يحتويان على نفس العدد من الجزيئات .

**مثال آخر :**

برهن أن ١٥غرام من الكربون و٤٠جرام من الكبريت يحتويان على نفس العدد من الذرات ( راجع جدول الكتل الذرية في نهاية الباب )

**الحـل**

١/ نفرض أن عدد ذرات الكربون الموجودة في ١٥جرام كربون = س

٢/ نفرض أن عدد ذرات الكبريت الموجودة في ٤٠جرام من الكبريت = ص

$$\frac{\text{كتلة الكربون}}{\text{كتلة الكبريت}} = \frac{\text{كتلة ذرات الكربون}}{\text{كتلة ذرات الكبريت}}$$

$$\frac{١٥}{٤٠} = \frac{\text{س} \times ١٢}{\text{ص} \times ٣٢}$$

$$\frac{١٢\ \text{س}}{٣٢\ \text{ص}} = \frac{١٥}{٤٠}$$

$$١٢\ \text{س} \times ٤٠ = ٣٢\ \text{ص} \times ١٥$$

$$\therefore\ ٤٨٠\ \text{س} = ٤٨٠\ \text{ص}$$

$$\therefore\ \text{س} = \text{ص}$$

∴ ١٥ جم من الكربون تحتوى على نفس العدد من الذرات التى تحتويه ٤٠غرام من الكبريت .

ويمكن إيراد أمثلة كثيرة تقود الى التعميم التالي :

إذا كانت نسبة كتلة من عنصر ما الى كتلة من عنصر آخر هى نفس نسبة الكتلة الذرية للعنصر الاول إلى الكتلة الذرية للعنصر الآخر فإن الكتلتين تحتويان نفس العدد من الذرات . وينطبق نفس التعميم على المركبات فإذا كانت النسبة بين كتل من المركبات كالنسبة بين كتلها الجزيئية ، فإن هذه الكتل تحتوى على نفس العدد من الجزيئيات .

ونخلص من ذلك الى أن ١جرام من ذرات الهيدروجين و١٢جرام من ذرات الكربون و٣٢جرام من ذرات الكبريت و٢٣جرام من ذرات الصوديوم

و١٦جرام من ذرات الاوكسجين ٠٠٠الخ كلها تحتوى علي نفس العدد من الذرات ، وقد وجد أن هذا العدد من الذرات هو ٦,٠٢ × ١٠$^{٢٣}$ ، ويعرف هذا العدد بعدد أفوغادرو .

## (٧ – ٩ ) المول Mole :

يعتبر المول من الوحدات الاساسية في النظام الدولى للقياس (S-I Units) ويستخدم كثيرا في الحسابات الكيميائية . ويمكن تعريف المول بأنه :

> هو مقدار المادة التى تحتوى على عدد أفوغادرو من الدقائق . سواء أكانت هذه الدقائق ذرات أو جزيئات أو أيونات أو الكترونات
>
> وعدد الدقائق المحددة التى يحتويها المول هو ٦,٠٢ × ١٠$^{٢٣}$ ، أى عدد أفوغادرو .

**أمثلة :**

أ- المول من ذرات الاوكسجين كتلته ١٦جرام
ب- المول من جزيئات الاوكسجين كتلته ٣٢جرام
ج- المول من ذرات الهيدروجين كتلته ١جرام
د- المول من جزيئات الهيدروجين كتلته ٢جرام
هـ- المول من أيونات الصوديوم كتلته ٢٣جرام .

وهكذا يمكننا أن نميز بين مول من ذرات الكلور ومول من جزيئات الكلور ٠٠٠ الخ

عدد المولات = $\frac{\text{كتلة العنصر أو المركب ( ذرات أو جزيئات مقدرة بالجرام)}}{\text{الكتلة الذرية أو الجزيئية مقدرة بالجرامات}}$

ويمكن إستخدام هذه العلاقة الرياضية لتحويل الكتل الى مولات والعكس صحيح أيضاً .

**مثال :**

أحسب عدد المولات التى كتلتها ١٥غم كربون و ٤٠جم كبريت .

**الحـل :**

١مول من ذرات الكربون = الكتلة الذرية للكربون مقدرة بالجرامات

كتلة ١مول = ١٢جرام

كتلة س مول = ١٥ جرام

∴ س مول من الكربون=

$$\frac{\text{كتلة الكربون بالجرام}}{\text{الكتلة الذرية}} = \frac{١٥}{١٢} = \frac{٥}{٤} = ١\frac{١}{٤} \text{ مول}$$

كتلة ١مول من ذرات الكبريت = الكتلة الذرية للكبريت مقدرة بالجرامات

كتلة ١ مول = ٣٢جرام

كتلة س مول = ٤٠جرام

∴ س مول من الكبريت = $\frac{٤٠}{٣٢} = \frac{٥}{٤} = ١\frac{١}{٤}$ مول

## تمريـــن

١/ أحسب كم مولا تعادل كلا من الاتي :

أ- ١١,٧ جرام من كلوريد الصوديوم .

ب- ١,٠٦جرام من كربونات الصوديوم .

ج- ٠,٧١ جرام من جزيئات الكلور .

د- ٠,٠١٦جرام من ذرات الاوكسجين .

٢/ أحسب الكتل التى تعادل المولات المذكورة في كل مما ياتي :

أ- ٠,٣ مول من جزيئات الكلور .

ب- ٠,٠٤مول من كربونات الكالسيوم .

ج- ٠,٥ مول من أيونات الصوديوم .

د- ٠,١ مول من جزيئات الهيدروجين .

( مستخدما الكتل الذرية في الجدول الواردة في نهاية هذه الوحدة ) .

**مثال محلول :**

ما عدد الجزيئات التى توجد في ١٦جرام من ثانى أوكسيد الكبريت ؟

**الحـل :**

الكتلة الجزيئية لثانى أوكسيد الكبريت $(SO_2)$ = ( ٢ × ١٦ ) + ٣٢ = ٦٤

∴ عدد المولات في ١٦جرام من ثانى أوكسيد الكبريت =

$$\frac{\text{الكتله المعينة}}{\text{الكتله الجزيئيه}} = \frac{١٦}{٦٤} = \frac{١}{٤} \text{ مول}$$

∴ عدد الجزيئات في ١٦ جرام من ثانى أوكسيد الكبريت =
عدد المولات × عدد أفوغادرو =

$$\frac{١}{٤} \times ٦,٠٢ \times ١٠^{٢٣} = ١,٥ \times ١٠^{٢٣}$$

**مثال آخر :**

ما هى كتلة ٣ × ١٠$^{٢٠}$ ذرة من الصوديوم ؟

**الحـل :**

عدد مولات ذرات الصوديوم = $\frac{\text{عدد الذرات}}{\text{عدد أفوغادرو}}$

$$= \frac{٣ \times ١٠^{٢٠}}{٦,٠٢ \times ١٠^{٢٣}} = ٠,٥ \times ١٠^{-٣}$$

وبما أن كتلة المول من أيونات الصوديوم يساوى ٢٣ جرام

∴ كتلة ٣ × ١٠$^{٢٠}$ من ذرات الصوديوم = ٠,٥ × ١٠$^{-٣}$ × ٢٣ = ٠,٠١١٥جرام

**(٧ – ١٠) النسبة المئوية لكتل العناصر في المركبات :**

هى عبارة عن النسبة المئوية لكتلة العنصر في مركب ما منسوبة الى الكتلة الكلية لجزىء ذلك المركب .

**مثال : (١)**

أحسب النسبة المئوية للاوكسجين في مركب كربونات الكالسيوم .

ولحساب هذه النسبة نحتاج لمعرفة كتابة الصيغة الجزيئية لكربونات الكالسيوم .

كربونات الكالسيوم = $CaCO_3$

الكتلة الجزيئية = ( ٣ × ١٦ ) + ١٢ + ٤٠ = ١٠٠

كتلة الاوكسجين في المركب = ٣ ×١٦ = ١٤٨

النسبة المئوية لكتلة الاوكسجين = $\frac{\text{كتلة الاكسجين في المركب}}{\text{الكتلة الجزيئية المركب}} \times ١٠٠$

$$= \frac{٤٨}{١٠٠} \times ١٠٠ = ٤٨ \%$$

**مثال : (٢)**

أحسب النسبة المئوية للكبريت في ثاني أوكسيد الكبريت ؟

**الحـل :**

الصيغة الجزيئية لثاني أوكسيد الكبريت هى $SO_2$

الكتله الجزيئيه لثانى أوكسيد الكبريت = ( ٢ × ١٦ ) + ٣٢ = ٦٤

النسبة المئوية للكبريت في ثانى أوكسيد الكبريت = $\frac{٣٢}{٦٤}$ × ١٠٠ = ٥٠٪

**مثال : (٣)**

أحسب النسب المئوية للهيدروجين في الجلوكوز .

**الحـل :**

الصيغة الجزيئية للجلوكوز هى $C_6H_{12}O_6$

الكتله الجزيئيه للجلوكوز = ٦ × ١٦ + ١ × ١٢ + ٦ × ١٢ = ١٨٠

النسب المئوية للهيدروجين في الجلوكوز = $\frac{١٢ \times ١٠٠}{١٨٠}$ = ٦,٦٧٪

**(٧ – ١١ ) الحسابات من المعادلات الكيميائية :**

المعادلة الكيميائية عبارة عن تعبير رمزى مختصر عن التفاعل الكيميائى . ولها دلالات معينة أهمها أنها تعبر عن :

١- نوع المواد المتفاعلة والناتجة من التفاعل .

٢- الكميات النسبية للمواد المتفاعلة والناتجة من التفاعل ( عدد الذرات أو الجزيئيات وكتلها أو عدد المولات ... الخ ) .

٣- الشروط التى يتم فيها التفاعل .

٤- الحالة الفيزيائية التى تكون عليها المتفاعلات والنواتج .
(سوائل ، غازات ، مواد صلبة ، ذائبة ، غير ذائبة ... الخ )

٥- أنواع وكميات الطاقة المنطلقة أو الممتصة أثناء التفاعل الكيميائى

٦ – تطبيق قانون بقاء الكتلة .

الآن أنظر الى المعادلة الكيميائية الموزونة التالية :

الومنيوم + كلور ⟵ كلوريد الالومنيوم

$$2Al_{(s)} + 3Cl_{2(g)} \longrightarrow 2AlCl_{3(s)}$$

من هذه المعادلة يمكنك أن تستنتج أن كل ذرتين من الالومنيوم يتفاعلان مع ثلاثة جزيئات من الكلور ( ست ذرات ) . وينتج عن ذلك جزيئان من كلوريد الالومنيوم .

فالارقام التى تسبق الرموز المعبرة عن ذرات أو جزيئات العناصر أو المركبات في المعادلة تشير الى نسب اعداد الذرات أو الجزيئات المتفاعلة والناتجة .

ولنفترض أن عدد ذرات الالومنيوم الموجودة في التفاعل يساوى (2n) ذرة ، فإن ذلك العدد يحتاج الى (3n) من جزيئات الكلور لينتج (2n) من جزيئات كلوريد الالومنيوم . ويمكن تمثيل ذلك بالمعادلة التالية :

$$2nAl_{(s)} + 3nCl_{2(g)} \longrightarrow 2nAlCl_{3(s)}$$

فإذا إفترضنا أن قيمة (n) في المعادلة تساوى عدد أفوغادرو أى ( ٦,٠٢ × ١٠$^{٢٣}$ ) فستصبح المعادلة الآن :

$$2(6.02 \times 10^{23})\ Al + 3(6.02 \times 10^{23})\ Cl_2 \longrightarrow 2(6.02 \times 10^{23})\ AlCl_{3(s)}$$

ومن دراستنا السابقة نعرف أن كل ٦,٠٢ × ١٠$^{٢٣}$ ذرة أو جزيئاً ( وهى عدد أفغادرو ) تكون مولا من الذرات أو مولا من الجزيئات من المادة .

∴ يمكن أن نقول إن :

٢مول من الالومنيوم + ٣مول من الكلور ← ٢ مول من كلوريد الالومنيوم .

كذلك فإن الارقام التى تشير الى نسب أعداد الذرات أو الجزيئات في المعادلة الكيميائية يمكن إعتبارها إشارة الى نسب أعداد المولات من المواد .

وما دامت كتلة المول من كل مادة يمكن حسابها باعتبارها الكتلة الذرية الجرامية أو الكتلة الجزيئية الجرامية للمادة المتفاعلة أو الناتجة الممثلة في المعادلة ، وعليه فتكون :

$$2Al + 3Cl_2 \longrightarrow 2\ AlCl_3$$

$$(2 \times 27) + (3 \times 71) \longrightarrow 2(27 + 106.5)$$

$$267 \longrightarrow 267$$

لاحظ أن مجموع كتل المواد المتفاعلة تساوى مجموع كتل المواد الناتجة عن التفاعل ( قانون بقاء المادة ) .

وعليه يمكن أن نستنتج أنه في حالة أى تفاعل كيميائى فان النسب بين المتفاعلات تكون بنسب المولات أو مضاعفاتها أو كسوراً من هذه المولات .

مما سبق يتبين لنا أن أهم خطوات الحسابات الكيميائية من المعادلات هى :

أ- معادلة رمزية موزونة لتبين لنا نسب المتفاعلات والنواتج

ب- معرفة الكتل الذرية للمواد المتفاعلة .

ج- معرفة حساب الكتل الجزيئية للمتفاعلات والنواتج .

والامثلة التالية تبين لك هذه الخطوات :

**مثال (١) :**

ما هو وزن أوكسيد الكالسيوم الناتج من تحلل مول من كربونات الكالسيوم ؟

أ- الخطوة الأولي هى كتابة المعادلة الموزونة للتفاعل :

$$Ca\,CO_{3(s)} \longrightarrow Ca\,O_{(s)} + CO_{2\,(g)}$$

ب- من المعادلة يتبين لنا أن مولا واحداً من أوكسيد الكالسيوم ينتج من تحلل مول واحد من كربونات الكالسيوم :

$$Ca\,CO_3 \longrightarrow Ca\,O + CO_2$$
$$1 \longrightarrow 1 + 1$$

( راجع جدول الكتل الذرية في نهاية الباب )

$$Ca\,CO_3 \longrightarrow Ca\,O + CO_2$$
$$[\,٤٠ + ١٢ + ١٦ \times ٣\,] \longrightarrow [\,٤٠ + ١٦\,] + [\,١٢ + ١٦ \times ٢\,]$$

١٠٠جرام ⟵ ٥٦جرام + ٤٤ غرام

∴ كتلة أوكسيد الكالسيوم الناتجة من تحلل مول من كربونات الكالسيوم هى ٥٦جرام

كم تكون كتلة الاوكسيد الناتجة من تحلل ٢٥جرام من كربونات الكالسيوم؟

إذا كانت :

١٠٠جرام ⟵ ٥٦جرام

س جرام ⟵ ٢٥جرام

∴ س جرام = $\frac{٢٥ \times ٥٦}{١٠٠}$ = ١٤ جرام

**مثال (٢) :**

ما كتلة الصوديوم اللازمة لانتاج ٢٩,٢٥غرام من كلوريد الصوديوم ؟

أ- $2Na + Cl_2 \longrightarrow 2NaCl$

$2 : 1 \longrightarrow 2$

(راجع جدول الكتل الذرية للعناصر من نهاية الوحدة )

$2Na + Cl_2 \longrightarrow 2NaCl$

٢ [ ٣٥,٥ + ٢٣ ] ⟵ [ ٢ × ٣٥,٥ ] + [٢٣ × ٢ ]

١١٧ غرام من كلوريد الصوديوم ⟵ ٤٦ جرام من الصوديوم

٢٩,٢٥ جرام ⟵ س جرام

س جرام هى كمية الصوديوم اللازم لانتاج ٢٩,٢٥ جرام من كلوريد الصوديوم تساوى :

∴ س جرام = $\frac{٤٦ \times ٢٩,٢٥}{١١٧}$ = ١١,٥ جرام

**مثال (٣) :**

أحسب كتلة كل من كلوريد الهيدروجين وكبريتات الصوديوم التى تنتج من تفاعل ٥٠ كيلو جرام من كلوريد الصوديوم مع كمية كافية من حامض الكبريت (VI) المركز .

**الحـل :**

**كلوريد الصوديوم + حامض الكبريت(VI)المركز ⟵ كبريتات الصوديوم + كلوريد الهيدروجين**

$$2NaCl + H_2SO_4\,(Conc.) \longrightarrow Na_2SO_4 + 2HCl\uparrow$$

$$[٢٣+٣٥,٥]٢ + [٢+٣٢+١٦\times٤] \longrightarrow [٢٣\times٢+ ٣٢+١٦\times٤]+ [١+٣٥,٥]\ ٢$$

١١٧ + ٩٨ ⟶ ١٤٢ + ٧٣

وبما أن هذه الكتل نسبية فإننا يمكن أن نستعمل أى وحدة من وحدات الكتلة وعليه يمكن أن نقول أن :

٧٣ كيلوجرام + ١٤٢ كيلوجرام ⟶ ١١٧ كيلوجرام

أى أن كل ١١٧ كيلوجرام من كلوريد الصوديوم تنتج ١٤٢ كيلوجرام من كبريتات الصوديوم .

١٤٢ كيلوجرام ⟶ ١١٧ كيلوجرام

س كيلوجرام ⟶ ٥٠ كيلوجرام

∴ س كيلوجرام عبارة عن كتلة كبريتات الصوديوم الناتجة من تفاعل ٥٠ كيلوجرام من كلوريد الصوديوم مع كمية وافرة من حامض الكبريت (VI)

$$\text{إذن : س} = \frac{١٤٢ \times ٥٠}{١١٧} = ٦٠,٧ \text{ كيلوجرام}$$

ومن المعادلة أيضا يمكن أن نقول أن كل ١١٧ كيلو جرام كلوريد صوديوم تنتج ٧٣ كيلوجرام من كلوريد الهيدروجين عندما تتفاعل مع كمية وافرة من حامض الكبريت (VI) أى أن :

٧٣ كيلوجرام ⟶ ١١٧ كيلوجرام

س كيلوجرام ⟶ ٥٠ كيلوجرام

س عبارة عن كتلة كلوريد الهيدروجين الناتج عن تفاعل ٥٠ كجم

$$\text{س كيلوجرام} = \frac{٧٣ \times ٥٠}{١١٧} = ٣١,٢ \text{ كيلوجرام}$$

**مثال (٤) :**

ما عدد جزيئات الماء الناتج من تفاعل ٠,١ جرام من الهيدروجين مع كمية كافية من الاوكسجين .

**معادلة التفاعل :** $2H_2 + O_2 \longrightarrow 2H_2O$

من المعادلة يتبين لك أن كل ٢مول من الهيدروجين تنتج ٢مول من بخار الماء عندما تتفاعل مع كمية كافية من الاوكسجين :

$$O_2 + 2H_2 \longrightarrow 2H_2O \quad \therefore$$

٢مول ⟵ ٢ مول

إذن :

عدد مولات الهيدروجين المتفاعلة = كتلة الهيدروجين المعين بالجرام / الكتلة الجزيئية الجرامية

$$= \frac{\text{٠,١جرام}}{\text{٢ جرام}} = \text{٠,٠٥ مول}$$

إذن الكتلة الجزيئية الجرامية لاى عنصر ( المول ) يحتوى على رقم أفوغادرو من الجزيئات ( $٦,٠٢ \times ١٠^{٢٣}$ ) أى أن :

$٦,٠٢ \times ١٠^{٢٣}$ جزىء ⟵ ١مول جزىء من الهيدروجين

س جزىء ⟵ ٠,٠٥ مول جزىء من الهيدروجين

∴ س جزىء تعادل عدد جزيئات الهيدروجين الناتجة عن تفاعل ٠,٠٥ مول من الهيدروجين مع كمية كافية من الاوكسجين .

$$\therefore \text{س جزىء} = \frac{٠,٠٥ \times ٦,٠٢ \times ١٠^{٢٣}}{٢} = ٠,١٥٠٥ \times ١٠^{٢٣} \text{ جزئ}$$

**مثال (٥) :**

يمكن ترسيب بروميد الفضة من تفاعل محلول نترات الفضة مع محلول بروميد البوتاسيوم . أحسب كتلة نترات الفضة اللازم لانتاج ٣٧,٦جرام من بروميد الفضة ( راجع جدول الكتل الذرية في نهاية الوحدة ) .

**المعادلة :**

$$AgNO_3 + KBr \longrightarrow AgBr + KNO_3$$

[١٠٧,٩ + ١٤ + ١٦ × ٣] .... ⟵ [ ١٠٧,٩ + ٧٩,٩ ] ....

[ ١٦٩,٩] جرام من نترات الفضة ⟵ ١٨٧,٨ جرام من بروميد الفضة

س جرام من نترات الفضة ⟵ ٣٧,٦ جرام من بروميد الفضة

$$\therefore س = \frac{٣٧,٦ \times ١٦٩,٩}{١٨٧,٨} = ٣٤ \text{ جرام}$$

**مثال (٦) :**

أضيفت ١٠٠ جرام من ( كربونات الكالسيوم ) الى ٥٠٠ جرام من محلول حامض الهيدروكلوريك الذى يحتوى على $\frac{١}{١٠}$ من كتلته حامض نقى

كم عدد جرامات كربونات الكالسيوم المتبقية . أحسب كلوريد الكالسيوم الناتج .

**الحـل :**

المعادلة :

**كربونات الكالسيوم + حامض الهيدروكلوريك ⟵ كلوريد الكالسيوم + الماء + ثانى أكسيد الكربون**

$$Ca CO_3 + 2HCl \longrightarrow Ca Cl_2 + H_2O + CO_2$$

[ ٤٠ + ١٢ + ١٦ × ٣ ] + 2 [ ١+٣٥,٥ ] ⟵ [٤٠ +٢ × ٣٥,٥]

( كتلة كلوريد الكالسيوم ) ( كتلة حامض الهيدروكلوريك ) ( كتلة كربونات الكالسيوم )

كل ١٠٠ جرام من كربونات الكالسيوم تتفاعل مع ٧٣ جرام من الحامض لتعطى ١١١ جرام من كلوريد الكالسيوم .

$$\text{كتلة حامض الهيدروكلوريك النقى} = \frac{١٠ \times ٥٠٠}{١٠٠} = ٥٠ \text{ جرام}$$

نفترض أن كتلة كربونات الكالسيوم المتفاعل يساوى س جرام .

∴ ٧٣ جرام من الحامض تتفاعل مع ١٠٠ جرام من كربونات الكالسيوم

∴ ٥٠ جرام من الحامض تتفاعل مع س جرام من كربونات الكالسيوم

$$\text{س جرام} = \frac{٥٠ \times ١٠٠}{٧٣} = ٦٨,٥ \text{ جرام من كربونات الكالسيوم}$$

كتلة كربونات الكالسيوم المتبقى = ١٠٠ – ٦٨,٥ = ٣١,٥ جرام

تتفاعل كل ١٠٠ جرام من كربونات الكالسيوم مع كمية وافرة مع حامض الهيدروكلوريك لتتنتج ١١١ جرام من كلوريد الكالسيوم .

$$Ca\,CO_3 \longrightarrow Ca\,Cl_2$$

١١١ جرام ⟵ ١٠٠ جرام

س جرام ⟵ ٦٨,٥ جرام

∴ س جرام تساوى كتلة كلوريد الكالسيوم الناتج من تفاعل ٦٨,٥ جرام من كربونات الكالسيوم

$$\therefore س = \frac{٦٨,٥ \times ١١١}{١٠٠} = ٧٦ \text{ جرام}$$

**مثال (٧) :**

٢٠ جرام من الخارصين أضيفت الى ٢٠ جرام من حامض الكبريت (VI)

أ / أى المادتين ستتبقى بعد التفاعل ؟

ب/ ما هى كتلة المادة المتبقية ؟

ج / ما هى كتلة الهيدروجين الناتج أثناء التفاعل ؟

( راجع الجدول رقم (٧ – ١) في نهاية هذه الوحدة )

**معادلة التفاعل :**

$$Zn + H_2SO_4 \longrightarrow ZnSO_4 + H_2\uparrow$$

[ ٦٥,٤ ] + [ ٢ + ٣٢ + ٦٤ ] ⟵ [ ٢ ]

في المعادلة نلاحظ أن كل ٦٥,٤ جرام من الخارصين تحتاج الى ٩٨ جرام من حامض الكبريت (VI) لتتفاعل تماماً .

أن الكتلة المعينة من الخارصين تحتاج إلى أكثر من كتلتها من حامض الكبريت (VI) . أى أن ٢٠ جرام من الخارصين تحتاج الى أكثر من ٢٠ جرام من حامض الكبريت (VI) لاتمام التفاعل . وبالتالي فإن الخارصين هو الذى يتبقى .

$Zn + H_2SO_4$

٩٨ جرام تتفاعل مع ٦٥,٤ جرام

٢٠ جرام تتفاعل مع س جرام

∴ س جرام هى كتلة الخارصين التى يتفاعل مع ٢٠ جرام من حامض الكبريت (VI) .

$$\text{س} = \frac{٢٠ \times ٦٥,٤}{٩٨} = ١٣,٣٤ \text{ جرام من الخارصين}$$

كمية الخارصين المتبقية = ٢٠ – ١٣,٣٤ = ٦,٦٦ جرام خارصين

ومن المعادلة أعلاه نلاحظ أن كل : مول من $H_2SO_4$ ينتج ١ مول من $H_2$

أى أن ٩٨ جرام من $H_2SO_4$ تنتج ٢ جرام من $H_2$

٢٠ جرام من $H_2SO_4$ ينتج س جرام من $H_2$

س جرام ينتج منها ٢٠ جرام

$$\text{س} = \frac{٢ \times ٢٠}{٩٨} = ٠,٤٠٨ \text{ جرام من غاز } H_2$$

## الجدول رقم (٧ – ١)

الاسماء والرموز والارقام الذرية والأوزان الذرية لبعض العناصر :

| أسم العنصر | الاسم الاجنبى | الرمز | الرقم الذرى | الوزن الذرى |
|---|---|---|---|---|
| الهيدروجين | Hydrogen | H | ١ | ١,٠٠ |
| الألومنيوم | Aluminium | Al | ١٣ | ٢٧ |
| الأرجون | Argon | Ar | ١٨ | ٤٠ |
| الزرنيخ | Arsenic | As | ٣٣ | ٧٥ |
| الباريوم | Barium | Ba | ٥٦ | ١٣٧ |
| البورون | Boron | B | ٥ | ١٠,٨ |
| البروم | Bromine | Br | ٣٥ | ٧٩,٩ |
| الكالسيوم | Calcium | Ca | ٢٠ | ٤٠ |
| الكربون | Carbon | C | ٦ | ١٢ |
| الكلور | Chlorine | Cl | ١٧ | ٣٥,٥ |
| الكوبالت | Cobalt | Co | ٢٧ | ٥٨,٩ |
| النحاس | Copper | Cu | ٢٩ | ٦٣,٥ |
| الفلور | Flourine | F | ٩ | ١٩ |
| الهليوم | Helium | He | ٢ | ٤ |
| اليود | Iodine | I | ٥٣ | ١٢٦,٩ |
| الحديد | Iorn | Fe | ٢٦ | ٥٥,٩ |
| الرصاص | Lead | Pb | ٨٢ | ٢٠٧ |
| ليثيوم | Lithium | Li | ٠٣ | ٦,٩ |
| المغنيزيوم | Magnesium | Mg | ١٢ | ٢٤,٣ |
| المنغنيز | Manganese | Mn | ٢٥ | ٥٤,٩ |
| النيون | Neon | Ne | ١٠ | ٢٠,٢ |
| الزئبق | Mercury | Hg | ٨٠ | ٢٠٠,٦ |
| النيكل | Nickel | Ni | ٢٨ | ٥٨,٧ |
| النتروجين | Nitrogen | N | ٧ | ١٤ |

| أسم العنصر | الاسم الاجنبى | الرمز | الرقم الذرى | الوزن الذرى |
|---|---|---|---|---|
| الاوكسجين | Oxygen | O | ٨ | ١٦ |
| الفوسفور | Phosphorus | P | ١٥ | ٣١ |
| البلاتين | Platinum | Pt | ٧٨ | ١٩٥,١ |
| البوتاسيوم | Potassium | K | ١٩ | ٣٩,١ |
| السليكون | Silicon | Si | ١٤ | ٢٨,١ |
| الفضة | Silver | Ag | ٤٧ | ١٠٧,٩ |
| الصوديوم | Sodium | Na | ١١ | ٢٣ |
| الكبريت | Sulphur | S | ١٦ | ٣٢,١ |
| القصدير | Tin | Sn | ٥٠ | ١١٨,٧ |
| الخارصين | Zinc | Zn | ٣٠ | ٦٥,٤ |

- إن الأوزان الواردة بالجدول مقربة لاقرب منزلة عشرية .

## تمارين على الوحدة السابعة

١/ عرّف المصطلحات الآتية :

أ- الحساب الكيميائى .  ب- الوزن الذرى .

ج- عدد أفوغادرو .  د- المول .

هـ- المعادلة الكيميائية

٢/ حوّل الكتل الآتية الى مولات :

أ-٣,٥ غرام غاز النتروجين .  ب- ٢,٣ جرام صوديوم .

ج- ٢,٥ غرام كربونات كالسيوم .  د- ٥١ جرام غاز النشادر .

٣/ حوّل المولات الآتية الى كتل بالغرام :

أ- ٠,٠٥ مول كلوريد الصوديوم (NaCl)

ب- ٠,٣ مول غاز نشادر ($NH_3$)

ج- ٠,٣٢مول أكسجين ذرى (O)

د- ٠,٠٥ مول حامض هيدروكلوريك (H Cl)

٤/ أحسب النسبة المئوية لكتلة النتروجين في المركبات الآتية وحدد أى هذه المركبات يحتوى على نسبة أعلى من النتروجين :

أ- غاز النشادر  ب- نترات الصوديوم

ج- ثانى أوكسيد النتروجين  د- أوكسيد النتروجين ( I )

٥/ أوجد عدد جزيئات كربونات الكالسيوم التى توجد في ١٠جم من كربونات الكالسيوم

٦/ أحسب كتلة كربونات الماغنيزيوم التى تترسب عند إمرار كمية كافية من غاز ثانى أوكسيد الكربون على محلول يحتوى على ٢٩ غرام من هيدروكسيد الماغنيزيوم .

٧/ أضيفت ٢٠ جرام من نترات الفضة إلى ٣٠ جرام من كلوريد الصوديوم أوجد :

أ- أى المادتين ستتبقى .

ب-عدد مولات المادة المتبقية .

ج- كتلة كلوريد الفضة المترسبة أثناء التفاعل .

٨/ أضيفت ٢٠ جرام من كربونات الكالسيوم إلى ٢٠ جرام من حامض الهيدروكلوريك أوجد :

أ- أى المادتين المتفاعلتين زائد عن الحاجة .

ب-عدد مولات المادة المتبقية الفائضة من التفاعل .

ج- أحسب كتلة ثانى أوكسيد الكربون الناتج أثناء التفاعل .

٩/ ما عدد جزيئات الماء التى تنتج من تفاعل ٠,١ مول من الهيدروجين مع كمية كافية من الاوكسجين ؟

١٠/ يحترق غـــاز النشادر في الاوكسجين لينتـــج بخار الماء وأوكسيد النترجين (II) حسب المعادلة الموزونة الآتية :

$$4NH_3 + 5O_2 \longrightarrow 4NO + 6H_2O$$

**أوجد :**

أ- كم جراماً من الاوكسجين يلزم لاكسدة ٨,٥ جرام من غاز النشادر.

ب- عدد مولات الماء الناتج من أكسدة ٢,٥ مول من غاز النشادر .

ج- عدد جزيئات أوكسيد النتروجين (II) الناتجة من تفاعل ٢,٥ مول من الاوكسجين مع النشادر .

١١/ في أحد مصانع الحديـــد والصلب تم إختزال ٨٠ طـــن من أوكسيد الحـــديد ( II ) الى حديد بواسطة أول أكسيد الكربون . أوجد كتلة الحديد الناتجة في هذه العملية .

١٢/ أحسب عدد مولات $H_2S$ ( وزنه الجزيئ ٣٤ ) في ١٧ جرام منه .

جميع حقوق الطبع والتأليف ملك للمركز القومي للمناهج والبحث التربوي . ولا يحق لأي جهة، بأي وجه من الوجوه نقل جزء من هذا الكتاب أو إعادة طبعه أو التصرف في محتواه دون إذن كتابي من إدارة المركز القومي للمناهج والبحث التربوي.

رقم الإيداع: ٧٤٢/٢٠٠٨