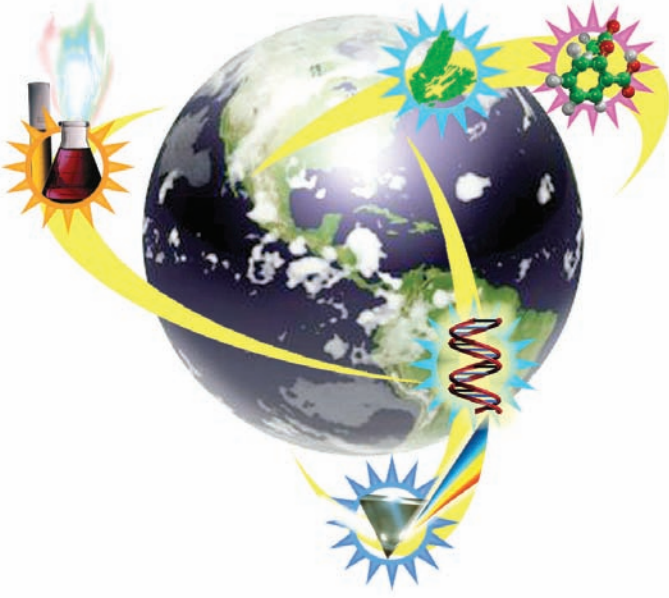


جمهورية العراق  
وزارة التربية  
المديرية العامة للمناهج



# الكيمياء

# CHEMISTRY

للمصف الرابع العلمي

تأليف

أ.د. مهند جميل محمود  
سالم محمد سيد النصراوي  
خلود مهدي سالم  
باسل ابراهيم الشوك  
كريم عبدالحسين الكناني

أ.د. عمارة هاني الدجيلي  
د. سمير حكيم كريم  
هدى صلاح كريم  
ماجد حسين الجصاني  
اسامة مرتضى الخالصي



1445 هـ / 2023 م

الطبعة الثانية عشرة

المشرف العلمي على الطبع  
م.م. محمد رعد خلف

المشرف الفني على الطبع  
بشار حامد علوان

الموقع والصفحة الرسمية للمديرية العامة للمناهج

[www.manahj.edu.iq](http://www.manahj.edu.iq)

[manahjb@yahoo.com](mailto:manahjb@yahoo.com)

[Info@manahj.edu.iq](mailto:Info@manahj.edu.iq)



[manahjb](https://www.facebook.com/manahjb)

[manahj](https://www.youtube.com/channel/UCmanahj)



إستناداً الى القانون يوزع مجاناً ويمنع بيعه وتداوله في الأسواق

علم الكيمياء - بتخصصاته الدقيقة المتنوعة - حجر الاساس والمحفز الاول في تطوير العلوم الطبيعية كلها مثل الفيزياء والجيولوجي وعلوم الحياة وغيرها.. فما التطور في شتى مجالات الحياة، الا واساسه معرفة تركيب المادة وخواصها وتصنيع الاف المواد الجديدة المشتقة من المواد الاولية المحدودة وفقاً لحاجة المجتمع.

وقد اتصف محتوى كتاب الكيمياء للصف الرابع العلمي بالآتي:

أولاً: عمق المادة العلمية المتناسبة مع الساعات المحددة للتنفيذ آخذين بنظر الاعتبار الموازنة بين المبادئ والمفاهيم الاساسية في الكيمياء وحدث النظريات والتطبيقات العملية.

ثانياً: التوسع الافقي والعمودي في المعلومات وفقاً لعمر الطالب وما درسه مسبقاً مع ربط المعلومات بالبيئة المحلية والصناعات العراقية والتقدم العلمي العالمي - ما أمكننا ذلك.

ثالثاً: الجانب العملي ودوره الأساس في دراسة الكيمياء .وفي هذا المجال توصي اللجنة بالآتي:

1 - من الضروري جداً إجراء التجارب المختبرية المنهجية بالامكانات المتوفرة وتقليل الاعتماد على المادة النظرية الصرفة، أبعاداً للملل والسأم عن الطلبة.

2- تشجيع الطلبة على توسيع معلوماتهم عن طريق التقارير المستندة الى معلومات المكتبة المدرسية ووسائل الإعلام المتنوعة الاخرى والتشجيع على البحث والتقصي.

3 - استثمار موارد البيئة المتاحة في التجارب وإثراء المعلومات وربط الطلبة ببيئتهم المحلية - كيميائياً وتعويدهم على السعي من اجل كيمياء خضراء وبيئة نظيفة فعلياً.

4 - تنظيم سفرات نوعية (علمية ترفيحية) في الوقت نفسه الى المعامل والمصانع القريبة من المدرسة لإطلاع الطلبة - ميدانياً - على خطوات التصنيع وكيفية تحويل المواد الأولية أو نصف المصنعة الى مواد جديدة يفيد منها المجتمع ... ومطالبة الطلبة بتقارير علمية عن هذه الزيارات (يكافؤون عنها) .

نأمل من اخواننا المدرسين ومن له شأن بمادة الكتاب موافاة المديرية العامة للمناهج بما يستجد لديهم من مقترحات لتطوير وتنقيح محتوى الكتاب.

5

## الفصل الاول

المفاهيم الاساسية في الكيمياء

31

## الفصل الثاني

الغازات

64

## الفصل الثالث

المعادلات والحسابات الكيميائية

87

## الفصل الرابع

الكيمياء العضوية

118

## الفصل الخامس

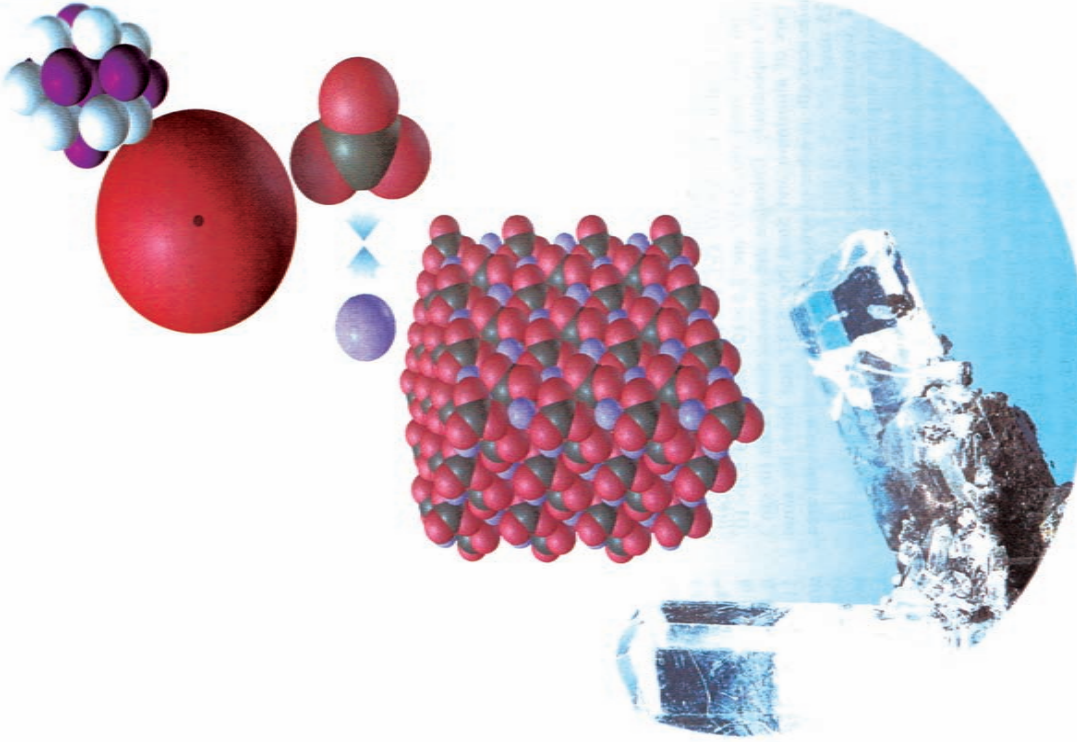
الكيمياء النووية



# المفاهيم الاساسية في الكيمياء

## Basic Concepts in Chemistry

1



بعد الانتهاء من دراسة هذا الفصل يكون الطالب قادراً على ان :-

- يتفهم النظرية الذرية لدالتون وفرضياتها واستخدام قوانين الاتحاد الكيميائي في التعرف على تكون المركبات الكيميائية ونسب العناصر الثابتة فيها .
- يفهم ما يرمي اليه قانون غي - لوساك للحجوم الغازية المتفاعلة وعلاقته بفرضية افوكادرو .
- يعرف المصطلحات الاساسية: التكافؤ ، الكتلة الذرية ، الكتلة المكافئة والعلاقة بينهما ويتمكن من معرفة مفهوم المول والكتلة المولية وعدد افوكادرو والعلاقة بينهما.
- يستطيع التوصل الى معرفة الصيغ الكيميائية الوضعية والجزئية للمركبات وكيفية ايجادها من حساب النسبة المئوية للعناصر الداخلة في تركيب المركبات.

ادت الأبحاث والأكتشافات العلمية والكيميائية، والتي جرت في نهاية القرن الثامن عشر وبداية القرن التاسع عشر، الى معرفة أن المادة تتكون من ذرات، وأن إختلاف نوع الذرة وعددها الذري هو الذي يحدد صفات ونوع الجزيئات التي تؤلفها، أي تحدد صفات المادة. وهذا ما ساعد العالم الانكليزي جون دالتون (Dalton) إلى اعلان النظرية الذرية للمادة عام 1803م وسميت بالنظرية الذرية لدالتون والتي تضمنت الفرضيات الآتية:



- 1- أن المادة تتكون من دقائق صغيرة غير قابلة للتجزئة تسمى «ذرات» ( وقد تمكن العلماء فيما بعد من تجزئتها).
- 2- أن الذرات لاتفنى ولايمكن تخليقها، ضمن النطاق البشري.
- 3- ذرات العنصر الواحد متشابهة في كافة خواصها الفيزيائية والكيميائية وتختلف عن ذرات العناصر الأخرى.
- 4- تتكون الذرات المركبة (كما دعاها دالتون) من اتحاد ذرات العناصر بنسب عددية بسيطة. وبعد ثمانية سنوات أدخلت بعض التعديلات عليها، حيث استبدل التعبير «الذرات المركبة» بكلمة «الجزيئات» من قبل العالم الايطالي افوكادرو (Avogadro) ويجب ان يكون فهمنا لهذه الفرضيات في الفترة الزمنية التي جاء بها دالتون، في النصف الاول من القرن التاسع عشر، حيث التقدم العلمي الذي حصل فيما بعد وخصوصاً خلال القرن العشرين، قد أدى الى اعادة صياغة هذه الفرضيات بصورة أكثر دقة، إلا أن ذلك لم يؤثر مطلقاً على معانيها الأساسية. وقد كان غرض دالتون من صياغة بنود هذه النظرية هو لتفسير هذه التغيرات الكيميائية التي تحدث على المادة وقوانين الاتحاد الكيميائي التي تحكمها.

جون دالتون « 1766م- 1844م» ولد من أب حائك فقير، وقد عمل في سن مبكرة. بيد أنه كان يمضي جل فراغه في دراسة الرياضيات والعلوم الطبيعية اللاتينية. أهتم بدراسة علم الاحوال الجوية ومنذ عام 1787 وحتى وفاته سجل أكثر من 200000 ملاحظة، وقد قاده اهتمامه هذا لان يتحرى عن خواص الغازات فأكتشف قانون الضغوط الجزئية لها واستنتج أيضاً ان انحلال غاز في مزيج من جملة غازات يتناسب وضغطه الجزئي ومنذ عام 1803 م عمل على تطوير نظريته الذرية، فوضع قانون النسب المضاعفة كما ادخل مفهوم الكتلة الذرية النسبية .



لافوازية 1743-1794م قانون حفظ الكتلة .

نتيجة لتطور المعرفة العلمية والاكتشافات الجديدة والقائمة والمعتمدة على التجارب العملية والاستنتاجات العلمية ادت الى تفسير تركيب المادة وصياغة قوانين الاتحاد الكيميائي في النصف الثاني من القرن الثامن عشر وبداية القرن التاسع عشر .

ان اول هذه القوانين هو قانون حفظ الكتلة (Law of mass conservation) الذي اجاب عن سؤال ماذا يحدث للمادة أثناء تفاعلها الكيميائي؟. أيمن ان تفنى أو تخلق؟ فهل ان كتلة المواد المتفاعلة تختلف عن كتلة المواد الناتجة من التفاعل ، أم تساويها؟. للاجابة على كل تلك الأسئلة، قام العالم الفرنسي لافوازية (Lavoisier) 1743-1794م بأكسدة القصدير في وعاء مغلق، فوجد أن كتلة الوعاء المغلق تبقى ثابتة دون تغير، لانه قد تم تفاعل كيميائي بين القصدير والاكسجين وتكونت جزيئات جديدة هي أكسيد القصدير (II).

ولما كانت كتلة الذرة لاتعتمد على طبيعة الذرات الأخرى التي تتحد معها، فمن البديهي أن تحافظ كافة نرات الاوكسجين والقصدير الداخلة في التفاعل الكيميائي على كتلتها بدون تغير، فدللت تجارب لافوازية على أن:-

” كتلة المادة لاتفنى ولاتخلق أثناء التفاعل الكيميائي “ أي أن:-

كتل المواد المتفاعلة = كتل المواد الناتجة من التفاعل

يعتبر العالم العربي ابو القاسم المجريطي « 950-1007م » اول من برهن على صحة هذا القانون، فلقد لاحظ عند تسخين كمية موزونة من عنصر الزئبق في وعاء زجاجي مغلق وبوجود الهواء سيتحول الزئبق الى مسحوق أحمر ناعم دون حدوث تغير في الكتلة الكلية للمواد المتفاعلة داخل الوعاء. وقد اعاد لافوازية وتوصل الى نفس استنتاج المجريطي ثم وضع قانون حفظ الكتلة.

### مثال 1-1 :

أمرر 73 g من غاز HCl في محلول يحتوي على 158 g من ثايوكبريتات الصوديوم فتكون 117 g من ملح الطعام و 64 g من غاز SO<sub>2</sub> و 32 g من الكبريت و 18 g من الماء. برهن أن هذه النتائج تؤيد قانون حفظ الكتلة؟

### الحل :

مجموع كتل المواد المتفاعلة = 158 + 73 = 231 g  
مجموع كتل المواد الناتجة = 117+64+32+18 = 231 g  
مجموع كتل المواد الداخلة في تفاعل = مجموع كتل المواد الناتجة من التفاعل وهذا ما يتفق مع قانون حفظ الكتلة .



ابو القاسم مسلمة بن احمد المجريطي 950-1007م . ولد في بلاد الاندلس وتوفي فيها، وهو الذي يعد أحد رواد صناعة الكيمياء، في المغرب العربي ومن آثاره كتاب « غاية الحكيم » وكتاب « رتبة الحكيم » حيث لاحظ بانه عندما سخن ربع رطل « وهو معيار قديم » من عنصر الزئبق في وعاء زجاجي مغلق يشبه البيضة ويوجد الهواء (الاوكسجين) تحول الزئبق الى مسحوق احمر ناعم نعرفه اليوم بأوكسيد الزئبق(II) دون أن يحدث تغيير في الكتلة الكلية للمواد المتفاعلة.

يمكن تلخيص قوانين الاتحاد الكيميائي الاخرى بفكرة واحدة هي اتحاد العناصر بنسب وزنية ثابتة لتكوين المركبات. وكان العالم برواست (Prust) اول من وضع قانون التراكيب الثابتة (Law of constant composition) والذي نص على ان **جميع العينات لمركب معين تمتلك نفس النسب من العناصر المكونة له** ولناخذ المثال الاتي :

اذا تفكك الماء فسنجد ان 16 g من الاوكسجين في العينة موجودة مقابل 2 g من الهيدروجين، او نسبة كتلة الاوكسجين الى الهيدروجين :

$$\text{النسبة} = \frac{16 \text{ g (O)}}{2 \text{ g (H)}} = 8$$

وهذه النسبة سنجدها في كل عينة من عينات الماء النقي بغض النظر عن المصدر الذي اخذت منه اوباي طريقة تم تحضيره (الشكل 1-1) تمتلك المركبات تركيباً ثابتاً. يمتلك الماء باي طريقة على نسبة ثابتة من الهيدروجين (●) للاوكسجين (●) بغض النظر من اي مصدر جاء.



الشكل 1 - 1

لا يطبق قانون التراكيب الثابتة على الماء فقط ولكن على جميع المركبات الكيميائية . لناخذ الامونيا التي تتركب من النتروجين والهيدروجين . تحتوي الامونيا على 14 g من النتروجين لكل 3 g من الهيدروجين ، اي نسبة كتلة النتروجين الى الهيدروجين تسوي :

$$النسبة = \frac{14 \text{ g (N)}}{3 \text{ g (H)}} = 4.7$$

وهذه النسبة كذلك صحيحة لاي عينة من عينات الامونيا مهما كان مصدرها وطريقة تحضيرها .

### مثال 2-1 :

تم الحصول على عينتين من ثنائي اوكسيد الكربون من مصدرين مختلفين . وتم تفكيكهما الى مكوناتها من العناصر . احتوت العينة الاولى 4.8 g من الاوكسجين و 1.8 g من الكربون بينما احتوت العينة الاخرى 17.1 g من الاوكسجين و 6.4 g من الكربون . بين ان هذه النتائج تتوافق مع قانون التراكيب الثابتة .

### الحل :

نسبة كتلة الاوكسجين الى الكربون في العينة الاولى

$$النسبة = \frac{4.8 \text{ g (O)}}{1.8 \text{ g (C)}} = 2.7$$

نسبة كتلة الاوكسجين الى الكربون في العينة الثانية

$$النسبة = \frac{17.1 \text{ g (O)}}{6.4 \text{ g (C)}} = 2.7$$

وبما ان النسبة هي نفسها للعينتين ، معنى ذلك ان هذه النتائج تتوافق مع قانون التراكيب الثابتة .

### تمرين (1-1)

تم تحليل عينيتين من احادي اوكسيد الكربون تم الحصول عليهما من مصدرين مختلفين . احتوت العينة الاولى على 4.3 g من الاوكسجين و 3.2 g من الكربون . بينما احتوت العينة الثانية 7.5 g من الاوكسجين و 5.6 g من الكربون . هل تحقق هذه النتائج قانون التراكيب الثابتة .



## 3-1 قانون غي - لوساك للحجوم الغازية المتفاعلة Gay-Lussac Law of Combining Gas Volumes

لقد اشتغل العالم الفرنسي غي-لوساك (Joseph Gay-Lussac) كثيراً في تفاعل الغازات فرأى ان هناك علاقة بين حجوم الغازات الداخلة في التفاعل الكيميائي والناجمة منه تحت نفس الظروف من ضغط ودرجة حرارة، وبقياس حجوم الغازات المتفاعلة والناجمة عن التفاعل صاغ نتائج تحرياته في عام 1808 م بالتعميم الآتي:

”تناسب حجوم الغازات الداخلة في التفاعل الكيميائي أو الناتجة منه مع بعضها البعض تناسباً عددياً بسيطاً اذا ما قيست تحت نفس الظروف من ضغط ودرجة حرارة“  
فمثلاً:

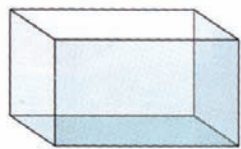
1- يتحد حجم واحد من الهيدروجين مع حجم واحد من الكلور ويتكون حجمان من غاز كلوريد الهيدروجين، فالنسبة بين حجمي الغازين المتحدين وحجم الغاز الناتج هي 2:1:1 كما في المعادلة الكيميائية الآتية:



2- عند تحليل الماء كهربائياً يكون حجم الهيدروجين المتحرر مساوياً ضعف حجم الاوكسجين، كما أنه يتحد حجمين من الهيدروجين بحجم واحد من الاوكسجين وينتج حجمان من بخار الماء.

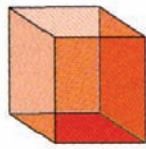


فالنسبة بين حجمي الغازين المتحدين وحجم بخار الماء الناتج هي 2:1:2 فتكون نسبة عددية بسيطة. ويمكن تمثيل ماسبق بالاشكال الآتية:



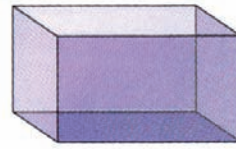
حجمين هيدروجين

+



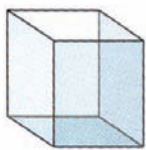
حجم واحد اوكسجين

→



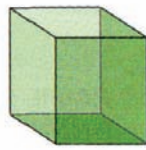
حجمين من بخار الماء

تمثيل بعض تجارب غي - لوساك في مجال اتحاد حجوم مختلفة من الغازات .



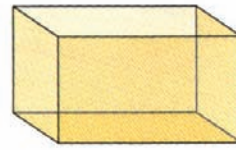
حجم واحد هيدروجين

+



حجم واحد كلور

→



حجمين من كلوريد الهيدروجين

في عام 1811 م توصل العالم الايطالي افوكادرو الى ان جزيئات العناصر الغازية قد تتكون من اكثر من ذرة واحدة، اي قد تتكون من نرتين، اي ان جزيء العنصر الغازي هو جزيء ثنائي الذرة، حيث ادخل مفهوم جزيء (molecule) كأصغر جزء من المادة يمكن ان يوجد بصورة مستقلة، والابقاء على مفهوم الذرة كأصغر جزء من العنصر يوجد في جزيئات مختلف المركبات، وقد اكد على ان جزيئات المواد البسيطة ليست بالضرورة متماثلة مع ذرات العنصر، بل انها على عكس ذلك قد تتكون من عدة ذرات متماثلة. كانت فرضية افوكادرو الاساسية كالاتي :

”تحتوي الحجوم المتساوية من الغازات المختلفة والمقاسة في نفس الظروف من الضغط ودرجة الحرارة، اعداداً متساوية من الجزيئات“.

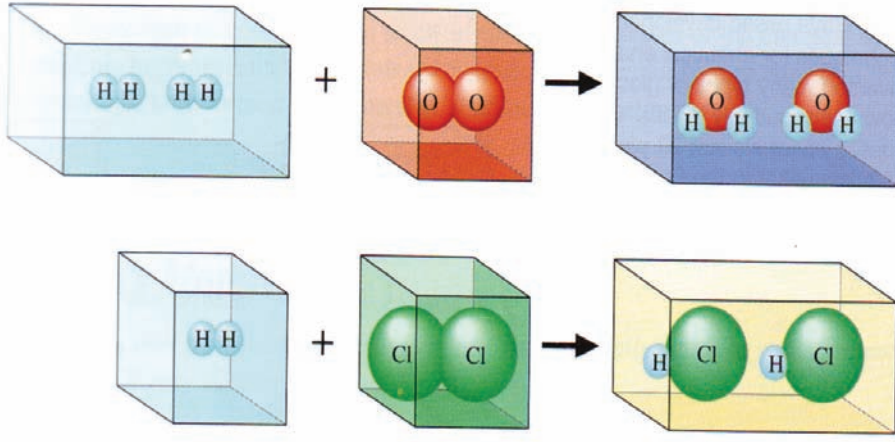
لم تقتصر فرضية افوكادرو على تفسير النسب البسيطة والكائنة ما بين حجوم الغازات الداخلة في التفاعل والنتيجة عنه فحسب، بل قدمت ايضاً بعض النتائج الهامة المتعلقة بعدد الذرات في جزيئات الغازات البسيطة والمعقدة، ممهدة بذلك امام تعيين الكتل الذرية الحقيقية. لقد افترض افوكادرو ان عدداً ثابتاً من الذرات يتحد من كل عنصر لتكوين جزيء منه. وعلى نفس النهج تكون جزيئات المركبات، سوى ان الذرات التي تؤلف جزيء المركب ليست من نوع واحد، فمثلاً : عند اتحاد حجم من غاز الهيدروجين مع حجم مسلو له من غاز الكلور نحصل على حجمين من غاز كلوريد الهيدروجين اي نحصل على :



ويتحد حجمان من غاز الهيدروجين مع حجم واحد من غاز الاوكسجين لنحصل على حجمين من بخار الماء .



وان هذا لا يناقض نظرية دالتون الذرية ، فعليه يجب ان يتكون جزيء الهيدروجين من نرتين وكذلك جزيء الكلور والاكسجين تتكونان من نرتين ايضاً، اما جزيء كلوريد الهيدروجين فانها تتكون من ذرة كلور واحدة متحدة مع ذرة واحدة من الهيدروجين، وجزيء بخار الماء فانها تتكون ايضاً من نرتي هيدروجين مع ذرة واحدة من الاوكسجين.



تمثيل اتحاد الغازات بمستوى  
الجزئيات . الكرات تمثل الذرات  
في الجزئيات .

## Valence

### 5-1 التكافؤ

إن صيغ المركبات الكيميائية، ليست وليدة الصدفة، وإنما هي معتمدة على كيفية ارتباط الذرات مع بعضها في جزيئات تلك المركبات . وقد وجد انه هناك حد معين لقدرة ذرات عنصر معين للاتحاد مع ذرات عنصر آخر، وتسمى القدرة الاتحادية للعنصر في مركباته ، أو عدد ذرات الهيدروجين التي تتحد مباشرة مع ذرة واحدة من العنصر بـ "التكافؤ" . تتباين ذرات العناصر الكيميائية في قابليتها للارتباط بعدد محدد من الذرات الأخرى، لذلك ادخل مفهوم تكافؤ العنصر في علم الكيمياء لأول مرة في منتصف القرن التاسع عشر. يمكن تعريف التكافؤ لعنصر ما في الوقت الحالي بأنه :-

**"عدد الإلكترونات الموجودة في الغلاف الخارجي لذرة العنصر والتي تستطيع فقدها أو اكتسابها أو الاشتراك بها أثناء التفاعل الكيميائي".**

فمثلاً : ان تكافؤ الهيدروجين يعتبر واحداً لوجود إلكترون واحد في غلافه الخارجي قابل للمشاركة، ويكون تكافؤ الأوكسجين في الماء  $H_2O$  يساوي 2 وذلك لوجود 6 إلكترونات في غلافه الخارجي، فذرتة تميل لاكتساب إلكترونين لاشباع غلافها الخارجي وكذلك يكون الصوديوم احادي التكافؤ لانه يفقد إلكترون واحد من غلافه الخارجي، ويكون تكافؤ المغنسيوم ثنائي لانه يفقد إلكترونين من غلافه الخارجي، ويكون تكافؤ الكلور احادي لانه يكتسب إلكترون واحد لغلافه الخارجي وهكذا.



تكون الذرات على درجة من الدقة والصغر بحيث يصعب معها تقدير كتلتها الذرية ، ومع ذلك فقد امكن تعيين كتلتها بدقة كبيرة، فقد وجد مثلاً أن كتلة نواة الهيدروجين تبلغ  $1.64 \times 10^{-24}$  g وقد امكن أيضاً الحصول على كتل الذرات النسبية من تعيين كتلة العناصر المتحدة مع عناصر آخر، بشرط ان يكون العدد النسبي للذرات في المركبات معلوماً، فعليه تستخدم الكتلة الذرية للتعبير عن كتلة عنصر ما بالنسبة لكتلة نواة عنصر اخر اتفق على استخدامه في تحديد الكتل النسبية لكل عناصر الجدول الدوري. وفي عام 1961م عقد في جنيف مؤتمر للاتحاد الدولي للكيمياء الصرفة والتطبيقية (IUPAC) وتم الاتفاق فيه على تعريف الوحدة القياسية للكتل الذرية والتي سميت بوحدة الكتلة الذرية (وكذ) (amu) (Atomic mass unit) على انها مساوية لواحد من اثنا عشر جزءاً من كتلة نواة نظير الكربون 12 والذي اعتبرت كتلته الذرية مساوية 12 وحدة بالضبط وعلى هذا الاساس فإن :-

$$\text{وحدة الكتلة الذرية (وكذ) (amu)} = \frac{\text{كتلة نواة نظير الكربون 12}}{12}$$

$$\text{اي ان 1 (وكذ) (amu)} = \frac{1}{12} \text{ من كتلة نواة نظير الكربون 12}$$

$$\frac{12}{\text{عدد افوكادرو}} = 12 \text{ نواة نظير الكربون}$$

$$\frac{12}{6.023 \times 10^{23}} =$$

لذلك

$$1 \text{ (amu)} = \frac{1}{12} \times \frac{12}{6.023 \times 10^{23}}$$

$$1 \text{ (amu)} = 1.66 \times 10^{-24} \text{ g}$$

وهكذا فان الكتل الذرية التي نستعملها اليوم ونجدها في الجدول الدوري، هي ليست كتل فعلية، بل كتل نسبية توضح العلاقة من حيث الكتل الذرية بين الذرات المختلفة. فالكتلة الذرية لنظير الهيدروجين 1 مثلاً هي  $\frac{1}{12}$  من الكتلة الذرية لنظير الكربون 12 اي حوالي 1 amu اما نواة الاوكسجين 16 فلها كتلة تسوي  $\frac{16}{12}$  او  $\frac{4}{3}$  من كتلة نظير الكربون 12 وعندما تقدر الكتلة الذرية بالغرامات تدعى بالكتلة الذرية الغرامية .

فالكتلة الذرية الغرامية للاوكسجين = 16 g وللفضة = 107.9 g وان كل كتلة من هذه الكتل تحتوي على عدد افوكادرو من الذرات والذي يسوي  $6.023 \times 10^{23}$  ذرة فمثلاً:

1 g من الهيدروجين يحتوي على  $6.023 \times 10^{23}$  ذرة هيدروجين

39 g من البوتاسيوم يحتوي على  $6.023 \times 10^{23}$  ذرة بوتاسيوم

207g من الرصاص يحتوي على  $6.023 \times 10^{23}$  ذرة رصاص

اما الكتلة المطلقة للذرة فهي كتلة ذرة واحدة من العنصر. اي

$$\frac{\text{الكتلة الذرية الغرامية للعنصر}}{\text{عدد افوكادرو}} = \text{الكتلة المطلقة لذرة عنصر}$$

### مثال 1-3 :

احسب الكتلة المطلقة لذرة الاوكسجين علماً بان كتلته الذرية

تسوي 16

### الحل :

$$\frac{\text{الكتلة المطلقة لذرة عنصر}}{\text{عدد افوكادرو}} = \frac{\text{الكتلة الذرية الغرامية للعنصر}}{16}$$

$$= 2.656 \times 10^{-23} \text{ g}$$

## 7-1 الكتلة المكافئة Equivalent Mass

قادت دراسة قانون النسب الكتلية التي تتحد بموجبها العناصر المختلفة الى معرفة الكتل المكافئة، حيث كان دالتون أول من حسب هذه الكتل، فأفترض أن كتلة العنصر التي تتحد مع كتلة ذرة واحدة من الهيدروجين هي الكتلة المكافئة للعنصر، وبسبب قصور عنصر الهيدروجين في تكوين مركبات مع اغلب العناصر الاخرى، او لكون اغلب العناصر لا تتحد مباشرة مع الهيدروجين وانها تتحد مع الاوكسجين بشكل مباشر، فقد تم اعتماد الاوكسجين أساساً في حساب الكتل المكافئة، واعتبرت كتلته المتحدة مساوية «ثمانية 8». هذا ولا تقتصر العناصر على الاتحاد مع بعضها بكميات مكافئة فقط، بل هي تحل محل بعضها في مركباتها بكتل مكافئة. وهكذا يكون تعريف الكتلة المكافئة لعنصر ما بأنها :-

«كتلة هذا العنصر التي تتحد مع ثمانية اجزاء كتلية من الاوكسجين او تزيح هذه المقادير من مركباتها»

وقد مكن مفهوم الكتلة المكافئة، من صياغة القانون الآتي المسمى بقانون الكتل المكافئة :-

## ”تتحد العناصر مع بعضها بعضاً بكميات تتناسب وكتلتها المكافئة“

وعندما تقدر الكتلة المكافئة بالغرامات تسمى عندئذ بالمكافئ الغرامي (Gram Equivalent)، فمثلاً المكافئ الغرامي للاوكسجين = 8 g وللكلور = 35.5 g، وللهيدروجين = 1 g وللفضة = 107.9 g وهكذا... ويمكن تحديد الكتل المكافئة بدءاً من المعطيات المتعلقة بتحليل المركبات المختلفة، او من استبدال عنصر بأخر، وانه ليس من الضروري لتعيين الكتل المكافئة ان ننطلق من المركبات التي تحوي اوكسجيناً او مع عنصر آخر ذي كتلة مكافئة معلومة اعتماداً على الآتي :-

$$\frac{\text{كتلة العنصر الاول}}{\text{كتلته المكافئة}} = \frac{\text{كتلة العنصر الثاني}}{\text{كتلته المكافئة}}$$

### مثال 4-1 :

تتحد 3.5 g من الحديد مع الكبريت لتكوين 5.5 g من كبريتيد الحديد(II). احسب الكتلة المكافئة للحديد علماً بان الكتلة المكافئة للكبريت = 16 g .

### الحل :

$$\text{كتلة الكبريت} = 5.5 - 3.5 = 2 \text{ g}$$

$$\frac{\text{كتلة العنصر الاول}}{\text{كتلته المكافئة}} = \frac{\text{كتلة العنصر الثاني}}{\text{كتلته المكافئة}}$$

$$\frac{2}{16} = \frac{3.5}{\text{الكتلة المكافئة للحديد}}$$

$$\text{الكتلة المكافئة للحديد} = 28 \text{ g}$$

### تمرين (2-1)

عند اختزال 1.64 g من اوكسيد النحاس(II) بالهيدروجين يتكون 1.31 g من النحاس، احسب الكتلة المكافئة للنحاس علماً بان الكتلة المكافئة للاوكسجين = 8 g .

## 8-1 العلاقة بين الكتلة الذرية والكتلة المكافئة والتكافؤ

لما كان مقياس الكتل الذرية هو إعتبار ذرة الاوكسجين = 16 وحدة، ومقياس الكتل المكافئة هو اعتبار الاوكسجين = 8 وحدة، لذلك نجمت علاقة رياضية بين الكتلة الذرية والكتلة المكافئة، وبناءً على ذلك لايجاد الكتلة المكافئة لعنصر ما نقسم الكتلة الذرية للعنصر على عدد نرات الهيدروجين التي تستطيع ان

تتحد بها او ان تحل محلها، فالقاسم المشترك في هذه الحالة هو تكافؤ العنصر او قيمته الاتحادية فينتج من ذلك ان الكتلة المكافئة للعنصر تسوي كتلته الذرية مقسوماً على تكافئه .

$$\frac{\text{الكتلة الذرية للعنصر}}{\text{تكافؤ العنصر}} = \text{الكتلة المكافئة للعنصر}$$

مثال 1-5 :

ماهو تكافؤ الالمنيوم اذا علمت ان كتلته الذرية =27 وكتلته المكافئة =9 ؟

**الحل :**

$$3 = \frac{27}{9} = \frac{\text{الكتلة الذرية للالمنيوم}}{\text{كتلته المكافئة}} = \text{تكافؤ الالمنيوم}$$

تمرين (1-3)

عنصر كتلته الذرية = 55.85 وتكافئه =3 ماهي كتلته المكافئة ؟

## Density of gas

## 9-1 كثافة الغاز

يمكن تعريف الكثافة بالعلاقة التالية:

$$\rho(\text{kg/m}^3) = \frac{m(\text{kg})}{V(\text{m}^3)} \quad \text{الكثافة (كغم \ 3م)} = \frac{\text{الكتلة (كغم)}}{\text{الحجم (3م)}}$$

ان وحدة الكثافة يمكن ان تكون (g/cm<sup>3</sup>) ، (غم \ سم<sup>3</sup>) او (g/mL) للمواد الصلبة والسائلة اما بالنسبة للغازات فان كتلة 1 ميليلتر تكون صغيرة جداً يصعب التعامل بها عملياً، فلذلك قد أٌخذ اللتر «L» كوحدة حجم لقياس كثافة الغاز. وان حجوم الغازات تتأثر تأثراً كبيراً بالضغط ودرجة الحرارة، فعليه يجب ان تحدد الظروف التي تقاس بها كثافة الغازات، وتدعى الظروف التي يقاس عندها الغاز في درجة حرارة صفر درجة سيليزية (0°C) وضغط 1 جو (1 atm) بالظروف القياسية (STP) (Standard Temperatuer and Pressure) .

إذا علمت ان كثافة غاز ما تسوي 0.7 g/L ويشغل حجماً مقداره 490 cm<sup>3</sup> عند STP ماهي كتلة هذا الغاز ؟

**الحل :**

نحول وحدة الحجم cm<sup>3</sup> الى وحدة L  

$$V (L) = 490 \text{ cm}^3 \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ cm}^3} = 0.490 \text{ L}$$
 ولحساب كتلة الغاز نستخدم العلاقة :

$$m (g) = \rho (g/L) \times V (L)$$

$$m (g) = 0.7 (g/L) \times 0.490 (L) = 0.343 \text{ g}$$

تمرين (4-1)

إذا كانت كتلة غاز = 0.4 g وتشغل حجماً مقداره ربع لتر عند STP ما هي كثافته ؟

## Mole Concept

## 10-1 مفهوم المول

تتم التفاعلات الكيميائية بين عدد كبير من الجسيمات وقد تكون هذه الجسيمات على هيئة ذرات او جزيئات او ايونات ولكل من هذه الجسيمات كتلتها النسبية الخاصة بها، ولكن لا يوجد تناسب عام بين كميات كل مادة وكتلتها . فمثلاً لو سئل طالب ان يقارن بين 1 g من غاز H<sub>2</sub> و 1 g من غاز N<sub>2</sub> و 1 g من غاز O<sub>2</sub> من حيث ماتحتويه من عدد جزيئات لتعذر عليه ذلك لسبب بسيط لان الكتل الجزيئية لهذه العناصر تختلف بعضها عن بعض فالكتلة الجزيئية لغاز الهيدروجين 2 والنتروجين 28 وللاوكسجين 32 فلو قسمت كتلة 1 g لكل عنصر على كتلته الجزيئية .

$$0.031 = \frac{1}{32} : O_2 \quad 0.036 = \frac{1}{28} : N_2 \quad 0.5 = \frac{1}{2} : H_2$$

لحصلنا على قيم يمكن استخدامها للمقارنة . لذلك ومنذ سنوات خلت ظهرت الحاجة الى وحدات اساسية مستقلة لتعبر عن كمية المادة وقد وجدت لها قبولاً عاماً وهذه الوحدة هي المول (mole) ويرمز له بالرمز (n) وهو من الوحدات الاساسية في النظام الدولي للوحدات ويعرف المول بانه كمية المادة التي تحتوي على نفس العدد من الجسيمات ( جزيئات او ذرات او ايونات) الذي يحتويه 12g من نظير الكربون 12 (<sup>12</sup>C) ( حيث يستخدم هذا النظير ايضاً كمقياس لحساب الكتل الذرية كما تقدم) وهذا العدد من الجسيمات يسمى بعدد افوكادرو ( Avogadro's Number ) ويساوي 6.023×10<sup>23</sup> ويرمز له بالرمز (N<sub>A</sub>) ويجب التاكيد على ان المول هو الوحدة الفعلية لكمية المادة وهو غير الكتلة .

يعتبر مفهوم المول من اهم المفاهيم الاساسية في الكيمياء العامة والذي ادى تبنيه من قبل العلماء الى توحيد نظريتهم الى الكثير من القضايا المهمة في علم الكيمياء. ويمكن ان نطبق مفهوم المول على الذرات او الجزيئات او الايونات او الالكترونات ولذلك فمن الضرورة دائماً تحديد نوع الجسيمات التي نتعامل معها فمثلاً:

كتلة مول واحد من ذرات نظير الكربون 12 هي 12 g

كتلة مول واحد من ذرات الفضة هي 107.868 g

كتلة مول واحد من جزيئات H<sub>2</sub> هي 2 g

كتلة مول واحد من ايونات SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> هي 96 g

وتحسب عدد المولات n باستخدام العلاقة الاتية :

$$n \text{ (mol)} = \frac{\text{mass (m) (g)}}{\text{Molar mass (M)(g/mol)}}$$

$$\frac{\text{الكتلة (m) (غم)}}{\text{الكتلة المولية (M) (غم \text{ \ } مول)}} = \text{عدد المولات (n) (مول)}$$

### 1-10-1 الكتلة المولية Molar Mass

لما كانت الجزيئات هي مجموعة من الذرات اتحدت كيميائياً مع بعضها فان الكتلة النهائية لهذه الجزيئات تعرف من كتل الذرات المكونة لها اي اننا نستخدم الكتل النسبية للمقارنة بين الجزيئات المختلفة من حيث الكتلة اي ان :-

الكتلة المولية للمادة = مجموع الكتل الذرية للذرات المكونة للمادة في نسب وجودها

وتعرف الكتلة المولية (M) (Molar Mass) بأنها كتلة 1 mol من اي مادة (مثلاً ذرات او جزيئات او ايونات) والمكافئة بالضبط الى 12 g للمول الواحد من نظير الكربون 12 (سابقاً كان يطلق على الكتلة المولية بالوزن الجزيئي الغرامي).

مثلاً لو اردنا حساب الكتلة المولية لغاز الميثان CH<sub>4</sub> او بمعنى اخر ماهي كتلة 1 mole من غاز الميثان. ونحن نعرف ان المول الواحد من اي غاز يحتوي على عدد افوكادرو من الجزيئات لذلك يمكن القول انه كيف نحسب كتلة 6.023×10<sup>23</sup>

جزيء من غاز  $CH_4$ . وبما ان كل جزيء من  $CH_4$  يحتوي على نرة كاربون واحدة واربع نرات هيدروجين اي ان 1 mole من جزيئات  $CH_4$  يحتوي على 1 mole من نرات الكاربون و 4 mole من نرات الهيدروجين لذا يمكن حساب كتلة المول الواحد من  $CH_4$  على الصورة الاتية :

$$12 \text{ g} = 12 \times 1 = C \text{ كتلة مول واحد من}$$

$$4 \text{ g} = 1 \times 4 = H \text{ كتلة 4 مول من}$$

$$16 \text{ g} = \text{كتلة مول واحد من } CH_4$$

وهكذا الحال عند حساب الكتلة المولية لحمض الكبريتيك



$$2 \text{ g} = 1 \times 2 = H \text{ كتلة 2 مول من}$$

$$32 \text{ g} = 32 \times 1 = S \text{ كتلة مول واحد من}$$

$$64 \text{ g} = 16 \times 4 = O \text{ كتلة 4 مول من}$$

$$98 \text{ g} = \text{كتلة مول واحد من } H_2SO_4$$

وبما ان 16 g تمثل كتلة 1 mol من غاز الميثان و 98 g تمثل كتلة 1 mol من حامض الكبريتيك يكون من المنطقي ان نسمي هذه الكتل بالكتلة المولية.

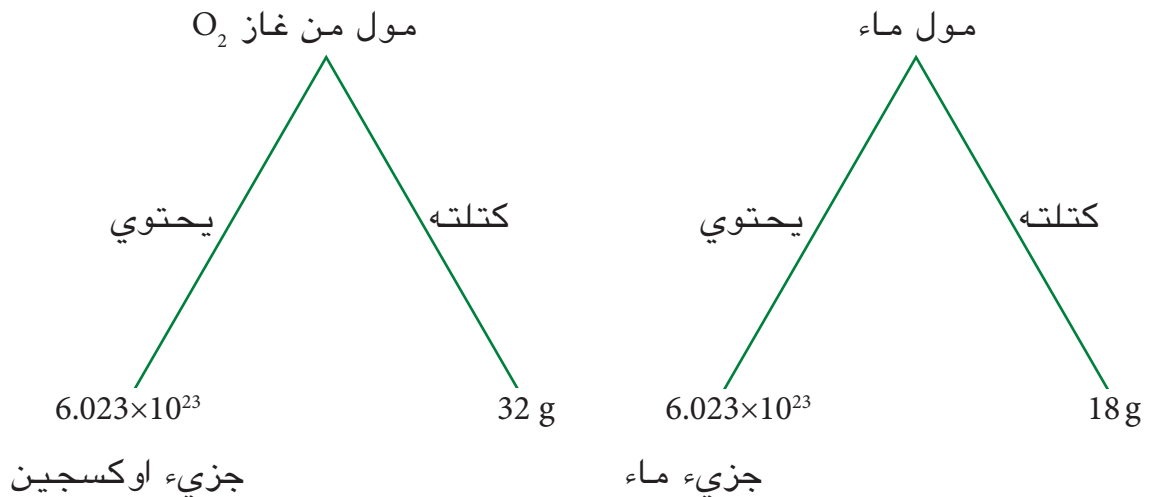
يتضح مما سبق ان جميع الحسابات التي تخضع لها الذرات والجزيئات في الكيمياء تنحصر فيما يأتي:

### أ - الكتلة الذرية ومن ثم الكتلة المولية

#### ب - المول

#### ج - عدد افوكادرو

فالكتلة الذرية او الكتلة المولية معبراً عنها بوحدة الغرام تحتوي على نفس العدد من الذرات او الجزيئات وقد اسميناه بعدد افوكادرو ( $N_A$ ) بينما اطلقنا على الكمية المحتوية على هذا العدد من الذرات او الجزيئات او الايونات اسم المول



### مثال 7-1 :

جد الكتلة المولية للمركبات الآتية \* :-

أ) كبريتات الصوديوم المائية  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

ب) الجلكون  $\text{C}_{10}\text{H}_6\text{O}_3$

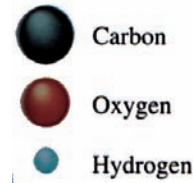
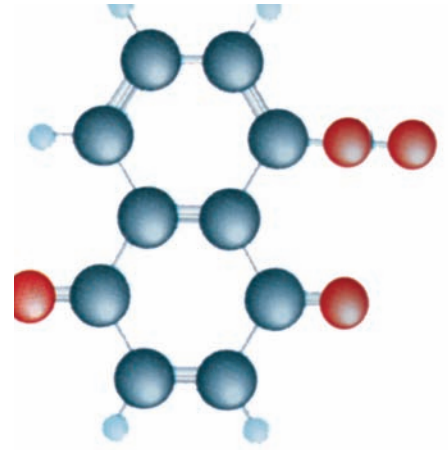
ج) ثنائي اوكسيد الكبريت  $\text{SO}_2$

### الحل :

$$M (\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}) = (2 \times 23) + (1 \times 32) + (4 \times 16) + 7(2 \times 1 + 1 \times 16) \\ = 268 \text{ g/mol}$$

$$M (\text{C}_{10}\text{H}_6\text{O}_3) = (10 \times 12) + (6 \times 1) + (3 \times 16) = 174 \text{ g/mol}$$

$$M (\text{SO}_2) = (1 \times 32) + (2 \times 16) = 64 \text{ g/mol}$$



الجلكون مركب عضوي يستخدم كمبيد للاعشاب ويدخل في صناعة الاحبار ويعتبر صبغة طبيعية .

### مثال 8-1 :

كم عدد المولات الموجودة في

أ) 9.6 g من ثنائي اوكسيد الكبريت  $\text{SO}_2$

ب) 85 g من غاز الامونيا  $\text{NH}_3$

### الحل :

أ) الكتلة المولية لـ  $\text{SO}_2$

$$M (\text{SO}_2) = (1 \times 32) + (2 \times 16) = 64 \text{ g/mol}$$

$$n (\text{mol}) = \frac{m (\text{g})}{M (\text{g/mol})} = \frac{9.6 (\text{g})}{64 (\text{g/mol})} = 0.15 \text{ mol SO}_2$$

ب) الكتلة المولية لـ  $\text{NH}_3$

$$M (\text{NH}_3) = (1 \times 14) + (3 \times 1) = 17 \text{ g/mol}$$

$$n (\text{mol}) = \frac{m (\text{g})}{M (\text{g/mol})} = \frac{85 (\text{g})}{17 (\text{g/mol})} = 5 \text{ mol NH}_3$$

### مثال 9-1 :

احسب الكتلة الموجودة في 0.7 mol من ثنائي اوكسيد المنغنيز

( $\text{MnO}_2$ )

### الحل :

الكتلة المولية لـ  $\text{MnO}_2$

$$M (\text{MnO}_2) = (1 \times 55) + (2 \times 16) = 87 \text{ g/mol}$$

$$m (\text{g}) = n (\text{mol}) \times M (\text{g/mol})$$

$$m (\text{g}) = 0.7 (\text{mol}) \times 87 (\text{g/mol}) = 60.9 \text{ g MnO}_2$$

\* يمكن للطلبة الحصول على قيم الكتل الذرية للعناصر من الجدول (3) في نهاية الكتاب عند حل الامثلة والتمارين والاسئلة .

تمرين (5-1)  
أ - ماهي كتلة النتروجين المحتوية على 0.04 mol من  $\text{N}_2$  ؟  
ب - ماهو عدد مولات  $\text{PCl}_5$  الموجودة في 5.6 g من  $\text{PCl}_5$  ؟  
ج - احسب الكتلة المولية لغاز يحتوي 0.23 mol منه على كتلة 22.54 g .



## 1-10-2 تطبيق فكرة المول على المواد

كما اسلفنا ان المول الواحد من الكربون ذا كتلة بالضبط 12g، فالذرة الواحدة من الكربون كتلتها بالضبط :-

$$= \frac{12 \text{ g}}{\text{عدد افوكادرو من الذرات}} = \frac{12 \text{ g}}{6.023 \times 10^{23}} = 1.995 \times 10^{-23} \text{ g/atom}$$

من الممكن كتابة المعادلة الاتية:

$$\text{عدد المولات} = \frac{\text{عدد الجسيمات (جزيئات او ذرات او ايونات)}}{\text{عدد افوكادرو من الجسيمات}}$$

### مثال 10-1 :

احسب

أ) عدد مولات  $3.01 \times 10^{25}$  جزيء ماء .

ب) عدد الجزيئات في 0.02 mol من ثنائي اوكسيد الكربون

**الحل :**

أ) باستخدام القانون

$$\text{عدد المولات} = \frac{\text{عدد الجزيئات}}{\text{عدد افوكادرو من الجزيئات } N_A} = \frac{3.01 \times 10^{25}}{6.023 \times 10^{23}} = 50 \text{ mol H}_2\text{O}$$

ب) من القانون اعلاه

$$\text{عدد الجزيئات} = \text{عدد المولات} \times \text{عدد افوكادرو من الجزيئات} \\ = 0.02 \times 6.023 \times 10^{23} = 1.2 \times 10^{22} \text{ جزيء CO}_2$$

### مثال 11-1 :

احسب عدد الجزيئات الموجودة في 170 g من غاز كبريتيد الهيدروجين  $\text{H}_2\text{S}$  ؟

**الحل :**

الكتلة المولية لـ  $\text{H}_2\text{S}$  :  $M(\text{H}_2\text{S}) = (2 \times 1) + (1 \times 32) = 34 \text{ g/mol}$

$$n(\text{mol}) = \frac{m(\text{g})}{M(\text{g/mol})} = \frac{170(\text{g})}{34(\text{g/mol})} = 5 \text{ mol H}_2\text{S}$$

$$\text{عدد الجزيئات} = \text{عدد المولات} \times \text{عدد افوكادرو من الجزيئات} \\ = 5 \times 6.023 \times 10^{23} = 3.01 \times 10^{24} \text{ جزيء H}_2\text{S}$$

### تمرين (1-6)

كم عدد جزيئات ثنائي اوكسيد السليكون  $\text{SiO}_2$  الموجودة في حبة رمل كتلتها 1mg على فرض ان حبة الرمل تحتوي على 100%  $\text{SiO}_2$  النقي .

## 11-1 النسبة المئوية للعناصر في المركبات

توجد طريقتان لوصف التراكيب الجزيئية للمركبات اولها معرفة عدد الذرات لكل عنصر الداخلة في تركيب المركب وثانيهما معرفة النسب المئوية بدلالة كتل العناصر الداخلة في هذا التركيب. اي عدد غرامات العنصر في 100 g من المركب، وعليه يمكن إيجاد النسبة المئوية لكل عنصر يدخل في تكوين المركب وكما يأتي:

- أ- إيجاد الكتلة المولية للمركب من صيغته الجزيئية.  
 ب- تعيين وإيجاد كتلة كل عنصر في جزيء المركب، اي حاصل ضرب الكتلة الذرية لكل عنصر  $\times$  عدد ذراته  
 ج- استخراج النسبة المئوية للعنصر في المركب حسب العلاقة الآتية :

$$\text{النسبة المئوية (\% للعنصر في المركب)} = \frac{\text{الكتلة الذرية للعنصر} \times \text{عدد ذرات العنصر}}{\text{الكتلة المولية للمركب}} \times 100\%$$

### مثال 12-1:

احسب النسبة المئوية لكل من الكربون و الهيدروجين والاكسجين في مركب خلات الايزو بنتيل ( $C_7H_{14}O_2$ ) ( مادة تفرزها حشرة النحل)

### الحل:

الكتلة المولية لـ ( $C_7H_{14}O_2$ )

$$M(C_7H_{14}O_2) = 7 \times 12 + 14 \times 1 + 2 \times 16 = 130 \text{ g/mol}$$

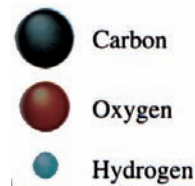
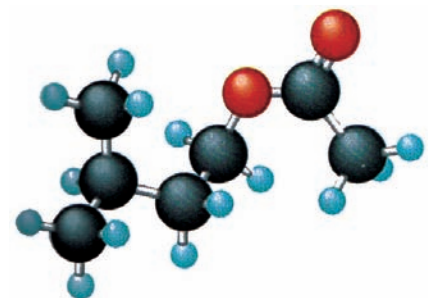
وحسب العلاقة اعلاه يتم حساب النسبة المئوية للعنصر في المركب كالاتي :

$$\%C = \frac{7 \times 12}{130} = \frac{84}{130} \times 100\% = 64.61\%$$

$$\%H = \frac{14 \times 1}{130} = \frac{14}{130} \times 100\% = 10.77\%$$

$$\%O = \frac{2 \times 16}{130} = \frac{32}{130} \times 100\% = 24.62\%$$

ويلاحظ ان مجموع النسب المئوية للعناصر المكونة للمركب تسلوي 100% .



الايزو بنتيل مادة تفرز من حشرة النحل .

مثال 13-1 :

ما النسبة المئوية للعناصر الموجودة في حامض الاوكزاليك  $H_2C_2O_4$ ؟ وما النسبة المئوية لماء التبلور في بلورات حامض الاوكزاليك المائي صيغته الجزيئية هي  $H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$ ؟

الحل :

الكتلة المولية لـ  $(H_2C_2O_4)$

$$M(H_2C_2O_4) = (2 \times 1) + (2 \times 12) + (4 \times 16) = 90 \text{ g/mol}$$

ويمكن حساب النسبة المئوية للعناصر كالتالي :

$$C\% = \frac{2 \times 12}{90} = \frac{24}{90} \times 100\% = 26.67\%$$

$$H\% = \frac{2 \times 1}{90} = \frac{2}{90} \times 100\% = 2.22\%$$

$$O\% = \frac{4 \times 16}{90} = \frac{64}{90} \times 100\% = 71.11\%$$

وبنفس الطريقة الكتلة المولية لحامض الاوكزاليك المائي

$$M(C_2H_2O_4 \cdot 2H_2O) = 2 \times 12 + 2 \times 1 + 4 \times 16 + 2(2 \times 1 + 1 \times 16) = 126 \text{ g/mol}$$

النسبة المئوية لماء التبلور :

$$H_2O\% = \frac{2 \times 18}{126} \times 100\% = 28.57\%$$

اضافة لما تقدم يمكن ايضا حساب كتلة العنصر في كتلة معينة لاي مركب من خلال معرفتنا لنسبة العنصر في اي مركب ، وذلك باستخدام القانون الاتي:

$$\text{كتلة العنصر} = \frac{\text{كتلة نرات العنصر في المركب}}{\text{الكتلة المولية للمركب}} \times \text{كتلة النموذج}$$

مثال 14-1 :

احسب كتلة الكالسيوم الموجودة في 20 g من فوسفات الكالسيوم  $Ca_3(PO_4)_2$ ؟

الحل :

الكتلة المولية لـ  $Ca_3(PO_4)_2$

$$M(Ca_3(PO_4)_2) = (3 \times 40) + (2 \times 1 \times 31) + (2 \times 4 \times 16) = 310 \text{ g/mol}$$

$$\text{كتلة الكالسيوم} = \left( \frac{3 \times 40}{310} \right) \times 20 = 7.74 \text{ g}$$

تمرين (7-1)  
احسب النسبة المئوية للعناصر الموجودة في حامض الخليك  $CH_3COOH$ .

### مثال 1-15 :

10 g من بلورات كبريتات النحاس (II)  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ . احسب كتلة النحاس الموجودة في النموذج ثم اوجد كتلة الماء (ماء التبلور) في النموذج.

### الحل :

الكتلة المولية لـ  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$

$$M(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 1 \times 64 + 1 \times 32 + 4 \times 16 + 5(2 \times 1 + 1 \times 16) \\ = 250 \text{ g/mol}$$

باستخدام نفس القانون

$$\text{كتلة النحاس} = \left( \frac{64}{250} \right) \times 10 = 2.56 \text{ g}$$

$$\text{كتلة الماء في 10 g من النموذج} = \left( \frac{18 \times 5}{250} \right) \times 10 = 3.6 \text{ g}$$

### تمرين (8-1)

احسب كتلة الصوديوم وكتلة الماء الموجودة في 25 g من كربونات الصوديوم المائية  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  ؟

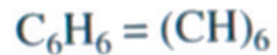
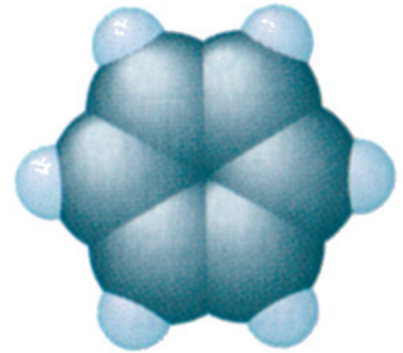
### 12-1 الصيغ الكيميائية Chemical Formula

يمثل التركيب الكيميائي للمركبات بـ "صيغ" والتي هي مجموعة رموز العناصر المكونة لها مع عدد ذرات تلك العناصر في الجزيء الواحد ويمكن التعبير عن تركيب مادة كيميائية معلومة بصيغ مختلفة منها:-

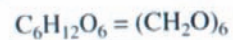
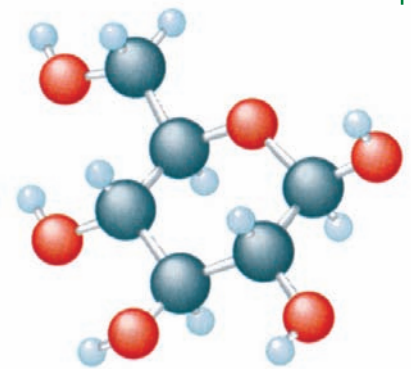
### 1-12-1 الصيغة الوضعية Empirical Formula

وهي ابسط صيغة تعطي الحد الأدنى من المعلومات المجردة عن المركب، اذا انها تقرر العدد النسبي لذرات العناصر المشتركة في تركيب المركب. فمثلاً ان الجزيء الواحد من البنزين يتكون من 6 ذرات كربون و 6 ذرات هيدروجين وعليه فأن القاسم المشترك الاعظم لهذه الارقام هو العدد 6 وبقسمة عدد الذرات على 6 نحصل على الصيغة الوضعية للبنزين هي CH

وكذلك ان الجزيء الواحد من الماء يتكون من ذرتين من الهيدروجين مع ذرة واحدة من الاوكسجين فتكون الصيغة الوضعية للماء  $\text{H}_2\text{O}$ . وكذلك ان الجزيء الواحد من سكر الكلوكوز يتكون من 6 ذرات كربون و 12 ذرة هيدروجين و 6 ذرات اوكسجين وعليه ان القاسم المشترك الاعظم لهذه الارقام هو العدد 6 ، وبقسمة عدد الذرات على 6 فان الصيغة الوضعية لسكر الكلوكوز هي  $\text{CH}_2\text{O}$ .



البنزين



سكر الكلوكوز

## كيفية ايجاد الصيغة الوضعية للمركبات :-

لتعيين وايجاد الصيغة الوضعية للمركبات نتبع الخطوات

الآتية :

أ) تعيين العناصر الداخلة والمشاركة في تركيب المركب بطرق التحليل الكيميائي

ب) تحسب كتل العناصر الداخلة في تركيب كتل معينة من المركب او تحسب بشكل نسبة مئوية.

ج) تقسم كل كتلة او نسبة مئوية لعنصر على كتلته الذرية للحصول على نسب عدد الذرات ، اي ان :

$$\text{نسبة عدد ذرات العنصر} = \frac{\text{كتلة العنصر أو النسبة المئوية للعنصر}}{\text{كتلته الذرية}}$$

د) تقسم نسبة عدد ذرات العنصر على اصغر نسبة منها وتقرب الى اقرب عدد صحيح وذلك للحصول على ابسط نسبة لعدد الذرات، اي ان :

$$\text{ابسط نسبة لعدد ذرات العنصر} = \frac{\text{نسبة عدد ذرات كل عنصر}}{\text{اصغر نسبة}}$$

ومن ذلك نستنتج الصيغة الوضعية للمادة

**مثال 1-16 :**

وجد ان احد الغازات يتكون من 20 % هيدروجين و 80 % كاربون  
جد الصيغة الوضعية للغاز ؟

**الحل :**

1) نقسم كل نسبة مئوية للعنصر على كتلته الذرية اي ان  
نسبة عدد ذرات العنصر = النسبة المئوية للعنصر \ كتلته  
الذرية

$$\text{نسبة عدد ذرات الهيدروجين} = \frac{20}{1} = 20$$

$$\text{نسبة عدد ذرات الكاربون} = \frac{80}{12} = 6.60$$

2) نقسم النسب السابقة على اصغرها نسبة ونقرب لاقرب عدد صحيح  
ابسط نسبة لعدد ذرات العنصر = نسبة عدد ذرات كل عنصر \  
اصغر نسبة

$$\text{ابسط نسبة لعدد ذرات الهيدروجين} = \frac{20}{6.60} = 3$$

$$\text{ابسط نسبة لعدد ذرات الكاربون} = \frac{6.60}{6.60} = 1$$

الصيغة الوضعية للغاز هي  $\text{CH}_3$

## مثال 1-17 :

الكوليستيرول مركب عضوي ، يوجد تقريباً في جميع انسجة الجسم وهو المسؤول عن مرض تصلب الشرايين يتكون من 83.87 % كاربون و 11.99 % هيدروجين و 4.14 % اوكسجين، اوجد الصيغة الوضعية للكوليستيرول؟

### الحل :

(1) نقسم كل نسبة مئوية للعنصر على كتلته الذرية اي ان نسبة عدد ذرات العنصر = النسبة المئوية للعنصر \ كتلته الذرية

$$\text{نسبة عدد ذرات الهيدروجين} = \frac{11.99}{1} = 11.99$$

$$\text{نسبة عدد ذرات الكاربون} = \frac{83.87}{12} = 6.989$$

$$\text{نسبة عدد ذرات الاوكسجين} = \frac{4.14}{16} = 0.258$$

(2) نقسم النسب السابقة على اصغرها نسبة ونقرب لاقرب عدد صحيح ابسط نسبة لعدد ذرات العنصر = نسبة عدد ذرات كل عنصر \ اصغر نسبة

$$\text{ابسط نسبة لعدد ذرات الهيدروجين} = \frac{11.99}{0.258} = 46$$

$$\text{ابسط نسبة لعدد ذرات الكاربون} = \frac{6.989}{0.258} = 27$$

$$\text{ابسط نسبة لعدد ذرات الاوكسجين} = \frac{0.258}{0.258} = 1$$

الصيغة الوضعية للكوليستيرول هي  $C_{27}H_{46}O$

### تمرين (1-9)

في اغلب الاحيان تستعمل الصبغة البيضاء في عملية الطلاء (الدهان) والتي تحتوي على التيتانيوم والاكسجين فقط، حيث تتكون من 59.9% جزءاً بالكتلة تيتانيوم ، اوجد الصيغة الوضعية لهذه الصيغة.

### تمرين (1-10)

نفترض انك كيميائي، وقد دعيت لتحديد الصيغة الوضعية لعقار طبي، فعند حرقه وجد ان نتائج الحرق توضح ان هذا العقار الطبي يحتوي على 74.27 % كاربون و 7.47 % هيدروجين و 12.99 % نيتروجين و 4.95 % اوكسجين. ماهي ابسط صيغة لهذا العقار الطبي؟

## 1-12-2 الصيغة الجزيئية Molecular formula

هي الصيغة الكيميائية التي تبين العدد الحقيقي لذرات العناصر المشتركة في تركيب جزيء واحد من المادة. فمثلاً ان الجزيء الواحد من الايثان يتكون من 2 ذرة كاربون و 6 ذرات هيدروجين ولذلك فان صيغته الجزيئية  $(C_2H_6)$  ، وعليه فأن صيغته الجزيئية اكبر من صيغته الوضعية  $(CH_3)$  بمرتين. وكذلك ان الصيغة الجزيئية للماء هي  $(H_2O)$  بمعنى ان جزيء الماء يتركب من اتحاد ذرتي هيدروجين بذرة اوكسجين واحدة، وهي نفسها الصيغة الوضعية للماء  $(H_2O)$  وعليه تكون:

الصيغة الجزيئية = الصيغة الوضعية × وحدات الصيغة الوضعية

لتعيين وايجاد الصيغة الجزيئية للمادة نتبع الخطوات الآتية:-

- أ- نستخرج الصيغة الوضعية للمادة كما مر بنا سابقاً.
  - ب- نحسب الكتلة المولية للصيغة الوضعية، وذلك من جمع الكتل الذرية لعناصرها.
  - ج- إيجاد الكتلة المولية للمادة (الصيغة الجزيئية) .
  - د- تقسيم الكتلة المولية للصيغة الجزيئية على الكتلة المولية للصيغة الوضعية لنحصل على وحدات الصيغة الوضعية .
- وحدات الصيغة الوضعية يمكن الحصول عليها باستخدام العلاقة الآتية :

وحدات الصيغة الوضعية =  $\frac{\text{الكتلة المولية للصيغة الجزيئية}}{\text{الكتلة المولية للصيغة الوضعية}}$

هـ- ثم يضرب حاصل القسمة في الصيغة الوضعية للحصول على الصيغة الجزيئية.

مثال 1-18 :

حامض عضوي كتلته المولية = 60 g/mol ويحتوي على 40% كربون و 6.7% هيدروجين والباقي اوكسجين فأوجد الصيغة الجزيئية للحامض العضوي؟

**الحل :**

النسبة المئوية للاوكسجين  $100 - (40 + 6.7) = 53.3\%$   
(1) نقسم كل نسبة مئوية للعنصر على كتلته الذرية اي ان  
نسبة عدد نرات العنصر = النسبة المئوية للعنصر \ كتلته  
الذرية

$$\text{نسبة عدد نرات الهيدروجين} = \frac{6.7}{1} = 6.7$$

$$\text{نسبة عدد نرات الكربون} = \frac{40}{12} = 3.3$$

$$\text{نسبة عدد نرات الاوكسجين} = \frac{53.3}{16} = 3.3$$

(2) نقسم النسب السابقة على اصغرها نسبة ونقرب لاقرب عدد صحيح .

ابسط نسبة لعدد ذرات العنصر = نسبة عدد ذرات كل عنصر\  
اصغر نسبة

$$2 = \frac{6.7}{3.3} = \text{ابسط نسبة لعدد ذرات الهيدروجين}$$

$$1 = \frac{3.3}{3.3} = \text{ابسط نسبة لعدد ذرات الكربون}$$

$$1 = \frac{3.3}{3.3} = \text{ابسط نسبة لعدد ذرات الاوكسجين}$$

الصيغة الوضعية هي  $\text{CH}_2\text{O}$

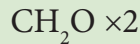
الكتلة المولية للصيغة الوضعية  $\text{CH}_2\text{O}$

$$M(\text{CH}_2\text{O}) = (1 \times 12) + (2 \times 1) + (1 \times 16) = 30 \text{ g/mol}$$

وحدات الصيغة الوضعية =  $\frac{\text{الكتلة المولية للصيغة الجزيئية}}{\text{الكتلة المولية للصيغة الوضعية}}$

$$\frac{60}{30} = 2$$

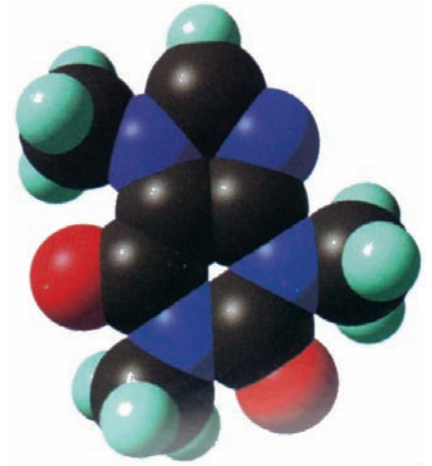
الصيغة الجزيئية = الصيغة الوضعية  $\times$  وحدات الصيغة الوضعية



الصيغة الجزيئية هي  $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$

تمرين (1-11)

الكافيين مادة منبهة موجودة في القهوة والشاي والشكولاته، تحتوي 49.48% كربون و 5.15% هيدروجين و 28.87% نيتروجين و 16.49% أوكسجين فاذا علمت ان كتلته المولية 194 g/mol فأوجد الصيغة الجزيئية للكافيين.



الكافيين

مثال 1-19 :

مركب عضوي صيغته الوضعية  $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$  وكتلته المولية 88 g/mol.  
اوجد صيغته الجزيئية ؟

الحل :

الكتلة المولية للصيغة الوضعية  $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$

$$M(\text{C}_2\text{H}_4\text{O}) = (2 \times 12) + (4 \times 1) + (1 \times 16) = 44 \text{ g/mol}$$

وحدات الصيغة الوضعية =  $\frac{\text{الكتلة المولية للصيغة الجزيئية}}{\text{الكتلة المولية للصيغة الوضعية}}$

$$\frac{88}{44} = 2$$

الصيغة الجزيئية = الصيغة الوضعية  $\times$  وحدات الصيغة الوضعية



الصيغة الجزيئية هي  $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$



## اسئلة الفصل الاول

ملاحظة: عند الحاجة للكتل الذرية في بعض الاسئلة راجع ذلك في جداول نهاية الكتاب

- 1.1 ماهي فرضيات نظرية دالتون الذرية وما علاقتها بقانون حفظ الكتلة .
- 2.1 عند تفاعل مزيغ من غاز  $H_2$  وغاز الكلور  $Cl_2$  كان الغاز الناتج محتويًا على نسب ثابتة من العناصر المكونة له بغض النظر عن كميات الغازين  $H_2$  و  $Cl_2$  المتفاعلة. كيف تفسر النتائج الحاصلة على ضوء قانون النسب الثابتة .
- 3.1 عينتان من كلوريد الصوديوم تم تفكيكها الى عناصرها المكونة لها. احتوت العينة الاولى على 4.65 g من الصوديوم و 7.16 g من الكلور. بينما احتوت العينة الثانية 7.45 g من الصوديوم و 11.5 g من الكلور. بين هل هذه النتائج تتطابق مع قانون التراكيب الثابتة .
- 4.1 نسبة كتلة الصوديوم الى كتلة الفلور في فلوريد الصوديوم 1.21. احتوت عينة من فلوريد الصوديوم 34.5 g من الصوديوم عند تفكيكها . ما مقدار الفلور (بالغرامات) الذي ستحتويه العينة ؟
- 5.1 عينتان من رابع كلوريد الكربون تتفكك لعناصرها المكونة منها . احتوت العينة الاولى 32.4 g من الكربون و 373 g من الكلور . بينما احتوت العينة الاخرى 12.3 g من الكربون و 112 g من الكلور هل تتوافق ام لا هذه النتائج مع قانون التراكيب الثابتة .
- 6.1 عرف المصطلحات الاتية:  
التكافؤ، وحدة الكتلة الذرية (وكذ)، الكتلة المكافئة، الكتلة الذرية، فرضية افكارو .
- 7.1 سخن 1.55 g من الفضة في تيار من غاز الكلور فتكون 2.05 g من كلوريد الفضة. فاذا علمت ان الكتلة المكافئة للكلور 35.5 . احسب الكتلة المكافئة للفضة ؟
- 8.1 وضع 0.72 g من الخارصين في محلول خلات الرصاص فترسب الرصاص وبعد غسله وتجفيفه وجد ان كتلته 2.29 g . ماهي الكتلة المكافئة للرصاص علماً بأن الكتلة المكافئة للخارصين = 32.5 ؟
- 9.1 عنصر تكافؤه 2 وكتلته المكافئة 32.7 احسب كتلته الذرية ؟
- 10.1 عنصر كتلته الذرية 55.85 وتكافئة 3 ماهي كتلته المكافئة ؟
- 11.1 كم عدد المولات الموجودة في كل مما ياتي:  
أ- 7 g من بيكاربونات الصوديوم الهيدروجينية  $NaHCO_3$   
ب - 10 mg من الحديد  
ج - 16 g من ثنائي اوكسيد الكربون
- 12.1 أ - احسب عدد ذرات الفضة وعدد مولات الفضة الموجودة في 5 g من الفضة.  
ب - تحتوي قطعة من الماس على  $5.0 \times 10^{21}$  ذرة من الكربون . ما عدد مولات الكربون وكتلته بالغرام في قطعة الماس ؟

13.1 احسب الكميات فيما ياتي:

أ - كتلة  $3.8 \times 10^{20}$  جزيء من  $\text{NO}_2$ ؟

ب - عدد مولات من نرات الكلور الموجودة في  $0.0425 \text{ g}$  من  $\text{C}_2\text{H}_4\text{Cl}_2$ .

14.1 احسب الكتلة المولية للمركبات الاتية

أ -  $\text{NaClO}_3$

ب -  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$

ج -  $(\text{NH}_4)_3\text{PO}_4$

د -  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$

هـ -  $\text{Ca}(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_2$

15.1 احسب النسب المئوية للعناصر المكونة

للمركبات الاتية:

أ -  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$

ب -  $\text{CH}_2\text{FCF}_3$

ج -  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$

16.1 احسب النسبة المئوية للمغنيسيوم و

ماء التميؤ في كبريتات المغنيسيوم المائية

$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

17.1 نموذج من اليوريا يحتوي على  $1.121 \text{ g N}$

و  $0.161 \text{ g H}$  و  $0.4808 \text{ g C}$  و  $0.640 \text{ g O}$ .

اوجد الصيغة الوضعية لليوريا؟

18.1 مركب يحتوي على كربون وهيدروجين

ونتروجين عند حرق  $35 \text{ mg}$  منه نتج  $33.5 \text{ mg}$

من  $\text{CO}_2$  و  $41.1 \text{ mg}$  من  $\text{H}_2\text{O}$ . اوجد الصيغة

الوضعية لهذا المركب؟

19.1 لو طلب اليك ايجاد الصيغة الوضعية

والجزيئية لمسحوق ابيض يتكون من  $31.9\%$  كتلة

بوتاسيوم ،  $39.2\%$  كتلة اوكسجين و  $28.9\%$  كتلة

كلور فكيف تجد هذه الصيغ اذا علمت ان الكتلة

المولية لصيغته الجزيئية تساوي  $122.5 \text{ g/mol}$ .

20.1 اوجد الصيغة الجزيئية لمركب يتكون من

$24.27\%$  كتلة كربون و  $4.07\%$  كتلة هيدروجين

و  $71.65\%$  كتلة كلور علما ان الكتلة المولية

للمركب =  $99 \text{ g/mol}$ .

21.1 مركب يحتوي على  $52.2\%$  كربون و

$13.1\%$  هيدروجين والباقي اوكسجين ما هي

الصيغة الجزيئية لهذا المركب اذا علمت ان

كتلته المولية تساوي  $46 \text{ g/mol}$ .

22.1 احسب

أ - عدد مولات الاوكسجين في  $7.2 \text{ moles}$  من

$\text{H}_2\text{SO}_4$ .

ب - عدد الذرات في عينة من الخارصين كتلتها

$48.3 \text{ g}$ .

ج - كتلة الالمنيوم بالغرام في  $6.73 \text{ moles}$  من

الالمنيوم.

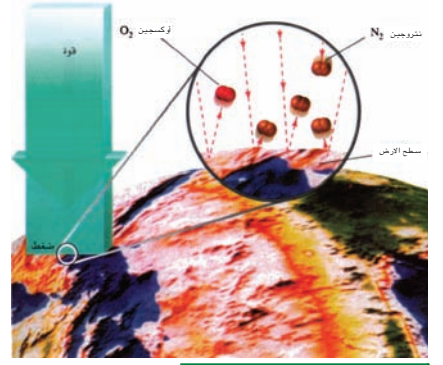
د - عدد غرامات Fe الموجودة في  $79.2 \text{ g}$  من

$\text{Fe}_2\text{O}_3$ .



بعد الانتهاء من دراسة هذا الفصل يكون الطالب قادراً على ان :-

- يتعرف بصورة دقيقة عن الحالة الغازية وما تتصف به.
- يدرك العوامل المؤثرة في الحالة الغازية.
- يفهم القوانين المتحكمة في الغازات.
- يفسر خاصية الانتشار بين الغازات.
- يميز بين الغاز المثالي والغاز غير المثالي ( الحقيقي ).
- يبين تأثير الضغط على بخار السائل ودرجة الغليان.



الغازات التي يتألف منها الغلاف الجوي تسلط ضغطاً قدره 1atm على المتر المربع .



### هل تعلم

ان متسلقي الجبال العالية يحملون على ظهورهم قناني تحتوي على الهواء لتعويض الاوكسجين الذي تكون نسبته قليلة في تلك الاماكن .

### هل تعلم

توجد حالة رابعة للمادة يمكن ان تتواجد فيها ولكن في ظروف معينة تدعى البلازما .

نحن نعيش في اسفل طبقة من الغلاف الجوي والتي تدعى طبقة تروبوسفير اذ يتكون حجمها من 78% من غاز  $N_2$  و 21% من غاز  $O_2$  و 1% من غازات مختلفة تقريباً، يشكل غاز  $CO_2$  النسبة العظمى فيها. بالاضافة الى ذلك يوجد العديد من المواد في الحالة الغازية تحت ظروف (ضغط 1 atm ودرجة حرارة  $25^\circ C$ ) ندرج قسماً من هذه المواد ورمزها الكيميائي في الجدول (1-2) :

الجدول 1-2 بعض المواد الغازية في الظروف الاعتيادية

الرمز الكيميائي	العنصر	الصيغة الكيميائية	المركب
$H_2$	هيدروجين	HF	فلوريد الهيدروجين
$N_2$	نتروجين	HCl	كلوريد الهيدروجين
$O_2$	أوكسجين	HBr	بروميد الهيدروجين
$F_2$	فلور	HI	يوديد الهيدروجين
$Cl_2$	كلور	CO	احادي أوكسيد الكربون
Ne	نيون	$CO_2$	ثنائي أوكسيد الكربون
Ar	اركون	$NH_3$	امونيا
Kr	كربتون	NO	احادي اوكسيد النتروجين
Xe	زينون	$NO_2$	ثنائي اوكسيد النتروجين
Rn	رادون	$N_2O$	اوكسيد النتروز
		$SO_2$	ثنائي اوكسيد الكبريت
		$H_2S$	كبريتيد الهيدروجين

ان الحالة الغازية كانت اخر حالة من حالات المادة التي توجد في الظروف الاعتيادية امكن التعرف اليها تاريخياً، الا انها في الواقع هي الأبسط والأفضل تفهماً لأن اوضح تعريف للجزيئات هو عندما تكون المادة في الحالة الغازية وأن كثيراً مما نفهمه بخصوص الجزيئات يكون تاماً فقط في حالة الغازات. تشغل الجزيئات الغازية في الظروف القياسية فقط 0.1% من الحيز الذي تحتله أما الباقي فيكون فراغ لذلك فإن كل جزيء من الغاز يتصرف بشكل مستقل تقريباً، ونتيجة لذلك يمكن للغاز ان يُضغط ويصغر حجمه بشكل كبير وبالضغط والتبريد يُسال الغاز فيصبح حجمه صغيراً مقارنة بحجمه وهو غاز. اذن تتأثر حجوم الغازات كثيراً بالضغط وبدرجة الحرارة وبغوامل اخرى.

## 2 - 2 الحجم Volume

يمثل حجم المادة مقدار الحيز الذي تشغله تلك المادة، وان حجم الغاز هو نفسه حجم الإناء الذي يوجد فيه الغاز. يرمز له بالحرف V ويقاس بوحدات اللتر (L) أو मिलيلتر (mL) أو السنتمتر المكعب (cm<sup>3</sup>). ولتحويل وحدات الحجم يكون :

$$1 \text{ L (لتر)} = 1000 \text{ cm}^3 \text{ (سم}^3\text{)}$$

$$1 \text{ L (لتر)} = 1000 \text{ mL (مل)}$$

$$1 \text{ cm}^3 = 1 \text{ mL}$$

مثال 2 - 1 :

عينة من غاز NO<sub>2</sub> حجمها 800 cm<sup>3</sup> ما هو حجمها باللتر؟

الحل :

$$V \text{ (L)} = V \text{ cm}^3 \times \frac{1\text{L}}{1000 \text{ cm}^3} = 800 \text{ cm}^3 \times \frac{1\text{L}}{1000 \text{ cm}^3} = 0.8 \text{ L NO}_2$$

تمرين (1-2)

عينة من غاز O<sub>2</sub> حجمها 0.125 L ما هو حجمها بالـ mL.

هل تعلم

اعلى درجة حرارة سجلت للهواء كانت +85 °C في المكسيك واقل درجة حرارة سجلت للهواء كانت -88 °C في القطب الجنوبي .

## 3 - 2 درجة الحرارة Temperature

ان هناك وحدتان للتعبير عن درجة الحرارة هي الدرجة السيليزية °C ويرمز لها t ودرجة كلفن K ويرمز لها T . ولتحويل الدرجة السيليزية الى درجة كلفن نستخدم العلاقة الآتية :

$$T \text{ (K)} = t \text{ (}^\circ\text{C)} + 273$$

مثال 2 - 2 :

اناء يحتوي على ماء درجة حرارته 80°C واناء اخر يحتوي على ماء ايضاً درجة حرارته -13°C فما هي درجة حرارته في الحالتين بدرجات كلفن .

الحل : اولاً :

$$T \text{ (K)} = t \text{ (}^\circ\text{C)} + 273$$

$$T \text{ (K)} = 80 + 273 = 353 \text{ K}$$

ثانياً :

$$T \text{ (K)} = t \text{ (}^\circ\text{C)} + 273$$

$$T \text{ (K)} = (-13) + 273 = 260 \text{ K}$$

تمرين (2-2)

حول الدرجات الاتية من سيليزية الى كلفن (1°C ، 127°C ، -100°C) .



## 4 - 2 Pressure الضغط

يعرف الضغط كمياً بأنه (القوة (F) المسلطة على وحدة المساحة (A)). ويرمز له (P)، ويقاس الضغط الجوي بمقياس البارومتر بينما تقاس ضغوط الغازات بمقياس المانومتر.

$$P = \frac{F \text{ (Force)}}{A \text{ (Area)}} = \frac{\text{القوة}}{\text{المساحة}} = \text{الضغط}$$

$$P = \frac{1\text{N (نيوتن)}}{\text{m}^2 \text{ (متر}^2\text{)}} = \text{Pa (Pascal)}$$

اما الوحدات الاساسية للضغط فهي الباسكال (Pa) و الجو (atm) و التور (Torr). والعلاقة بين وحدات الضغط هي:

$$1 \text{ atm} = 101325 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ atm} = 760 \text{ mmHg}$$

$$1 \text{ atm} = 760 \text{ Torr}$$

$$1 \text{ Torr} = 1 \text{ mmHg}$$

### هل تعلم

تنص قوانين اتحاد كرة القدم بان هناك قواعد اساسية لكرة القدم المستخدمة بان تكون كتلة الكرة كحد اعلى 450 g وكحد اقل 410 g . اما ضغط الهواء المحصور في داخلها فيجب ان لا يكون اقل من 0.6 atm او اعلى من 1.1 atm والسبب في ذلك لان الكرة المملوءة سوف تكون اسرع مما لو كانت غير مملوءة كما ان الضغط المسموح به داخلها اذا كان اعلى من ذلك فان الكرة سوف تنفجر عندما تضرب.

### مثال 2 - 3 :

حول ضغط غاز مقداره 688 Torr الى وحدات atm .

### الحل :

$$P \text{ (atm)} = P \text{ Torr} \times \frac{1 \text{ atm}}{760 \text{ Torr}} = 688 \text{ Torr} \times \frac{1 \text{ atm}}{760 \text{ Torr}}$$

$$P \text{ atm} = 0.905 \text{ atm}$$



### هل تعلم

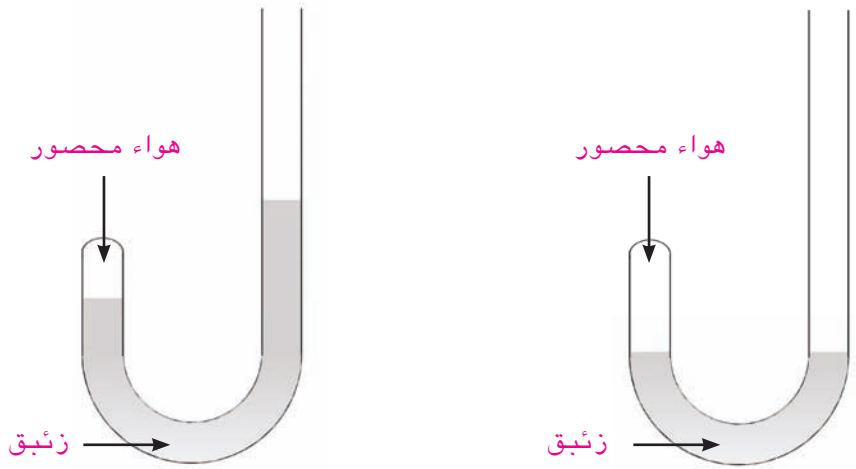
توضح الصورة المقابلة انه في تجارب الاصطدام في السيارات على قابلية الغازات على الانضغاط حيث تقوم الوسادة الهوائية بحماية الشخص عند الاصطدام حيث ان ضغط الغاز داخل الوسادة يمتص قوة الاصطدام (ملاحظة هذه الوسادة تكون اكثر فعالية عند استخدام حزام الامان)

هل تعلم

ان الضغط المسلط علينا هو من قبل الهواء المحيط بالارض ويبلغ سمكه 500 ميل وفي الواقع نحن نعيش في قاع محيط الغلاف الجوي .

2 - 5 - 1 علاقة الحجم والضغط (قانون بويل)

لقد قام العالم البريطاني (روبرت بويل) بأول تجربة لأختبار علاقة الحجم والضغط للغازات وقد استخدم انبوب على شكل حرف ل مسدود من جهة الساق القصيرة فيه بعض من الغاز المحصور وقام باضافة الزئبق من الطرف الاطول فبدأ الزئبق بالضغط على الغاز ليصبح حجم الغاز ذا حجم معين وعندما ضاعف كمية الزئبق ( اي ضاعف الضغط) قل حجم الهواء المحصور الى النصف كما موضح في الشكل(2 - 1) :



الشكل(1-2)

- أ - عند اضافة كمية من الزئبق لاحظ حجم الهواء المحصور .
- ب - عند مضاعفة كمية الزئبق نلاحظ تقلص حجم الهواء المحصور الى النصف .

لقد لاحظ بويل ان حجم الهواء يقل كلما زاد الضغط المسلط عليه، (عند تثبيت درجة الحرارة وكمية الغاز) ولهذا وضع بويل قانونه الشهير الذي ينص ( يتناسب حجم الغاز عكسياً مع الضغط المسلط عليه عند ثبوت درجة الحرارة وكمية الغاز) .

وقد وضع بويل العلاقة بشكل رياضي حيث :

$$V \propto \frac{1}{P}$$

$$V = k \frac{1}{P}$$

$$PV = k$$

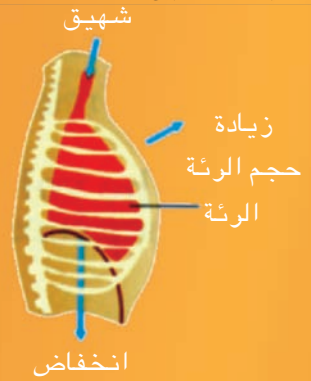
حيث k (ثابت التناسب)

تمرين (2-4)

منطاد جوي يحتوي على غاز يشغل حجماً قدره 50L تحت ضغط 1 atm . ما حجمه عندما يرتفع في الجو ويتعرض لضغطاً قدره 0.9 atm ؟

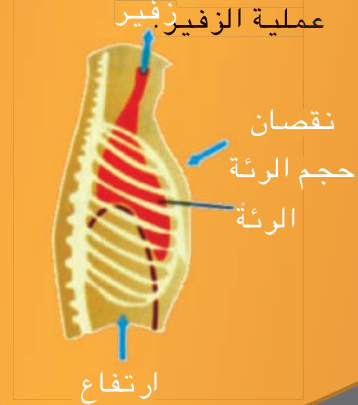
اي ان حاصل الضرب للضغط والحجم بأية حالة يساوي كمية ثابتة. وعند أخذ عينة من غاز ذات حجم  $V_1$  تحت ضغط  $P_1$  عند درجة حرارة ثابتة وقمنا بتغيير ظروف هذا الغاز ليصبح

ان عملية التنفس عند الانسان تجري وفق قانون بويل . عندما يتحرك الحجاب الحاجز الى الاسفل يؤدي الى زيادة حجم الرئة وانخفاض الضغط داخلها وهذا بدوره يؤدي الى دخول الهواء الى الرئة وتتم عملية الشهيق.



الحجاب الحاجز

اما عندما يرتفع الحجاب الحاجز الى الاعلى يؤدي الى نقصان حجم الرئة وزيادة الضغط داخلها مما يؤدي الى خروج الهواء من الرئة وتتم عملية الزفير.



الحجاب الحاجز

حجمه  $V_2$  وضغط  $P_2$  مع الاحتفاظ بدرجة الحرارة ثابتة  $T_1$  فانه طبقا لقانون بويل يصح ان نقول

$$P_1 V_1 = P_2 V_2 \quad (\text{عند ثبوت الحرارة وكمية الغاز})$$

مثال 2 - 4 :

ضغط غاز في صفيحة معطر جو يساوي 3 atm وحجمه نصف لتر ما حجمه عندما يصبح الضغط المسلط عليها 4 atm .

الحل :

$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

$$P_1, V_1, P_2 \longrightarrow V_2$$

$$V_2 = \frac{P_1 V_1}{P_2} = \frac{(3 \text{ atm}) \left(\frac{1}{2} \text{ L}\right)}{(4 \text{ atm})} = 0.375 \text{ L}$$

مثال 2 - 5 :

أ - غاز موضوع في اسطوانة حجمها 1 L بضغط 1 atm وضع عليه ثقل مما ادى الى تقلص حجمه الى 0.5 L احسب ضغطه الجديد على افتراض ثبوت درجة الحرارة .

ب - يسלט الضغط الجوي 1 atm على الغواص عند سطح البحر اي بعمق 0 m . ما الضغط الذي سيسلط عليه عند عمق 20 m على افتراض ان كل 10 m تسلط ضغطاً اضافياً مقداره 1 atm بسبب وزن الهواء المحيط به ، على افتراض ثبوت درجة الحرارة .

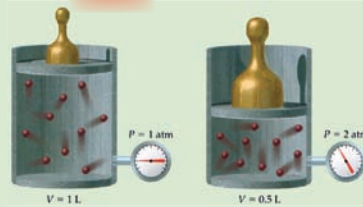
الحل :

$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

$$P_1, V_1, V_2 \longrightarrow P_2$$

أ -

$$P_2 = \frac{P_1 V_1}{V_2} = \frac{(1 \text{ atm}) (1 \text{ L})}{(0.5 \text{ L})} = 2 \text{ atm}$$



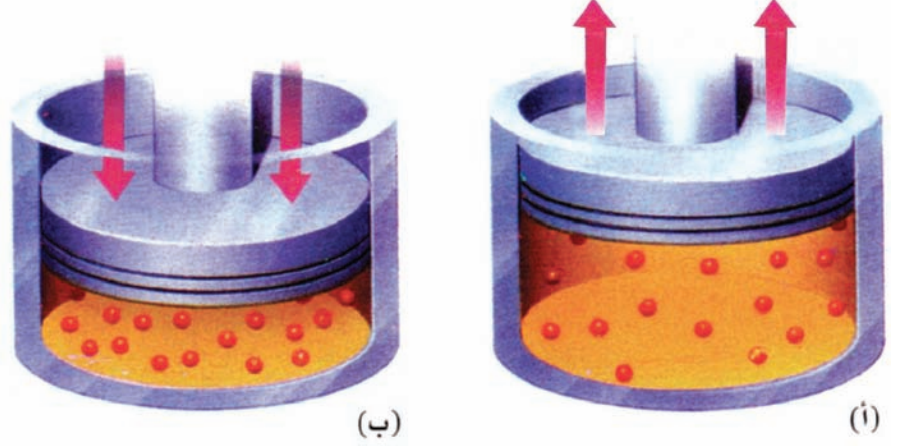
ب - طالما ان كل 10 m تسلط ضغطاً مقداره 1 atm على الغواص لذا سيكون الضغط المسلط عليه على عمق 20 m هو 2 atm .وعليه سيصبح الضغط المسلط عليه عند هذا العمق 3 atm بسبب وجوب اضافة الضغط الجوي عليه البالغ 1 atm .





## 2 - 5 - 2 علاقة الحجم ودرجة الحرارة (قانون شارل)

ان جميع الغازات تتمدد في الحجم عندما ترفع درجة حرارتها، ويمكن عمليا قياس الزيادة في الحجم بزيادة درجة الحرارة وذلك بحبس كتلة ثابتة لغاز في اسطوانة مزودة بمكبس كما هو مبين بالشكل (2-2) .



الشكل (2-2)

(أ) بالتسخين يزداد حجم الغاز فيندفع المكبس نحو الاعلى .  
(ب) بالتبريد يقل حجم الغاز فيندفع المكبس نحو الاسفل .

حيث ان الكتلة فوق قمة المكبس ثابتة فأن العينة من الغاز تبقى عند ضغط ثابت ويلاحظ انه كلما سخن الغاز فان المكبس يتحرك للخارج ويزداد الحجم. ويمكن ان يصاغ قانون شارل كما يلي (يتناسب حجم كمية محدودة من الغاز تناسباً طردياً مع درجة الحرارة المقاسة بالكلفن عند ثبوت الضغط وكمية الغاز). ويمكن التعبير عنه رياضياً.

$$V \propto T$$

$$V = k \times T$$

$$\frac{V}{T} = k \quad \text{حيث } k \text{ (ثابت التناسب)}$$

وفي كثير من الاحيان نتعامل مع حجمين  $V_1$  و  $V_2$  لكمية معينة من غاز عند درجتى حرارة مختلفتين  $T_1$  و  $T_2$  على التوالي لذلك يمكن استخدام العلاقة العامة للحجم ودرجة الحرارة عند ثبوت الضغط كالآتي:

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \quad \text{(عند ثبوت الضغط وكمية الغاز)}$$

### هل تعلم

منفاخ الدراجة تطبيق على قانون شارل، نشعر دائماً بسخونة منفاخ الدراجة عند استعماله وذلك لان جزيئات الهواء في داخله ترغم على التراص في حيز اقل فتزداد سرعة ارتطامها بجدران المنفاخ فيسخن.

### هل تعلم

ينقبض البالون المملوء بالهواء عند وضعه في وعاء يحتوي على ماء مثلج فدرجة الحرارة المنخفضة جدا تبطئ سرعة جزيئات الهواء داخل البالون فيقل تدافعها وارتطامها بجدران البالون فينكمش .

## مثال 2 - 6 :

ملئ بالون (نفاخة) بالهواء حتى اصبح حجمه 4 L بدرجة حرارة 27°C ما حجم البالون بعد وضعه في المجمدة علما بان درجة حرارتها 0°C (الضغط ثابت في الحالتين)؟

### الحل :

اولاً : نحول درجتى الحرارة من °C الى K بالقانون الاتي :

$$T (K) = t ^\circ C + 273$$

$$T_1 (K) = 27 + 273 = 300 K \quad V_1 = 4 L$$

$$T_2 (K) = 0 + 273 = 273 K \quad V_2 = ? L$$

ثانياً : نجد الحجم بعد تغير درجة الحرارة باستخدام قانون شارل

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

$$T_1, V_1, T_2 \longrightarrow V_2$$

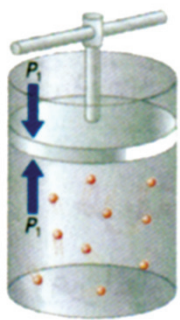
$$V_2 = \frac{V_1 T_2}{T_1} = \frac{(4 L)(273 K)}{(300 K)}$$

$$V_2 = 3.64 L$$

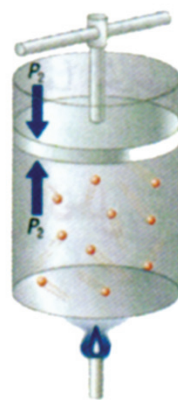
## تمرين (2-5)

غاز CO<sub>2</sub> في بالون حجمه 1L في درجة حرارة 27°C ما حجم البالون عندما يوضع في حوض مبرد بدرجة حرارة -3°C؟

## 2 - 5 - 3 علاقة الضغط ودرجة الحرارة (قانون غي لوساك)



عندما يسخن غاز بحجم ثابت يزداد الضغط .



وعندما يبرد غاز بحجم ثابت يقل الضغط .

عند اخذ كمية ثابتة من كتلة وحجم غاز فأن ضغط الغاز يتناسب طرديا مع درجة الحرارة بالكلفن .

$$P \propto T$$

$$P = k \times T$$

$$\frac{P}{T} = k \quad \text{حيث } k \text{ ثابت التناسب}$$

## هل تعلم

الفرق في الضغط بين داخل علبة السبري والهواء الخارجي هو اساس عمل مثل هذه العلب .



وعند استخدام غاز بدرجتين مختلفتين  $T_1$  و  $T_2$  عند ضغطين مختلفين  $P_1$  و  $P_2$  على التوالي يمكن استخدام العلاقة السابقة كالآتي :

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} \quad (\text{عند ثبوت الحجم وكمية الغاز})$$

ويمكن ان يعبر عن قانون غي لوساك كما يلي: **(يتغير ضغط كتلة معينة من الغاز تغيراً طردياً مع درجة حرارته المقاسة بالكلفن اذا كانت كميته وحجمه ثابتان)** .

مثال 2 - 7 :

لماذا ينصح دائماً بعدم رمي علب معطرات الجو او الجسم في النار وعلى فرض بان لديك علبة من معطر جو تحتوي على غاز تحت ضغط 3 atm وبدرجة حرارة  $17^\circ\text{C}$  ما ضغطها عندما تتعرض الى حرارة قدرها  $187^\circ\text{C}$  ؟

**الحل :**

انه عندما ترتفع درجة الحرارة تزداد الطاقة الحركية للجزيئات وبالتالي يزداد عدد اصطداماتها بجدران العلبة مما يؤدي الى زيادة الضغط المسلط من قبل الغاز على جدرانها وبالتالي قد تؤدي الى انفجارها وتشظيها .

نحول درجة  $^\circ\text{C}$  الى K

$$T (\text{K}) = t (^\circ\text{C}) + 273$$

$$T_1 (\text{K}) = 17 + 273 = 290 \text{ K} \quad P_1 = 3 \text{ atm}$$

$$T_2 (\text{K}) = 187 + 273 = 460 \text{ K} \quad P_2 = ? \text{ atm}$$

نجد الضغط  $P_2$  بعد تغير درجة الحرارة باستخدام قانون غي لوساك .

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} \quad T_1, P_1, T_2 \longrightarrow P_2$$

$$P_2 = \frac{P_1 T_2}{T_1} = \frac{(3 \text{ atm})(460 \text{ K})}{(290 \text{ K})}$$

$$P_2 = 4.75 \text{ atm}$$

**هل تعلم**

يدور سائل التبريد في انابيب الثلاجة باستمرار وعندما يعبر فتحة ضيقة يتمدد بسرعة متحولاً الى غاز وفي تحوله الى الغاز يمتص الحرارة اللازمة من محيطه (اي من داخل الثلاجة) فيبرده ثم يسري الغاز الى الضاغط الذي يحوله ثانية الى سائل وعملية التسييل بالضغط هذه تطلق حرارة كافية لان تشعر بها في خلفية الثلاجة.

**تمرين (2-6)**

قام رجل يروم السفر من بغداد الى البصرة بقياس ضغط الهواء في اطار سيارته فوجد انه يبلغ 1.8 atm بدرجة حرارة  $20^\circ\text{C}$  وعند وصوله الى البصرة اصبحت درجة الحرارة داخل الاطار  $36^\circ\text{C}$  ما ضغط الهواء داخل الاطار .

**هل تعلم**

يتوجب فحص ضغط الهواء في اطارات السيارة بانتظام لواعي السلامة وكذلك لمنع التآكل غير المتساوي لسطح الاطارات الخارجي.

## 6 - 2 القانون الموحد للغازات The Combined Gas - law

كما رأينا ينص قانون بويل رياضياً على انه  $PV = k$  . . . .

وكذلك قانون شارل ينص على  $\frac{V}{T} = k'$  . . . . .

وقانون غي لوساك ينص على  $\frac{P}{T} = k''$  . . . . .

من هذه القوانين الثلاثة يمكن ان يصاغ قانون موحد هو

$$\frac{PV}{T} = k$$

(حيث  $k =$  كمية ثابتة)

وفي حالة تغير ظروف الغاز ( $P_1$  و  $V_1$  و  $T_1$ ) الى حالته الثانية ( $P_2$  و  $V_2$  و  $T_2$ ) مع بقاء كميته ثابتة يمكن ان نكتب :

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

يطلق على المعادلة اعلاه بمعادلة الحالة (Equation of state) وهذا القانون لكمية محددة من الغاز.

### مثال 2 - 8 :

فقاعة هواء صغيرة حجمها 2.1 mL أرتفعت من قاع بحيرة حيث الضغط 6.4 atm ودرجة حرارة 8 °C الى سطح الماء حيث درجة الحرارة 25 °C والضغط 1 atm. أحسب حجم الفقاعة على سطح الماء.

### الحل :

نحول درجة °C الى K

$$T (K) = t (°C) + 273$$

$$T_1 (K) = 8 + 273 = 281 K$$

$$T_2 (K) = 25 + 273 = 298 K$$

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \quad P_1, T_1, V_1, P_2, T_2 \longrightarrow V_2$$

$$V_2 = \frac{V_1 P_1 T_2}{P_2 T_1}$$

$$V_2 = \frac{2.1 \text{ mL} \times 6.4 \text{ atm} \times 298 \text{ K}}{1 \text{ atm} \times 281 \text{ K}}$$

$$V_2 = 14.25 \text{ mL} \text{ حجم الفقاعة على سطح الماء}$$

### هل تعلم

فقايع الغاز التي ينفثها الغواص تكبر تدريجياً كلما ارتفعت نحو السطح فهي صغيرة الحجم تحت ضغط السائل الاكثر في العمق وكلما ارتفعت نحو السطح يقل السائل الضاغط عليها فيزداد حجمها .



### تمرين (2-7)

عينة من غاز  $CO_2$  حجمه 4 L وتحت ضغط 1.2 atm وبدرجة حرارة 66°C تعرض الى تغير فاصبح حجمه 1.7 L عند درجة حرارة 42°C احسب ضغطه علماً بان عدد مولاته لم تتغير.

وجد العالم الايطالي افوكادرو انه عند ثبوت الضغط ودرجة الحرارة فان حجم الغاز يتناسب طرديا مع كميته . وكما عرفت من الفصل الاول (الفقرة 1 - 4) ان كمية الغاز تقاس بعدد مولاته (n) ولذلك حسب ما وجده افوكادور ان :

$$V \propto n$$

$$V = k n \quad \text{حيث } k \text{ ثابت التناسب}$$

وعند استخدام غاز بكميتين مختلفتين  $n_1$  و  $n_2$  تشغلان حجمين مختلفين  $V_1$  و  $V_2$  فانه يمكن استخدام العلاقة الاتية:

$$\frac{V_1}{n_1} = \frac{V_2}{n_2} \quad (\text{عند ثبوت درجة الحرارة والضغط})$$

وعليه يمكن صياغة قانون افوكادرو كالآتي :

( تحتوي الحجم المتساوية من الغازات المختلفة على عدد متساوي من المولات عند ثبوت درجة الحرارة والضغط ) .  
ويمكن ملاحظة ذلك في الشكل (2 - 3).



الشكل (2-3)

عند سحب الغاز تقل عدد مولاته لذلك يقل حجم الغاز . وعند اضافة كمية من الغاز تزداد عدد مولاته لذلك يزداد حجم الغاز ( وهذا عند ثبوت الضغط ودرجة الحرارة ) .

## 1-7-2 الكميات المولية

ان اي كمية تقسم على عدد المولات (n) تسمى بالكمية المولية ومثال على ذلك ان الحجم المولي  $V_m$  يساوي  $V$  مقسوم على عدد المولات n اي

$$V_m = \frac{V (L)}{n (mol)} = L / mol$$

والحجم المولي الذي يحتله اي غاز مقاساً عند الظروف القياسية (Standard Temperature and Pressure) (STP) والتي تسوي ضغط 1 atm (760 Torr) ودرجة حرارة 0°C (273 K) يسوي كمية ثابتة 22.414 L (22414 cm<sup>3</sup>).

والكتلة m بقسمتها على عدد المولات n تسمى بالكتلة المولية M (التي تعرفت عليها في الفصل الاول) وتعرف الكتلة المولية M حسب العلاقة الاتية:

$$M = \frac{m \text{ (g)}}{n \text{ (mol)}} = \text{g / mol}$$

تمرين (8-2)  
احسب الحجم المولي لغاز تشغل 3 moles منه 37.5 L.

### مثال 2 - 9 :

غاز الهيدروجين يشغل حجماً قدر 22.4 L في الظروف القياسية (STP) عندما نأخذ 1 mol منه ، ما حجمه في نفس الظروف عند أخذ 3 moles منه .

### الحل :

$$\frac{V_1}{n_1} = \frac{V_2}{n_2} \quad V_1, n_1, n_2 \rightarrow V_2$$

$$V_2 = \frac{V_1 n_2}{n_1} = \frac{(22.4 \text{ L})(3 \text{ mol})}{(1 \text{ mol})}$$

$$V_2 = 67.2 \text{ L}$$

تمرين (9-2)  
غاز حجمه 11.2 L في الظروف القياسية (STP) عدد مولاته 0.5 mol . ما عدد مولاته في نفس الظروف عندما يكون حجمه 16.8 L.

## 8 - 2 قانون الغاز المثالي The Ideal Gas Law

يمكن بشكل عام ان نحصل على علاقة رياضية من ربط قوانين الغازات الاربعة مع بعضها البعض :

قانون بويل PV = k .....

قانون شارل  $\frac{V}{T} = k'$  .....

قانون غي لوساك  $\frac{P}{T} = k''$  .....

قانون افوكادرو  $\frac{V}{n} = k'''$  .....

وبربط هذه المعادلات مع بعضها يمكن الحصول على العلاقة

$$V \propto n \frac{T}{P} \quad \text{الرياضية الاتية:}$$



وعند تحويل التناسب الى مساواة نحصل على

$$V = (\text{constant}) n \frac{T}{P}$$

ويرمز لثابت التناسب (constant) بالحرف R لذا تصبح

المعادلة الاخيرة على الصورة الاتية:

### هل تعلم

اذا عرفت قيم كل من درجة الحرارة والضغط والحجم لاي غاز تستطيع استخدام قانون الغاز المثالي لحساب عدد مولات هذا الغاز .



### معادلة الغاز المثالي PV = nRT

يطبق هذا القانون فقط على الغازات التي تنطبق عليها قوانين الغازات الاربعة وتسمى مثل هذه الغازات بالغازات المثالية (Ideal gases). ويمثل R ثابت يسمى الثابت العام للغازات . وعند استخدام هذه المعادلة حسابياً يجب ان تكون وحدات P بالجو (atm) و V باللتر (L) وعدد المولات (n) بالمول (mole) و T بالكلفن (K).

وعندما نريد ايجاد قيمة R نأخذ مول واحد من اي غاز مثالي (n = 1) في الظروف القياسية (STP) (درجة حرارة 0°C وضغط 1 atm) والذي يشغل حجماً قدره 22.414 L وبالتعويض

في معادلة الغاز المثالي :

$$PV = nRT$$

$$R = \frac{PV}{nT} = \frac{1 \text{ atm} \times 22.414 \text{ L}}{1 \text{ mol} \times 273 \text{ K}}$$

$$R = 0.082 \frac{\text{atm} \cdot \text{L}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$$

وبالامكان استخدام الوحدات الدولية (SI) للضغط (باسكال) (101325 Pa) والحجم يساوي  $22.4 \times 10^{-3} \text{ m}^3$  وعدد المولات يساوي 1 mol ودرجة الحرارة تساوي 273 K لايجاد قيمة R

بالوحدات الدولية :

$$PV = nRT$$

$$R = \frac{PV}{nT} = \frac{101325 \text{ Pa} \times 22.4 \times 10^{-3} \text{ m}^3}{1 \text{ mol} \times 273 \text{ K}}$$

$$R = 8.314 \text{ Pa} \cdot \text{m}^3 / \text{mol} \cdot \text{K}$$

والوحدة Pa تعرف بانها  $\frac{\text{Kg}}{\text{m} \cdot \text{s}^2}$  وبتعويضها في الوحدة اعلاه

$$\frac{\frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\cancel{\text{m}} \cdot \cancel{\text{s}^2}}{\cancel{\text{m}}}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$$

وحدة  $\frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2}$  هي وحدة الطاقة جول (J) وعليه

$$R = 8.314 \text{ J/mol} \cdot \text{K}$$

مثال 2 - 10 :

احسب عدد مولات غاز NO في الظروف القياسية اذا كان حجمه 5.6 L .

الحل :

الظروف القياسية هي ضغط 1 atm ودرجة حرارة 273 K

$$PV = nRT \quad P, V, T \longrightarrow n$$

$$n = \frac{PV}{RT}$$

$$n = \frac{1 \text{ atm} \times 5.6 \text{ L}}{0.082 \text{ atm} \cdot \text{L} / \text{mol} \cdot \text{K} \times 273 \text{ K}}$$

$$n = 0.25 \text{ mol}$$

هل تعلم

وحدة ثابت العام للغازات:

$$R = 8.314 \text{ J/mol} \cdot \text{K}$$

تستخدم فقط في حالة الحسابات التي تشمل على وحدات الطاقة لذا سوف لن نستخدمها هنا في هذا الفصل بل ذكرت للتعريف بها حيث سوف نستخدمها في السنين القادمة في دراستك للكيمياء.

تمرين (10-2)

ما عدد مولات غاز  $\text{O}_2$  حجمه 10 L بالظروف القياسية (STP) .

## 2 - 8 - 1 حساب كثافة الغاز

ان بالامكان استخدام معادلة الغاز المثالي لحساب كثافة الغاز وفق الاتي :

$$PV = nRT \quad \dots \dots \dots (1)$$

$$n = \frac{m(\text{g})}{M(\text{g/mol})} \quad \text{وبما ان المول (n) يعرف بأنه}$$

نعوض عن n بالمعادلة (1) لنحصل على

$$PV = \left(\frac{m}{M}\right)RT \quad \dots \dots \dots (2)$$

او بصورة اخرى

$$P M = \left(\frac{m}{V}\right)RT \quad \dots \dots \dots (3)$$

$$\rho = \frac{m(\text{g})}{V(\text{L})} \quad \text{ومن تعريف الكثافة}$$

حيث  $\rho$  تمثل الكثافة وبتعويضها بالمعادلة (3) نحصل على

$$P M = \rho RT \quad \dots \dots \dots (4)$$



وبترتيب المعادلة (4) نحصل على المعادلة التالية التي تمثل علاقة رياضية لحساب كثافة الغاز من معرفة الضغط والكتلة المولية عند درجة حرارة معينة .

$$\rho = \frac{PM}{RT} \quad \text{علاقة كثافة الغاز}$$

وبنفس الفكرة السابقة نستطيع ايجاد كتلة الغاز او كتلته المولية من المعادلة رقم (3)

$$P M = \left(\frac{m}{V}\right)RT$$

التي يمكن ترتيبها بالشكل الاتي:

$$m = \frac{PMV}{RT} \quad \text{علاقة كتلة الغاز}$$

### مثال 2 - 11 :

يستخدم الهيدرازين ( $N_2H_4$ ) وقوداً للصواريخ . احسب كثافته عند الظروف القياسية ( STP ) .

### الحل :

$$\rho = \frac{PM}{RT} \quad P, T, M \rightarrow \rho$$

الكتلة المولية للهيدرازين

$$M ( N_2H_4 ) = (2 \times 14) + (4 \times 1) = 32 \text{ g/mol}$$

الظروف القياسية هي ضغط 1atm ودرجة حرارة 273 K لذا

$$\rho = \frac{1 \text{ ( atm )} \times 32 \text{ ( g/mol )}}{0.082 \text{ ( L . atm/mol . K )} \times 273 \text{ ( K )}}$$

$$\rho = 1.43 \text{ g/L}$$

### مثال 2 - 12 :

ما عدد مولات عينة غاز تشغل 700 mL عند ضغط قدره 0.8 atm ودرجة حرارة 27°C .

### الحل :

نحول حجم الغاز من وحدة mL الى وحدة L

$$V ( L ) = V \text{ mL} \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ mL}} = 700 \text{ mL} \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ mL}} = 0.7 \text{ L}$$

### تمرين (11-2)

احسب كثافة غاز الاوكسجين ( $O_2$ ) بوحدات g/L في درجة حرارة 373 K وضغط 5 atm .

نحول درجة الحرارة من وحدة °C الى وحدة K

$$T ( K ) = t ( ^\circ C ) + 273$$

$$T = 27 + 273 = 300 \text{ K}$$

ومن معادلة الغاز المثالي

$$PV = nRT$$

$$n = \frac{PV}{RT}$$

$$n = \frac{0.8 \text{ atm} \times 0.7 \text{ L}}{0.082 \text{ atm}\cdot\text{L} / \text{mol}\cdot\text{K} \times 300 \text{ K}}$$

$$n = 0.023 \text{ mol}$$

تمرين (12-2)

غاز الميثان هو احد الغازات الناتجة من عملية تكرير النفط اخذت عينة منه قدرها 0.5 mol وتحت ضغط 3 atm بدرجة حرارة 27°C. احسب الحجم بالمليتر (mL) الذي تشغله العينة .

مثال 2 - 13 :

وجد ان ضغط غاز في وعاء حجمه 3 L ودرجة حرارة 27°C يساوي 5.46 atm . احسب كتلة الغاز وعدد مولاته في الوعاء علماً بان الكتلة المولية للغاز 44 g/mol

الحل :

نحول درجة الحرارة من وحدة °C الى وحدة K

$$T ( K ) = t ( ^\circ C ) + 273$$

$$T = 27 + 273 = 300 \text{ K}$$

وباستخدام العلاقة

$$m = \frac{MPV}{RT}$$

$$m = \frac{44 \text{ g/mol} \times 5.46 \text{ atm} \times 3 \text{ L}}{0.082 \text{ atm}\cdot\text{L} / \text{mol}\cdot\text{K} \times 300 \text{ K}}$$

$$m = 29.3 \text{ g}$$

ولحساب عدد المولات نستخدم العلاقة الاتية :

$$n = \frac{m (g)}{M (g/mol)}$$

$$n = \frac{29.3 \text{ g}}{44 \text{ g/mol}} = 0.67 \text{ mol}$$

تمرين (13-2)

عينة من غاز كتلتها 4.41 g تشغل حجماً قدره 900 mL تحت ضغط 3.65 atm بدرجة حرارة 127°C ما كتلتها المولية .

احسب الكتلة المولية لغاز كتلته 0.6 g في وعاء حجمه 500 mL ودرجة حرارة 227°C علما بان ضغط الغاز يساوي 748 Torr .

**الحل :**

نحول حجم الغاز من وحدة mL الى وحدة L

$$V ( L ) = V \text{ mL} \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ mL}} = 500 \text{ mL} \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ mL}} = 0.5 \text{ L}$$

نحول درجة الحرارة من وحدة °C الى وحدة K

$$T ( K ) = t ( ^\circ C ) + 273$$

$$T = 227 + 273 = 500 \text{ K}$$

نحول الضغط من Torr الى atm

$$P \text{ atm} = P \text{ Torr} \times \frac{1 \text{ atm}}{760 \text{ Torr}} = 748 \text{ Torr} \times \frac{1 \text{ atm}}{760 \text{ Torr}} = 0.984 \text{ atm}$$

ومن العلاقة

$$M = \frac{mRT}{PV}$$

$$M = \frac{0.6 \text{ g} \times 0.082 \text{ atm} \cdot \text{L} / \text{mol} \cdot \text{K} \times 500 \text{ K}}{0.984 \text{ atm} \times 0.5 \text{ L}}$$

$$M = 50 \text{ g/mol}$$

### هل تعلم

ما الذي يمنع الجزيئات في الغلاف الجوي من الهروب الى الفضاء الخارجي؟  
للارض قوة جذب فكما اننا لا يمكننا بسهولة الافلات من جاذبيتها فكذلك جزيئات الغازات لا يمكنها الهروب من مجال الجاذبية الارضية ولغرض الهروب يجب عليها ان تمتلك سرعة مساوية الى او اكبر من  $1.1 \times 10^3 \text{ m/s}$  والتي تسمى بسرعة الهروب وبما ان معدل سرعة نرات الهيليوم هي اعلى من تلك السرعة فان اكثر نرات الهيليوم تهرب من الغلاف الجوي نحو الفضاء الخارجي لذلك لا تحتوي الارض كميات محسوسة من غاز الهيليوم في غلافها الجوي .

0.31 g من غاز كتلته المولية 32 g/mol تحت ضغط 1.17 atm . عند اي درجة حرارة تشغل هذه العينة حجماً مقداره 0.23 L .

**الحل :**

$$PV = \frac{m}{M} RT$$

$$T = \frac{PVM}{mR}$$

P, V, m, M

T

$$T = \frac{1.17 ( \text{ atm } ) \times 0.23 ( \text{ L } ) \times 32 ( \text{ g/mol } )}{0.31 ( \text{ g } ) \times 0.082 ( \text{ L} \cdot \text{ atm/mol} \cdot \text{ K } )}$$

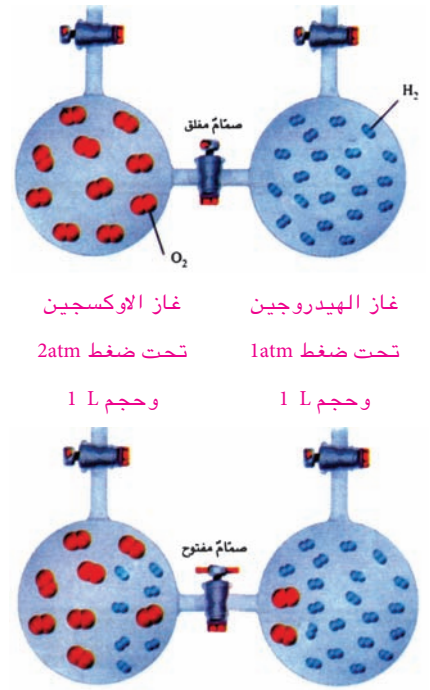
$$T = 339 \text{ K}$$

## 2 - 9 قانون دالتون للضغوط الجزئية Dalton's law of partial pressures

لقد تعاملنا في ما سلف ذكره مع غاز واحد، فماذا بشأن خليط من الغازات التي لا تتفاعل مع بعضها البعض كالهواء مثلاً؟ لقد قام دالتون بدراسة الهواء ولاحظ ان الضغط الكلي للغازات يساوي مجموع الضغوط الجزئية لكل غاز على حدة كما لو كان هذا الغاز موجوداً لوحده في الوعاء، وان ضغط كل غاز على حدة يسمى بالضغط الجزئي وينص قانون دالتون (ان الضغط الكلي لخليط من الغازات يساوي مجموع الضغوط الجزئية لكل غاز في الخليط على شرط ان لا يحدث تفاعل بينها) ويمكن التعبير عنه رياضياً

$$P_T = P_1 + P_2 + P_3 + \dots$$

حيث  $P_T$  تمثل الضغط الكلي و  $P_1$  و  $P_2$  و  $P_3$  ..... الخ تمثل الضغوط الجزئية للغازات المكونة للخليط.



عند فتح الصمام ينتشر الغازين في كلا الدورقين لذلك سيتغير ضغط الغازين حسب قانون دالتون .

### 2 - 9 - 1 العلاقة بين الضغط الكلي وعدد المولات الكلية والكسر المولي

لنفرض انه لدينا خليط من غازين في اناء واحد تحت درجة حرارة وحجم معينين . بتطبيق قانون الغاز المثالي لكل غاز على حدة نحصل على ضغطهما :

$$P_1 = \frac{n_1 R T}{V} \quad \dots \quad (1)$$

$$P_2 = \frac{n_2 R T}{V} \quad \dots \quad (2)$$

ومن قانون دالتون

$$P_T = P_1 + P_2 \quad \dots \quad (3)$$

نعوض المعادلات (1) و (2) في المعادلة (3) نحصل على

$$P_T = \frac{n_1 R T}{V} + \frac{n_2 R T}{V} = (n_1 + n_2) \frac{R T}{V} \quad \dots \quad (4)$$

بقسمة معادلة (1) على معادلة (4)

$$\frac{P_1}{P_T} = \frac{\frac{n_1 R T}{V}}{(n_1 + n_2) \frac{R T}{V}} \quad \dots \quad (5)$$

وبحذف المتشابهات نحصل على

$$\frac{P_1}{P_T} = \frac{n_1}{n_1 + n_2} \quad \dots \quad (6)$$

ويمكن ان نجمع عدد المولات الجزئية حيث  $n_T$  تمثل عدد المولات الكلية لخليط الغازات اي مجموع المولات الجزئية

$$n_T = n_1 + n_2$$

وهكذا تصبح المعادلة (6) على الصورة الآتية

$$\frac{P_1}{P_T} = \frac{n_1}{n_T} \quad \dots \dots \dots (7)$$

وبشكل مشابه للمكون 2

$$\frac{P_2}{P_T} = \frac{n_2}{n_T} \quad \dots \dots \dots (8)$$

الكسر المولي ( mole fraction ) : يعرف الكسر المولي لاي مكون من مكونات المزيج 1 او 2 بانه النسبة بين عدد مولات ذلك المكون على مجموع عدد مولات المكونات ( عدد المولات الكلية ) . يرمز للكسر المولي للمكون 1 (  $x_1$  ) ويسلوي

$$x_1 = \frac{n_1}{n_1 + n_2} = \frac{n_1}{n_T}$$

وللكسر المولي للمكون 2 (  $x_2$  ) يسلوي

$$x_2 = \frac{n_2}{n_T}$$

وعند تعويض الكسر المولي بالمعادلة ( 7 ) و ( 8 ) نحصل على:

$$\frac{P_1}{P_T} = x_1 \quad \text{و} \quad \frac{P_2}{P_T} = x_2 \quad \dots \dots \dots (9)$$

ومنها يمكننا الحصول على المعادلات الآتية :

$$P_1 = x_1 \times P_T \quad \text{و} \quad P_2 = x_2 \times P_T \quad \dots \dots \dots (10)$$

وبشكل عام يمكن كتابة المعادلة ( 10 ) كالآتي

$$P_i = x_i \times P_T$$

حيث يمثل  $x_i$  الكسر المولي للمكون  $i$  و  $P_i$  ضغطه الجزئي . ولا بد ان نعلم ان مجموع الكسور المولية لمزيج من الغازات يسلوي الواحد الصحيح ويمكن تطبيق ذلك على المثال المذكور سابقاً لمزيج مكون من غازين كما يأتي :

$$x_1 + x_2 = \frac{n_1}{n_1 + n_2} + \frac{n_2}{n_1 + n_2} = \frac{n_1 + n_2}{n_1 + n_2} = 1$$

وبشكل عام يمكن كتابة المعادلة الآتية :

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 \dots = 1$$

خليط من الغازات النبيلة تحتوي 4.46 mol من غاز النيون (Ne) و 0.74 mol من الأركون (Ar) و 2.15 mol من الزينون (Xe). احسب الضغط الجزئي لكل غاز علما بان الضغط الكلي يساوي 2 atm ودرجة الحرارة ثابتة .

**الحل :**

اولا : نجد عدد المولات الكلية

$$n_T = n_{Ne} + n_{Ar} + n_{Xe}$$

$$n_T = 4.46 \text{ mol} + 0.74 \text{ mol} + 2.15 \text{ mol}$$

$$n_T = 7.35 \text{ mol}$$

ثانيا : نجد الكسر المولي لكل غاز على حده

$$x_{Ne} = \frac{n_{Ne}}{n_T} = \frac{4.46 \text{ mol}}{7.35 \text{ mol}} = 0.607$$

$$x_{Ar} = \frac{n_{Ar}}{n_T} = \frac{0.74 \text{ mol}}{7.35 \text{ mol}} = 0.100$$

$$x_{Xe} = \frac{n_{Xe}}{n_T} = \frac{2.15 \text{ mol}}{7.35 \text{ mol}} = 0.293$$

ثالثا : نجد الان الضغط الجزئي لكل غاز

بما ان

$$P_i = x_i \times P_T$$

وبالتعويض عن i برمز الغاز في القانون السابق نحصل على

$$P_{Ne} = P_T \times x_{Ne} = 2 \text{ atm} \times 0.607 = 1.214 \text{ atm}$$

$$P_{Ar} = P_T \times x_{Ar} = 2 \text{ atm} \times 0.100 = 0.200 \text{ atm}$$

$$P_{Xe} = P_T \times x_{Xe} = 2 \text{ atm} \times 0.293 = 0.586 \text{ atm}$$

وللتأكد نجمع الضغوط الجزئية المفروض انها = 2

$$1.214 \text{ atm} + 0.200 \text{ atm} + 0.586 \text{ atm} = 2.000 \text{ atm}$$

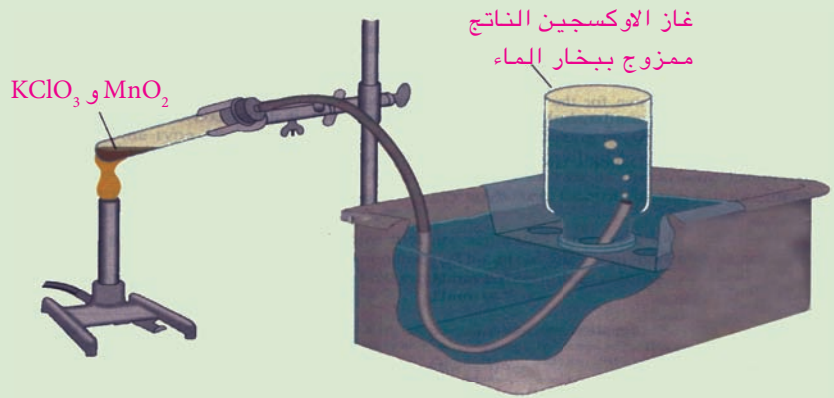
تمرين (2-14)

يحتوي أناء على خليط من الغازات الطبيعية الناتجة من تكرير النفط مقاديرها هي 6 mol من غاز الميثان و 4 mol من الايثان و 2 mol من البروبان فاذا علمت ان الضغط الكلي لها 6 atm .. احسب الضغط الجزئي لكل غاز.

حضر غاز الاوكسجين من التسخين الشديد لكلورات البوتاسيوم بوجود  $MnO_2$  كعامل مساعد وجمع الغاز بلازاحة الماء نحو الاسفل بدرجة حرارة  $24^\circ C$  وتحت ضغط  $762.4 \text{ mmHg}$  وكان حجمه  $128 \text{ mL}$ . احسب كتلة الغاز بالغرام علما بان الكتلة المولية للاوكسجين تساوي  $32 \text{ g/mol}$  وضغط بخار الماء يساوي  $22.4 \text{ mmHg}$  بدرجة حرارة  $24^\circ C$ .

## الحل :

ان الغاز المجموع في التجربة اعلاه يكون ممزوجا مع كمية من بخار الماء لذا يصبح لدينا خليط من الغاز مع بخار الماء موجود في قنينة جمع الغاز



يمثل الضغط  $762.4 \text{ mmHg}$  الضغط الكلي لكل من  $O_2$  وبخار الماء . لذا علينا ايجاد ضغط  $O_2$  الجزئي .

$$P_T = P_{O_2} + P_{H_2O}$$

$$762.4 = P_{O_2} + 22.4$$

$$P_{O_2} = 740 \text{ mmHg}$$

نحول الضغط من mmHg الى atm

$$P \text{ atm} = P \text{ mmHg} \times \frac{1 \text{ atm}}{760 \text{ mmHg}} = 740 \text{ mmHg} \times \frac{1 \text{ atm}}{760 \text{ mmHg}} = 0.974 \text{ atm}$$

نحول حجم الغاز من وحدة mL الى وحدة L

$$V (L) = V \text{ mL} \times \frac{1 L}{1000 \text{ mL}} = 128 \text{ mL} \times \frac{1 L}{1000 \text{ mL}} = 0.128 L$$

نحول درجة الحرارة من وحدة  $^\circ C$  الى وحدة K

$$T (K) = t (^\circ C) + 273 = 24 + 273 = 297 K$$

## تمرين (2-15)

حضر غاز الهيدروجين من تفاعل الكالسيوم مع الماء وجمع بلازاحة الماء الى الاسفل بدرجة حرارة  $30^\circ C$  وتحت ضغط  $988 \text{ mmHg}$  وكان حجمه  $641 \text{ mL}$  احسب كتلة غاز الهيدروجين بالغرام علما بان الكتلة المولية من  $H_2$  تساوي  $2 \text{ g/mol}$  وضغط بخار الماء بدرجة  $30^\circ C$  يساوي  $31.82 \text{ mmHg}$ .

## تمرين (2-16)

عينة من الهواء كان الضغط الجزئي لكل غاز من مكونات العينة كالاتي: للنتروجين  $569 \text{ Torr}$  وللأوكسجين  $116 \text{ Torr}$  ولثنائي اوكسيد الكربون  $28 \text{ Torr}$  ولبخار الماء  $0.47 \text{ Torr}$  فما هي نسبة هذه الغازات في الهواء محسوبة بالكسر المولي.

وباستخدام معادلة الغاز المثالي

$$PV = \frac{m}{M} RT$$

وكتلة الغاز تسوي

$$m = \frac{PVM}{RT}$$

$$m = \frac{0.974 \text{ ( atm )} \times 0.128 \text{ ( L )} \times 32 \text{ ( g/mol )}}{0.082 \text{ ( L . atm/mol . K )} \times 297 \text{ K}}$$

$$m = 0.164 \text{ g}$$

مثال 2 - 18 :

يحتوي دورق حجمه 2L في درجة حرارة 7°C على خليط من الغازات g 3.2 من الاوكسجين و g 0.4 من الهيليوم و g 14 من النتروجين . احسب الضغط الكلي للخليط علما بان الكتلة المولية للاوكسجين تسوي 32 والنتروجين 28 والهيليوم 4 بوححدات g/mol .

الحل :

$$n_{\text{He}} = \frac{m(\text{g})}{M(\text{g/mol})} = \frac{0.4 \text{ g}}{4 \text{ g/mol}} = 0.1 \text{ mol}$$

$$n_{\text{O}_2} = \frac{3.2 \text{ g}}{32 \text{ g/mol}} = 0.1 \text{ mol}$$

$$n_{\text{N}_2} = \frac{14 \text{ g}}{28 \text{ g/mol}} = 0.5 \text{ mol}$$

نحول °C الى K

$$T(\text{K}) = t(\text{°C}) + 273 = 7 + 273 = 280 \text{ K}$$

نجد مجموع عدد المولات الكلي للخليط

$$n_{\text{T}} = n_{\text{He}} + n_{\text{O}_2} + n_{\text{N}_2}$$

$$n_{\text{T}} = 0.1 + 0.1 + 0.5 = 0.7 \text{ mol}$$

باستخدام معادلة الغاز المثالي

$$P_{\text{T}} = \frac{n_{\text{T}} RT}{V}$$

$$P_{\text{T}} = \frac{0.7 \text{ mol} \times 0.082 \text{ atm.L / mol.K} \times 280 \text{ K}}{2 \text{ L}} = 8.036 \text{ atm}$$

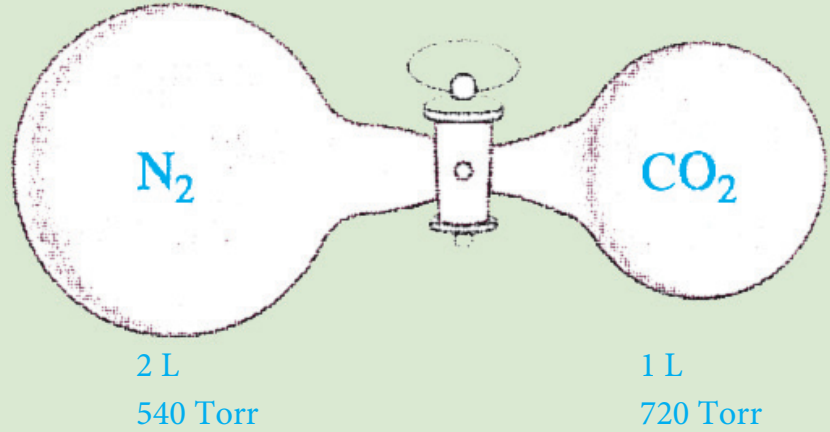
هل تعلم

في الكثير من الاعمال المهمة تتم تحت سطح المحيطات ويقوم بمعظمها غطاسون متمرسون يستطيعون اصلاح السفن وفحصها. يتعرض الغطاسون الى ضغط الماء ويكون الضغط كبيرا حتى لو كان العمق امترا قليلة وان جرب احدهم ان يتنفس من انبوبة لها فتحة في اعلى سطح الماء فانه لا يستطيع لان رئتيه لا يمكنهما التمدد لذا يستخدم الغطاسون ابوات خاصة بالتنفس في الاعماق وتكون الغازات التي يحملونها مضغوطة وهناك جهاز متصل باسطوانات الهواء التي يحملونها معهم يعرف بالمنظم ويعمل اوتوماتيكيا لضبط ضغط الهواء الخارج من الاسطوانات والذي يدخل الى الرئتين ويعمل المنظم على معادلة الضغط داخل وخارج الرئتين و يستخدم الغطاسون خليط خاص من الغازات بدلا من الهواء المضغوط وهو خليط من غازات الهيليوم والاكسجين وكمية قليلة من غاز النتروجين يعرف هذا الخليط بالهليوكس ويستخدم هذا الخليط في عمليات الغطس العميقة جدا.



وعاءان متصلان بصمام . الاول حجمه 1 L يحتوي على غاز  $\text{CO}_2$  تحت ضغط 720 Torr والثاني حجمه 2 L يحتوي على غاز  $\text{N}_2$  تحت ضغط 540 Torr احسب الضغط الكلي عند فتح الصمام على فرض ثبوت درجة الحرارة .

الحل :



عند فتح الصمام سوف ينتشر الغازان ويختلطان وسيشغل كلا الغازين مجموع الحجمين وبالتالي سوف يتغير ضغط كل منهما وعليه فالحجم الكلي سيكون :

$$V_2 = V_{\text{N}_2} + V_{\text{CO}_2} = 2 + 1 = 3 \text{ L}$$

الآن نحسب الضغط الجزئي لكل غاز باستخدام علاقة بويل

$$P_1 V_1 = P_2 V_2 \Rightarrow P_2 = \frac{P_1 V_1}{V_2}$$

فالضغط الجزئي لـ  $\text{CO}_2$  في الخليط سيكون كالآتي :

$$P_1 = \frac{720 \text{ Torr} \times 1 \text{ L}}{3 \text{ L}} = 240 \text{ Torr} = P_{\text{CO}_2}$$

والضغط الجزئي لـ  $\text{N}_2$  في الخليط يساوي :

$$P_2 = \frac{540 \text{ Torr} \times 2 \text{ L}}{3 \text{ L}} = 360 \text{ Torr} = P_{\text{N}_2}$$

لذا فالضغط الكلي للخليط سيصبح :

$$P_T = P_{\text{CO}_2} + P_{\text{N}_2}$$

$$P_T = 240 \text{ Torr} + 360 \text{ Torr} = 600 \text{ Torr}$$

تمرين (17-2)

كم هو الضغط الكلي الناتج عن خلط 20 mL من  $\text{N}_2$  وتحت ضغط 740 Torr مع 30 mL من  $\text{O}_2$  وعند ضغط 640 Torr اذا تم خلطها في وعاء حجمه 50 mL علما بان درجة الحرارة ثابتة .

## 10 - 2 قانون الانتشار لكراهم Graham's Law of Diffusion

وجد كراهم من تجاربه المختلفة ان سرعة انتشار الغازات النافذة خلال ثقوب صغيرة تتناسب عكسيا مع الجذر التربيعي لكثافة الغاز وكذلك توصل كراهم الى ان ( سرعة الانتشار للغازات النافذة خلال الثقوب الصغيرة تتناسب عكسيا مع الجذر التربيعي للكتلة المولية (M) ايضاً ).

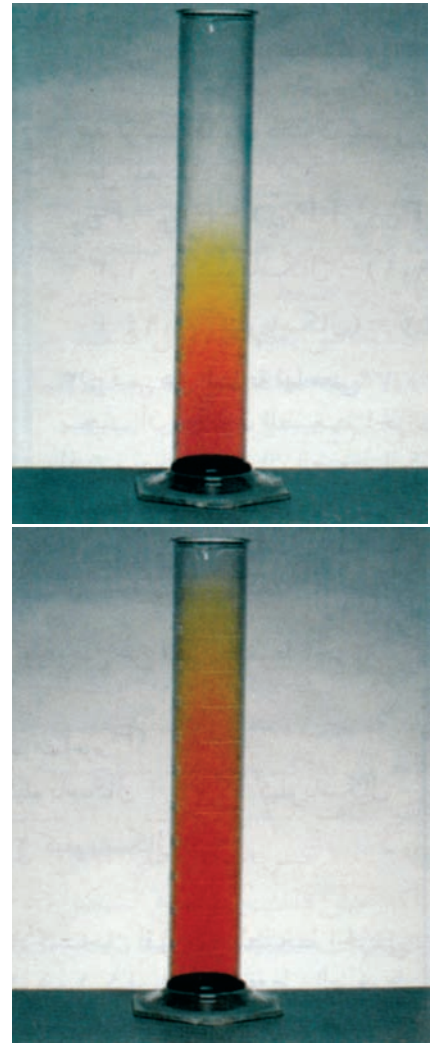
فاذا اعتبرنا سرعة نفاذ غازين من خلال نفس الثقوب هي  $r_1$  و  $r_2$  وكانت كثافتهما  $\rho_1$  و  $\rho_2$  على التوالي فانه واعتمادا على قانون كراهم يكون:

$$\frac{r_1}{r_2} = \sqrt{\frac{\rho_2}{\rho_1}} = \sqrt{\frac{M_2}{M_1}}$$

حيث  $M_1$  و  $M_2$  هي الكتل المولية للغازين على التوالي .  
وبتطبيق القانون على انتشار غازي الهيدروجين والاكسجين النافذة من خلال ثقب معين نتوصل الى :

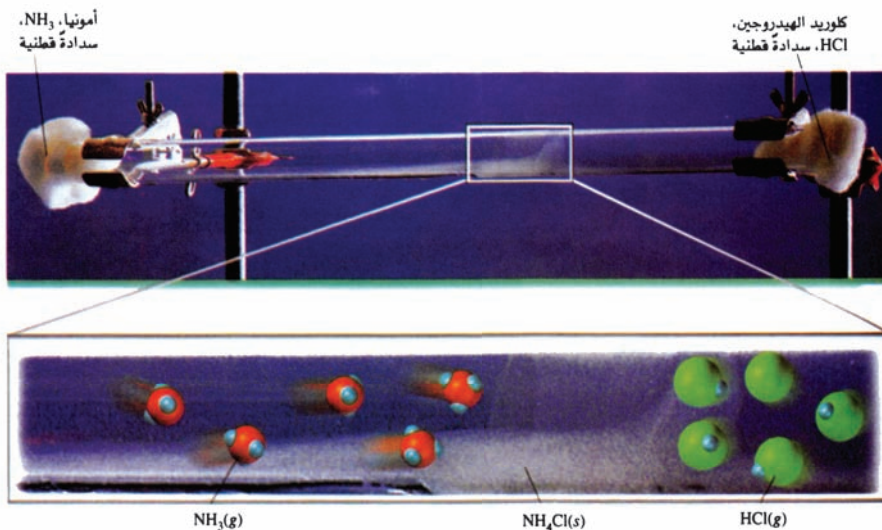
$$\frac{r_{H_2}}{r_{O_2}} = \sqrt{\frac{\rho_{O_2}}{\rho_{H_2}}} = \sqrt{\frac{M_{O_2}}{M_{H_2}}}$$

حيث  $r_{H_2}$  و  $\rho_{H_2}$  و  $M_{H_2}$  هي سرعة وكثافة والكتلة المولية لغاز الهيدروجين على الترتيب اما  $r_{O_2}$  و  $\rho_{O_2}$  و  $M_{O_2}$  هي الكميات المناظرة بالنسبة الى غاز الاكسجين .



### هل تعلم

ينتشر غاز البروم في هواء الاسطوانة الموجود فيها بعد تركه لعدة ساعات ..



الكتلة المولية لغاز كلوريد الهيدروجين  $36.5 \text{ g/mol}$  ولغاز الامونيا  $17 \text{ g/mol}$  لذلك سرعة انتشار غاز الامونيا تكون اسرع من كلوريد الهيدروجين .

إذا علمت ان سرعة انتشار غاز الاوكسجين خلال حاجز مسامي يساوي 8 mL/s فما سرعة انتشار غاز الهيدروجين خلال نفس الحاجز علماً بان كثافة غاز الاوكسجين تساوي 1.44 g/L وكثافة غاز الهيدروجين تساوي 0.09 g/L خلال نفس الظروف من ضغط ودرجة حرارة .

**الحل :**

$$\frac{r_{H_2}}{r_{O_2}} = \sqrt{\frac{\rho_{O_2}}{\rho_{H_2}}}$$

$$\frac{r_{H_2}}{8 \text{ mL/s}} = \sqrt{\frac{1.44 \text{ g/L}}{0.09 \text{ g/L}}}$$

$$\frac{r_{H_2}}{8 \text{ mL/s}} = \sqrt{16}$$

$$r_{H_2} = 32 \text{ mL/s}$$

سرعة انتشار غاز الهيدروجين

تمرين (2-18)

سرعة انتشار غاز  $O_2$  تساوي 8 mL/s وسرعة انتشار غاز الهيدروجين 32 mL/s. فما الكتلة المولية للهيدروجين اذا علمت ان الكتلة المولية من  $O_2$  تساوي 32 g/mol .

عينة من غاز النتروجين انتشرت خلال ثقب صغير بمعدل انتشار مقداره 2.65 mL/s. احسب معدل سرعة انتشار غاز  $NH_3$  عند خروجه من نفس الثقب. علماً بان الكتلة المولية من  $N_2$  تساوي 28 g/mol و  $NH_3$  يساوي 17 g/mol .

**الحل :**

$$\frac{r_{N_2}}{r_{NH_3}} = \sqrt{\frac{M_{NH_3}}{M_{N_2}}}$$

$$\frac{2.65 \text{ mL/s}}{r_{NH_3}} = \sqrt{\frac{17 \text{ g/mol}}{28 \text{ g/mol}}}$$

بالتربيع للطرفين نحصل على

$$\frac{7.0225}{r_{NH_3}^2} = \frac{17}{28}$$

$$r_{NH_3}^2 = 11.56 \text{ (ml/s)}^2$$

$$r_{NH_3} = 3.40 \text{ ml/s}$$

بالجذر للطرفين

سرعة انتشار غاز الامونيا

## 2-10-1 العلاقة بين الانتشار وزمن الانتشار

عندما ينتشر حجم معين من غاز فانه يستغرق زمنا معيناً وان سرعة انتشار اي غاز في درجة حرارة وضغط معينين يتناسب عكسياً مع الزمن الذي تستغرقه عملية الانتشار لذلك الغاز اي كلما زادت السرعة قل الزمن اللازم للانتشار .

$$\frac{r_1}{r_2} = \frac{t_2}{t_1}$$

اي

حيث ان  $t_1$  و  $t_2$  هي أزمان الانتشار للغاز الاول والثاني على التوالي. ويمكن جمع قوانين كراهم بقانون واحد على الصورة الآتية :

$$\frac{r_1}{r_2} = \frac{t_2}{t_1} = \sqrt{\frac{\rho_2}{\rho_1}} = \sqrt{\frac{M_2}{M_1}}$$

### مثال 2 - 22 :

تنتشر عينة من غاز الهيدروجين خلال ثقب في 5 s وينتشر غاز معين آخر خلال نفس الثقب تحت نفس الظروف في 20 s احسب الكتلة المولية للغاز الثاني اذا علمت ان الكتلة المولية لغاز الهيدروجين تسوي 2 g/mole .

**الحل :**

$$\frac{r_1}{r_2} = \frac{t_2}{t_1}$$

بما ان

$$\frac{t_2}{t_1} = \sqrt{\frac{M_2}{M_1}}$$

وعليه

$$\frac{20 \text{ s}}{5 \text{ s}} = \sqrt{\frac{M_2}{2 \text{ g/mol}}}$$

$$4 = \sqrt{\frac{M_2}{2 \text{ g/mol}}}$$

$$16 = \frac{M_2}{2 \text{ g/mol}}$$

وبالتربيع للطرفين نحصل على

$$M_2 = 32 \text{ g/mol}$$

### تمرين (19-2)

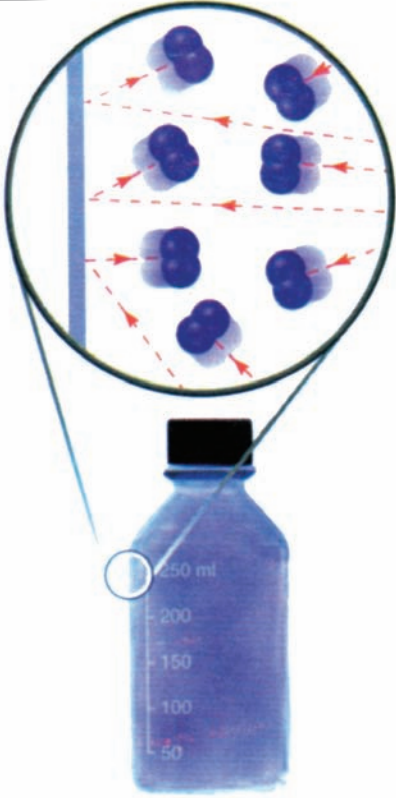
عينة من غاز الزينون يحتاج الى دقيقة و 8.3 ثانية لكي ينتشر من خلال فوهة صغيرة. احسب الكتلة المولية لغاز اذا علمت ان الزمن الذي استغرقه في الانتشار من نفس الفوهة وتحت نفس الظروف كان 57 s علما بان الكتلة المولية من غاز الزينون Xe تسوي 131.3 g/mol .

### تمرين (20-2)

علل انتشار جزيئات الامونيا بسرعة اكبر من جزيئات الروائح والعطور .

هل تعلم

ان جزيئات الغاز تتحرك في خطوط مستقيمة الى ان تصادم مع بعضها او تصادم بجدران الاناء .



ان قوانين الغازات التي شرحت سابقا كانت نتيجة اعمال تجريبية قام بها العلماء آنذاك، أي أنها لم تشتق أو توضح من خلال نظرية معينة. وقد جرت محاولات عديدة لتفسير وشرح سلوك الغازات من الناحية النظرية أنتجت علاقة بين النظرية والمعلومات التجريبية من خلال عدد من الفرضيات التي وصفت الغازات ومنها :

- 1 - أن الغازات تتكون من عدد كبير من الجزيئات، وان حجم الجزيئة صغير يمكن اهماله مقارنة بالحجم الذي يشغله الغاز. اي ان المسافة التي تفصل بين الجزيئات كبيرة نسبيا .
- 2 - جزيئات الغاز في حالة حركة سريعة وعشوائية وبخطوط مستقيمة، وهي في حركتها هذه تصطم مع بقية جزيئات الغاز وبجدران الوعاء الحوي لها.
- 3 - لا يوجد تجاذب أو تنافر بين جزيئات الغاز.
- 4 - ان الضغط الذي ينتجه الغاز ناتج من التصادمات التي تحدثها جزيئاته مع جدران الوعاء الذي يحتويها.
- 5 - ان لجزيئات الغاز سرع مختلفة، وان معدل سرعة حركة الجزيئات يتناسب طرديا مع درجة الحرارة المطلقة للغاز.

هل تعلم

ان متوسط عدد الاصطدامات بين جزيئات الهواء في ثانية واحدة قرب مستوى سطح البحر يبلغ 7 مليارات اصطدام في المتر المربع وان متوسط عدد الاصطدامات هذه يصبح على ارتفاع 600 Km من سطح البحر حوالي تصادم واحد كل دقيقة.

يطلق على الغاز الذي يطيع قوانين الغازات او المعادلة العامة للغازات تحت كل الظروف من درجة الحرارة والضغط بالغاز المثالي وفي الحقيقة لا وجود للغاز المثالي، حيث ان الغازات تعاني في سلوكها من حيود محسوس عن الحالة المثالية، وان الحالة المثالية تظهر فقط في ظروف معينة من درجات الحرارة والضغط ( ان الغازات التي تحيد عن السلوك المثالي تسمى بالغازات الحقيقية او غير المثالية ) .

ان حيود الغازات الحقيقية يأتي من افتراضين خاطئين من فرضيات النظرية الحركية للغازات (وهذا لربما يكون صحيحاً عند الضغوط الواطئة) وهما :

1 - ان الحجم الذي يشغله الجزيء معوم مقارنة بالحجم الكلي للغاز، لكن جزيئات الغاز يجب ان تشغل حجم معين في الضغوط العالية والافانه لا يمكن تحويل الغاز الى سائل او صلب .

2 - لا وجود لقوى التجاذب بين جزيئات الغاز، لكن لجزيئات الغاز فيما بينها قوى تجاذب والا لما اقتربت جزيئات الغاز من بعضها ولم يتحول الغاز الى سائل أو صلب .  
ومع هذا فانه بالامكان تطبيق قوانين الغازات المثالية على الغازات الحقيقية للحصول على نسب متفلوطة من الدقة تزداد بزيادة درجة الحرارة وتناقص الضغط وبالعكس .

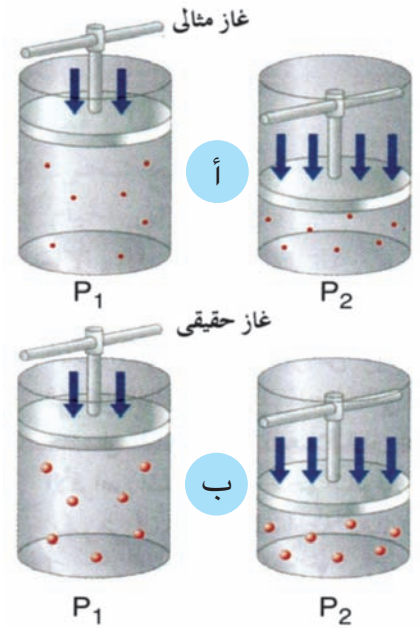
## 2 - 13 الظواهر الحرجة وتسييل الغازات

طبقا للنظرية الحركية للغازات فان جزيئات الغاز تكون بحالة حركة عشوائية، وعندما تكون درجة الحرارة عالية والضغط منخفض فان كل جزيء من الغاز تتحرك بحرية تامة ولا تتأثر بالجزيئات الاخرى. وعند خفض درجة الحرارة، فان الطاقة الحركية لجزيئات الغاز تقل وتصبح حركة الجزيء بطيئة، وعند الوصول الى درجة منخفضة كافية فان الغاز يتحول الى سائل. وبالمقابل فمن الممكن جعل جزيئات الغاز تقترب من بعضها اكثر فاكثر من خلال زيادة الضغط، حيث ان زيادة الضغط تؤدي الى نقصان الحجم. وباستمرار زيادة الضغط وتناقص الحجم يتحول الغاز الى سائل.

ان درجة الحرارة والضغط الذين يتحول فيهما الغاز الى سائل في اعلاه يديان بدرجة الحرارة الحرجة (Critical Temperature) والضغط الحرج (Critical Pressure) وعليه يمكن تعريف درجة الحرارة الحرجة على انها تلك الدرجة الحرارية التي لا يمكن تحويل غاز درجة حرارته اعلى منها الى سائل مهما زاد الضغط المسلط عليه. اما الضغط الحرج فيمكن تعريفه بانه الضغط اللازم تسليطه على غاز في درجة الحرارة الحرجة لكي يتحول الى سائل بالاضافة الى ذلك، يوجد تعبير اخر يسمى الحجم الحرج Critical Volume والذي يعرف بانه حجم مول واحد من الغاز في الدرجة الحرارية الحرجة والضغط الحرج.

### تمرين (21-2)

فسر معنى الجملة الاتية ( لا يسلك اي غاز السلوك المثالي عند جميع درجات الحرارة والضغوط ) عند اي ظروف تسلك الغازات الحقيقية سلوك الغازات المثالية ولماذا ؟



أ - غاز مثالي ( يفترض ان الجزيئات متناهية الابعاد اي ليس لها حجم ) .  
ب - غاز حقيقي ( الجزيئات للغاز لها حجم ) .



والجدول (2-2) يعطي امثلة لدرجات الحرارة الحرجة والضغط الحرجة لعدد من الغازات.

**الجدول 2-2** درجات الحرارة والضغط الحرجة لعدد من الغازات

الغاز	درجة الحرارة الحرجة (°C)	الضغط الحرج (atm)
هيليوم	- 267.9	2.26
هيدروجين	- 239.9	12.8
نتروجين	- 147	33.5
اوكسجين	- 118.4	50.1
ثنائي اوكسيد الكربون	+31	50.1



### هل تعلم

**الكريوستات:** هي اوعية لحفظ الغازات المسالة ونقلها ويمنع تصميمها انتقال الحرارة من الوسط المحيط الى السائل البارد جدا الذي في داخله والكريوستات الاكثر استخداما تسمى قارورات ديوار Dewar Flasks نسبة للعالم الاسكتلندي جيمس ديوار الذي قام بتصميمها في عام 1892 وهي اوعية مزدوجة الجدران يفصلها فراغ وتشبه في ذلك الترمس المعروف الذي يستخدم لنقل المشروبات الباردة والساخنة. الكريوستات اوزانها خفيفة جدا بالمقارنة باسطوانات الغاز المضغوط وحجم اي مادة معينة في الحالة السائلة اصغر بكثير منها في الحالة الغازية حتى لو كان ضغط الغاز مرتفعا لهذه الاسباب يتم تخزين الكثير من الغازات ونقلها في الحالة السائلة بدلا من كونها في الحالة الغازية.

## 2 - 14 ضغط بخار السائل

اذا اردنا ان نختبر سائل في حيز مغلق (شكل 2-4) (بدرجة حرارة ثابتة)، فاننا سنجد بعض جزيئات السائل تغادر السطح الى الحيز الذي فوقه تلقائيا. وبما ان الحيز مغلق فان جزيئات البخار غير قادرة على الهروب خارج الحيز، لذلك فان هذه الجزيئات تصطدم مع بعضها ومع جدار الحيز، وبالتالي فان بعض هذه الجزيئات سوف تفقد طاقتها الى جزيئة اخرى ثم ترجع الى الحالة السائلة. ان الحالة الاولى تدعى بالتبخير (Evaporation) بينما تدعى الحالة الثانية بالتكثيف (Condensation). تنتج الجزيئات في الحالة البخارية ضغطاً، وعند التوازن يصبح هذا الضغط صفة مميزة للسائل يسمى الضغط البخاري (Vapour Pressure) للسائل، والذي يمكن تعريفه بانه **الضغط الذي تنتجه جزيئات البخار التي هي في حالة توازن مع جزيئات السائل بدرجة حرارة معينة.**



الشكل 2-4

في الاناء المفتوح تغادر جزيئات السائل الاناء عند التسخين (تبخير).  
بينما تبقى جزيئات السائل في الاناء المغلق داخل الاناء عند التسخين (تكثيف).

تؤدي زيادة درجة الحرارة الى زيادة في الطاقة الحركية لجزيئات السائل، وهذه الزيادة تقلل قوة التجاذب بين هذه الجزيئات فيزداد عدد الجزيئات التي تغادر سطح السائل الى الحيز الذي فوقه مما يؤدي الى زيادة الضغط البخاري للسائل. وعندما يتساوى الضغط البخاري للسائل مع الضغط الجوي فان السائل يبدأ بالغليان وعليه فان درجة غليان السائل هي **الدرجة الحرارية التي يتساوى عندها ضغط بخار السائل مع الضغط الجوي .**

#### هل تعلم

الصفـر المطلق (Absolute Zero) 0 K هي درجة الحرارة التي تسلوي  $-273^{\circ}\text{C}$  وهذه الدرجة يفترض ان يكون عندها حجم الغاز يسـلوي صفر (على الاقل من الناحية النظرية) ولكن هذا لا يدرك في الواقع العملي حيث ان الغازات تتم اسالتها قبل ذلك او تتحول احيانا الى الحالة الصلبة كما في غاز ثنائي اوكسيد الكربون. وعمليا لم يتم التوصل الى درجة الصفر المطلق واقل درجة حرارة توصل اليها العلماء هي درجة حرارة الهيليوم السائل وتبلغ  $-269^{\circ}\text{C}$  .



## اسئلة الفصل الثاني

ملاحظة: عند الحاجة للكتل الذرية في بعض الاسئلة راجع ذلك في جداول نهاية الكتاب

6.2 في احدي التجارب لتحضير غاز الهيدروجين من تفاعل عنصر المغنيسيوم مع حامض الهيدروكلوريك تم جمع 45 mL من غاز  $H_2$  فوق سطح الماء بدرجة حرارة  $25^\circ C$  وتحت ضغط 754 Torr. اذا كان الضغط البخاري للماء (الضغط الجزئي لبخار الماء في الهواء مشبع ببخار الماء) بدرجة  $25^\circ C$  هو 23.8 Torr احسب عدد مولات غاز  $H_2$  التي تم جمعها في هذه التجربة .

7.2 خليط من الغازات يحتوي على 78% مول نتروجين و22% مول اوكسجين. فاذا علمت ان الضغط الكلي للخليط 1.12 atm. احسب الكسر المولي لكل مكون . وماهو الضغط الجزئي لكل مكون من مكونات الخليط .

8.2 لجزيئات الفلور معدل سرعة مقدارها 0.038 m/s تحت شروط معينة من درجة حرارة وضغط. ما معدل سرعة جزيئات غاز ثنائي اوكسيد الكبريت  $SO_2$  تحت الشروط نفسها .

9.2 اختر الجواب المناسب :

1 - نموذج من غاز نقي ذو كثافة 1.6 g/L بدرجة  $26^\circ C$  وضغط 680.2 mmHg. اي من الغازات الاتية هو النموذج ؟

أ -  $CH_4$  ب -  $C_2H_6$  ج -  $CO_2$  د -  $SF_6$

2 - الحجم المولي لغاز He هو 51.4 L/mol عند :

1.2 اسطوانة محرك سيارة (حجرة الاحتراق) ذات حجم مقداره 0.5 L ملئت بمزيج بخار البنزين والهواء تحت ضغط 1 atm. ما هو الضغط الواجب تسليطه على هذا المزيج ليصبح حجمه 57 mL قبل اشعاله بواسطة شمعة القدح؟ (اعتبر مزيج بخار البنزين والهواء عبارة عن غاز واحد).

2.2 بالون مليء بالهيليوم حجمه 50 L عند درجة حرارة  $25^\circ C$  وتحت ضغط 1.08 atm ما حجم البالون بعد ارتفاعه الى مستوى يصبح فيه الضغط 0.885 atm ودرجة الحرارة  $10^\circ C$  .

3.2 عينة من غاز سداسي فلوريد الكبريت  $SF_6$  تشغل حجما قدره 200 mL بدرجة حرارة  $27^\circ C$  وضغط 570 atm . احسب حجمها في الظروف القياسية (STP) .

4.2 ما هو الحجم التي تشغله 5 g من غاز الاستيلين  $C_2H_2$  ( احد مكونات الشعلة الاوكسي استيلينية ) بدرجة  $50^\circ C$  وتحت ضغط 740 Torr ؟

5.2 تشغل 3.7 g من غاز معين بدرجة  $25^\circ C$  نفس الحجم الذي يشغله 0.184 g من غاز الهيدروجين بدرجة  $17^\circ C$  وتحت نفس الضغط. احسب الكتلة المولية للغاز ؟

7- اناء يحتوي على ثلاث غازات لا يحصل بينهما تفاعل حجمه 1 L ، لذا فان ضغط الغاز الاول يساوي:

أ - ثلث الضغط الكلي

ب - الضغط الكلي مطروحا منه الضغوط

الجزئية للغازات الاخرى

ج - عدد جزيئاته

د - الضغط الجوي دائما

8 - اذا علمت ان حجم كتلة معينة من

غاز يساوي  $117 \text{ cm}^3$  عند درجة  $39^\circ\text{C}$  فان

حجم الغاز يساوي  $213 \text{ cm}^3$  عند درجة

حرارة :

أ -  $39^\circ\text{C}$

ب -  $78^\circ\text{C}$

ج -  $395^\circ\text{C}$

د -  $295^\circ\text{C}$

9 - غاز معين يشغل حجما قدره 20 L

عند 760 mmHg وعند ضغط 38 mmHg

فانه يشغل حجما قدره:

أ - 10 L

ب - 20 L

ج - 40 L

د - 400 L

10 - في واحدة من الظروف الاتية يكون

لكتلة 2 g من غاز الهيدروجين حجما

اكبر:

أ -  $0^\circ\text{C}$  وضغط 1 atm

ب -  $273^\circ\text{C}$  وضغط 380 mmHg

ج -  $273^\circ\text{C}$  وضغط 120 mmHg

د -  $17^\circ\text{C}$  وضغط 700 mmHg

أ - درجة حرارة  $25^\circ\text{C}$  وضغط 0.25 atm

ب - درجة حرارة  $0^\circ\text{C}$  وضغط 0.50 atm

ج - درجة حرارة  $300^\circ\text{C}$  وضغط 1.00 atm

د - درجة حرارة  $40^\circ\text{C}$  وضغط 0.50 atm

3 - تحت نفس درجة الحرارة، تكون سرعة

انتشار غاز  $\text{O}_2$  مساوية لـ :

أ - 4 أمثال سرعة غاز He

ب - 2.08 أمثال سرعة غاز He

ج - 0.35 أمثال سرعة غاز He

د - 0.125 أمثال سرعة غاز He

4 - ان عدد مولات غاز He التي تشغل 22.4 L

عند درجة حرارة  $30^\circ\text{C}$  وضغط 1 atm هي :

أ - 0.11 mol

ب - 1.00 mol

ج - 0.90 mol

د - 1.11 mol

5 - يشغل غاز حجما مقداره 430 mL بدرجة

حرارة  $28.2^\circ\text{C}$  وتحت ضغط 754.2 Torr فاذا

برد الغاز الى  $20^\circ\text{C}$  ، فان ضغط الغاز مقاسا

بالـ Torr هو :

أ - 534.9 Torr

ب - 733.7 Torr

ج - 775.3 Torr

د - 842.3 Torr

6 - يمكن تطبيق قانون شارل عند :

أ - تغير الضغط

ب - ثبوت درجة الحرارة

ج - مدى معين من درجات الحرارة

د - الضغوط المنخفضة جدا

11 - ينتشر غاز (X) بسرعة تعادل 3.1 بقدر سرعة انتشار غاز الفلور كتلته المولية تسوي 19 g/mole ، لذا فان الكتلة المولية التقريبية لغاز (X) هو :

- أ - 4 g/mol
- ب - 2 g/mol
- ج - 6 g/mol
- د - 10 g/mol

10.2 ما كتلة غاز  $Cl_2$  بالغرامات موجود في خزان حجمه 10 L عند درجة حرارة  $27^\circ C$  وتحت ضغط 3.05 atm علما بان الكتلة الذرية له تسوي 35.5 g/mol .

11.2 ما الكتلة المولية لعينة غاز كتلتها 1.25 g وحجمها 1 L تحت ضغط 0.961 atm وعند درجة حرارة  $27^\circ C$  .

12.2 بالون ارساد جوي يحتوي على 250 L غاز الهيليوم عند  $22^\circ C$  وتحت ضغط 740 mmHg. يتغير حجم هذا البالون تبعا للظروف الجوية وينفجر عندما يصل حجمه 400 L وضغط 0.475 atm ، فعند اي درجة سيليزية سينفجر.

13.2 فسر الاجابة

1 - اذا قمت برحلة بدراجتك في احد ايام الصيف شديد الحرارة . هل تتوقع ان يرتفع الضغط داخل اطار دراجتك في بداية الرحلة ام نهايتها .

2 - اذا سمحت بتسريب بعض الهواء من الاطار المنفوخ تماما في دراجتك بعد استعمالها فهل هذا الهواء سيكون باردا ام دافئا .

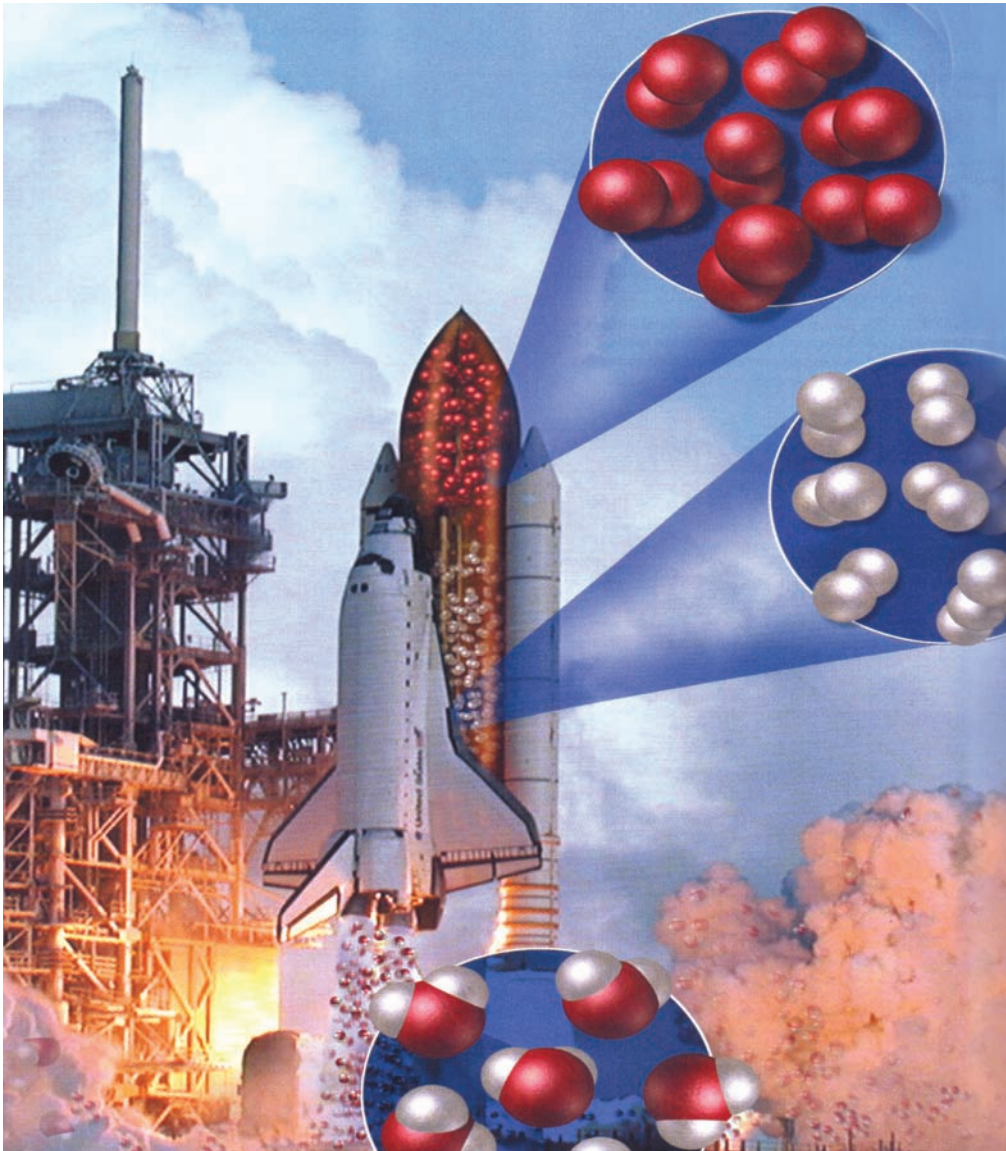
3 - لو سلكت الغازات جميعا في مختلف الشروط من درجة الحرارة والضغط سلوكا وكأنها مثالية عندها لن تكون هناك حالات سائلة ام صلبة للمادة.

4 - في درجة حرارة واحدة فان معدل انتشار احادي اوكسيد الكربون وغاز النتروجين متماثل عمليا 14.2 تحتوي علبة ملطف جو على غازات تحت ضغط 4.5 atm وعند درجة حرارة  $20^\circ C$  فاذا تركت هذه العلبة في جو حار وعلى الرمل يرتفع ضغط الغازات داخل العلبة الى 4.8 atm ما درجة حرارة الرمل (بالدرجة السيليزية).

15.2 عينة من غاز الاوكسجين تحت ضغط 0.97 atm سخنت من  $21^\circ C$  الى  $68^\circ C$  تحت حجم ثابت احسب الضغط النهائي بوحدات atm.

16.2 احسب الحجم الابتدائي لغاز تحت ضغط 0.85 atm ودرجة حرارة  $66^\circ C$  حيث يتمدد بالنهاية الى 94 mL عندما يكون الضغط المسلط عليه 0.6 atm ودرجة الحرارة  $25^\circ C$  .

17.2 خليط من ثلاث غازات،  $CO_2$  بضغط جزئي 289 mmHg و  $O_2$  بضغط جزئي 342 mmHg و  $N_2$  بضغط جزئي 122 mmHg. ماهو الضغط الكلي للخليط والكسر المولي لكل غاز في الخليط.



بعد الانتهاء من دراسة هذا الفصل يكون الطالب قادراً على ان :-

- يتوصل الى مفهوم المعادلة الكيميائية.
- يكتب المعادلة الكيميائية ويضيف الرموز التي تدل على طبيعة المواد وظروف التفاعل.
- يعرف المعلومات التي تعطيها المعادلة الكيميائية المتوازنة.
- يحسب عدد المولات من معادلة التفاعل.
- يحسب كتل المواد من معادلة التفاعل.
- يحسب حجوم الغازات من معادلة التفاعل.
- يعين المادة المتفاعلة المحددة للنتاج ، والمادة التي تكون بكمية كبيرة.
- يحسب النسبة المئوية للنتاج.

ان للحسابات الكيميائية اهمية بالغة في حياتنا ، حيث تحدد نسب المواد المتفاعلة والنااتجة في التفاعل الكيميائي . ان معرفتنا للنسبة التي تتفاعل فيها المواد المختلفة تمكننا من حساب كمية المواد الناتجة، او مقدار مايلزم من احدى المواد المتفاعلة لتتفاعل مع كمية معينة من مادة اخرى. يعتمد الكيميائيون في حساب كميات المواد المتفاعلة والنااتجة على المعادلة الكيميائية الموزونة . وسنتطرق في هذا الفصل الى كيفية الاستفادة من المعادلة الكيميائية الموزونة في اجراء الحسابات الكيميائية لمعرفة النسب الكمية الصحيحة للمواد المتفاعلة بالاضافة الى حساب كميات المواد الناتجة من التفاعل .

### 3 - 2 المعادلة الكيميائية ومدلولها

**المعادلة الكيميائية :** هي طريق مختصر للتعبير عن تفاعل كيميائي بدلالة الرموز والصيغ الكيميائية. ويبين الجدول (3-1) الرموز المستخدمة في كتابة المعادلة الكيميائية والتي بواسطتها يمكن الحصول على معلومات اضافية تساعدنا في اجراء الحسابات الكيميائية.

**الجدول 1-3** الرموز المستخدمة في كتابة المعادلة الكيميائية

الرمز	استخدامه
→	الفصل بين المواد المتفاعلة والمواد الناتجة للتفاعل
(s)	للدلالة على المادة الصلبة، وهو مختصر لكلمة Solid
(l)	للدلالة على المادة السائلة، وهو مختصر لكلمة Liquid
(g)	للدلالة على المادة الغازية، وهو مختصر لكلمة Gas
(aq)	للدلالة على المحلول المائي، وهو مختصر لكلمة aqueous
حرارة او Δ	للدلالة على تسخين المواد المتفاعلة.
→ Pt →	للدلالة على استخدام عامل مساعد (البلاتين)، ويمكن كتابة العامل المساعد تحت السهم ايضاً.

### 3 - 3 المعلومات التي تعطيها المعادلة الكيميائية المتوازنة

يمكن الحصول على معلومات عديدة من معادلة التفاعل المتوازنة ، كما في تفاعل تحضير غاز الامونيا حسب المعادلة الاتية :



والتي نحصل منها على المعلومات المدرجة في الجدول ( 2 - 3 ) :

الجدول 2-3 المعلومات التي نحصل عليها من المعادلة

غاز النيتروجين $\text{N}_2 (\text{g})$	غاز الهيدروجين $3\text{H}_2 (\text{g})$	غاز الامونيا $2\text{NH}_3 (\text{g})$	1 - معرفة طبيعة المواد المتفاعلة والنواتجة
1 جزيء	3 جزيء	2 جزيء	2 - معرفة العدد النسبي للجزيئات
1 مول	3 مول	2 مول	3 - معرفة العدد النسبي للمولات
28 g	6 g	34 g	4 - معرفة النسبة بين كتل المواد
1 حجم	3 حجم	2 حجم	5 - معرفة النسبة بين حجوم الغازات اذا كانت جميعها مقاسة تحت نفس الظروف من ضغط ودرجة حرارة
22.4 L	67.2 L	44.8 L	معرفة النسبة بين حجوم الغازات اذا كانت مقاسة تحت الظروف القياسية (STP)

توضيح النقاط في الجدول ( 2 - 3 ) :

#### 1 - معرفة طبيعة المواد المتفاعلة والنواتجة

يدل الرمز (g) على ان المادة بشكل غاز ، اي ان المعادلة تعبر عن تفاعل غاز النيتروجين مع غاز الهيدروجين لتكوين غاز الامونيا.



## 2 - معرفة العدد النسبي للجزيئات

ان الصيغة الجزيئية تعبر عن جزيء واحد من المادة، اي ان التفاعل بين جزيء واحد من النروجين  $N_2$  مع ثلاث جزيئات من الهيدروجين  $3H_2$  لتكوين جزيئين من الامونيا  $2NH_3$  .

ان النسبة بين عدد جزيئات  $N_2$  الى  $H_2$  هي 1 : 3

وان النسبة بين عدد جزيئات  $N_2$  الى  $NH_3$  هي 1 : 2

وان النسبة بين عدد جزيئات  $H_2$  الى  $NH_3$  هي 3 : 2

وهكذا بقية النسب .

## 3 - معرفة العدد النسبي للمولات

يمكن استخدام (المول) بدل (جزيء) للتعبير عن المادة،

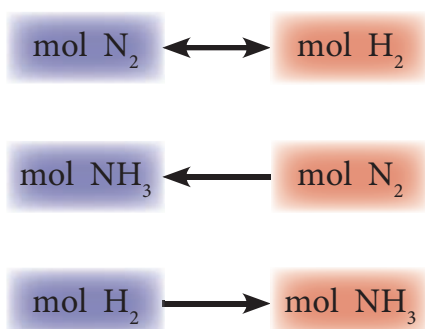
فتكون

النسبة بين عدد مولات  $N_2$  الى  $H_2$  هي 1 : 3 أو  $\frac{1 \text{ mol } N_2}{3 \text{ mol } H_2}$  .

والنسبة بين عدد مولات  $NH_3$  الى  $N_2$  هي  $\frac{2 \text{ mol } NH_3}{1 \text{ mol } N_2}$  .

والنسبة بين عدد مولات  $H_2$  الى  $NH_3$  هي  $\frac{3 \text{ mol } H_2}{2 \text{ mol } NH_3}$  .

وهكذا بقية النسب .



ان استبدال الجزيء بالمول يمكن توضيحه كما يأتي :

نلاحظ في التفاعل ان جزيء واحد من  $N_2$  يتفاعل مع ثلاث جزيئات من  $H_2$  لتكوين جزيئين من  $NH_3$ ، واذا ضربنا طرفي المعادلة بعدد افوكادور فنحصل على :

تفاعل عدد افوكادور من جزيئات  $N_2$  مع  $3 \times$  عدد افوكادور من جزيئات  $H_2$  لتكوين  $2 \times$  عدد افوكادور من جزيئات  $NH_3$ ، ولما كان عدد افوكادور من جزيئات اية مادة يمثل مول واحد من تلك المادة لذلك يمكن القول بان :

مول واحد من  $N_2$  يتفاعل مع ثلاثة مولات من  $H_2$  لتكوين مولين من  $NH_3$  .



#### 4 - معرفة النسبة بين كتل المواد

تحسب كتلة المادة في معادلة التفاعل من معرفة عدد المولات والكتلة المولية وبتطبيق القانون الآتي :

$$m(g) = n(\text{mol}) \times M(g/\text{mol})$$

حيث:  $m(g)$  = الكتلة بالغرام

$n(\text{mol})$  = عدد المولات

$M(g/\text{mol})$  = الكتلة المولية

حساب كتلة  $N_2$  في معادلة التفاعل: نحسب أولاً الكتلة المولية لـ  $N_2$  من جدول الكتل الذرية \*

$$M(N_2) = 2 \times 14 = 28 \text{ g/mol}$$

ثم نحسب كتلة  $N_2$  في معادلة التفاعل بتطبيق القانون:

$$m(g) = n(\text{mol}) \times M(g/\text{mol})$$

$$m(g) = 1 \text{ mol} \times 28 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 28 \text{ g } N_2$$

ولحساب كتلة  $H_2$  في معادلة التفاعل نتبع نفس طريقة حساب كتلة  $N_2$ ، نحسب أولاً الكتلة المولية لـ  $H_2$  من جدول الكتل الذرية

$$M(H_2) = 2 \times 1 = 2 \text{ g/mol}$$

ثم نحسب كتلة  $H_2$  في معادلة التفاعل

$$m(g) = 3 \text{ mol} \times 2 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 6 \text{ g } H_2$$

وبنفس الطريقة نحسب كتلة  $NH_3$ ، حيث نحسب أولاً الكتلة المولية لـ  $NH_3$

$$M(NH_3) = (1 \times 14) + (3 \times 1) = 17 \text{ g/mol}$$

ثم نحسب كتلة  $NH_3$  من معادلة التفاعل

$$m(g) = 2 \text{ mol} \times 17 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 34 \text{ g } NH_3$$

\* عزيزي الطالب يمكنك الحصول على قيم الكتل الذرية للعناصر من الجدول (3) في نهاية الكتاب عند حلك للامثلة والتمارين والاسئلة .

#### تمرين (1-3)

احسب الكتلة بالغرام لكل مما يأتي:

أ - 1.75 mol من الماء .

ب - 14.8 mol من حامض الكبريتيك .

النسبة بين كتلة  $\text{NH}_3$  الى  $\text{N}_2$   $\frac{34 \text{ g NH}_3}{28 \text{ g N}_2} = \text{N}_2$  وهكذا بقية النسب.  
 مجموع كتل المواد المتفاعلة :  $28 \text{ g N}_2 + 6 \text{ g H}_2 = 34 \text{ g}$

كتلة المواد الناتجة :  $34 \text{ g NH}_3$

∴ مجموع كتل المواد المتفاعلة يساوي مجموع كتل المواد الناتجة وهذا يتفق مع قانون حفظ الكتلة

## 5- معرفة النسبة بين حجوم الغازات

يمكن التعبير عن حجم الغاز بأية وحدة للحجم مثل لتر (L) او مللتر (mL) ، أو سنتيمتر مكعب ( $\text{cm}^3$ ) ،

النسبة بين حجم  $\text{H}_2$  الى  $\text{N}_2$   $\frac{3 \text{ L H}_2}{1 \text{ L N}_2} = \text{N}_2$  وهكذا بقية النسب .

### تمرين (2-3)

احسب حجم ثلاث مولات من غاز ثنائي اوكسيد الكربون و  $2.75 \text{ mol}$  من غاز كبريتيد الهيدروجين بوحدة اللتر تحت الظروف القياسية (STP).

وكما مر علينا سابقاً في الفصل الاول والثاني ان مول واحد من اي غاز يحتل حجماً مقداره  $22.4 \text{ L}$  ( $22400 \text{ mL}$ ) تحت الظروف القياسية وعليه يحسب حجم الغاز مقاس تحت الظروف القياسية (STP) بتطبيق القانون الآتي :

$$V(\text{L}) = n (\text{mol}) \times 22.4 \left( \frac{\text{L}}{\text{mol}} \right)$$

نحسب حجم  $\text{N}_2$ :

$$V_{\text{N}_2} = 1 (\text{mol}) \times 22.4 \left( \frac{\text{L}}{\text{mol}} \right) = 22.4 \text{ L}$$

نحسب حجم  $\text{H}_2$ :

$$V_{\text{H}_2} = 3 (\text{mol}) \times 22.4 \left( \frac{\text{L}}{\text{mol}} \right) = 67.2 \text{ L}$$

نحسب حجم  $\text{NH}_3$ :

$$V_{\text{NH}_3} = 2 (\text{mol}) \times 22.4 \left( \frac{\text{L}}{\text{mol}} \right) = 44.8 \text{ L}$$

مجموع حجوم الغازات المتفاعلة :

$$22.4 \text{ L N}_2 + 67.2 \text{ L H}_2 = 89.6 \text{ L}$$

$$44.8 \text{ L NH}_3$$

حجم الغاز الناتج

لا يشترط ان تتساوى حجوم الغازات المتفاعلة مع حجوم الغازات الناتجة وذلك بسبب اختلاف كثافات الغازات .

3 - 4 - 1 حساب عدد المولات :

يمكن حساب عدد المولات المجهولة لاية مادة متفاعلة او ناتجة في معادلة التفاعل من عدد مولات مادة اخرى معلومة في المعادلة الكيميائية الموزونة ، ومن نسبة عدد المولات للمادتين من معادلة التفاعل الموزونة والتي تسوي :

$$\frac{\text{عدد مولات المادة المجهولة}}{\text{عدد مولات المادة المعلومة}}$$

مثال 3 - 1 :

للتفاعل الآتي :



احسب : أ : عدد مولات  $\text{H}_2$  الناتجة من تفاعل 0.145 mol من Na

ب : عدد مولات  $\text{H}_2\text{O}$  اللازمة لتكوين 0.75 mol من NaOH

الحل :

المعلوم : 0.145 mol Na و 0.75 mol NaOH

المجهول : mol  $\text{H}_2$  و mol  $\text{H}_2\text{O}$

أ - معامل التحويل :

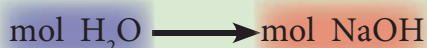


$$\frac{1 \text{ mol H}_2}{2 \text{ mol Na}}$$

عدد مولات  $\text{H}_2$  الناتجة من تفاعل 0.145 mol من Na تسوي

$$= 0.145 \text{ mol Na} \times \frac{1 \text{ mol H}_2}{2 \text{ mol Na}} = 0.072 \text{ mol H}_2$$

ب - معامل التحويل :



$$\frac{2 \text{ mol H}_2\text{O}}{2 \text{ mol NaOH}}$$

عدد مولات  $\text{H}_2\text{O}$  اللازمة لتكوين 0.75 mol من NaOH تسوي

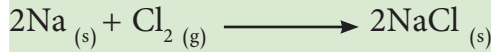
$$= 0.75 \text{ mol NaOH} \times \frac{2 \text{ mol H}_2\text{O}}{2 \text{ mol NaOH}} = 0.75 \text{ mol H}_2\text{O}$$



تفاعل تقطير الماء على الصوديوم، تفاعل شديد يؤدي الى تحرر غاز الهيدروجين واشتعاله مباشرة .

### مثال 3 - 2 :

يتكون كلوريد الصوديوم بواسطة التفاعل التالي الحاصل بين الصوديوم والكلور :



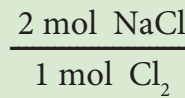
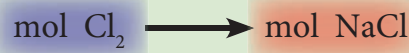
ما عدد مولات NaCl الناتجة من تفاعل 3.4 mol من الكلور تفاعلاً تاماً مع الصوديوم .

#### الحل :

المعلوم : 3.4 mol Cl<sub>2</sub>

المجهول : mol NaCl

معامل التحويل :

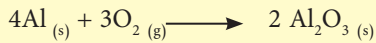


عدد مولات NaCl تسوي

$$= 3.4 \text{ mol Cl}_2 \times \frac{2 \text{ mol NaCl}}{1 \text{ mol Cl}_2} = 6.8 \text{ mol NaCl}$$

### تمرين (3-3)

التفاعل الآتي :



يمثل التفاعل تأكسد الألمنيوم في الهواء وتكوين طبقة من أوكسيده والتي تقي الألمنيوم من استمرار التأكسد

أ - اكتب ثلاث علاقات تعبر كل واحدة منها عن النسبة بين مولات مادتين في المعادلة.

ب - احسب عدد مولات Al اللازمة لتكوين 3.7mol من Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

ج - احسب عدد مولات O<sub>2</sub> اللازمة للتفاعل مع 14.8mol من Al .

### مثال 3 - 3 :

كم عدد مولات أوكسيد الصوديوم التي يمكن تحضيرها من تفاعل 4.8 mol من الصوديوم حسب المعادلة الموزونة الآتية :

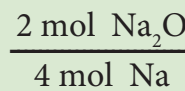
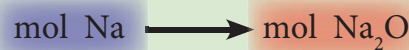


#### الحل :

المعلوم : 4.8 mol Na

المجهول : mol Na<sub>2</sub>O

معامل التحويل :



عدد مولات Na<sub>2</sub>O الناتجة من تفاعل 4.8 mol من الصوديوم تسوي

$$= 4.8 \text{ mol Na} \times \frac{2 \text{ mol Na}_2\text{O}}{4 \text{ mol Na}} = 2.4 \text{ mol Na}_2\text{O}$$

### 3 - 4 - 2 : حساب كتل المواد

نحتاج الى تطبيق ثلاث خطوات هي:

#### الخطوة الاولى:

نحسب عدد مولات المادة التي كتلتها معلومة في المعادلة ولنفترض انها المادة A ، وذلك من حساب كتلتها المولية اولاً من جدول الكتل الذرية للعناصر، ثم نطبق القانون الآتي لحساب عدد مولاتها :

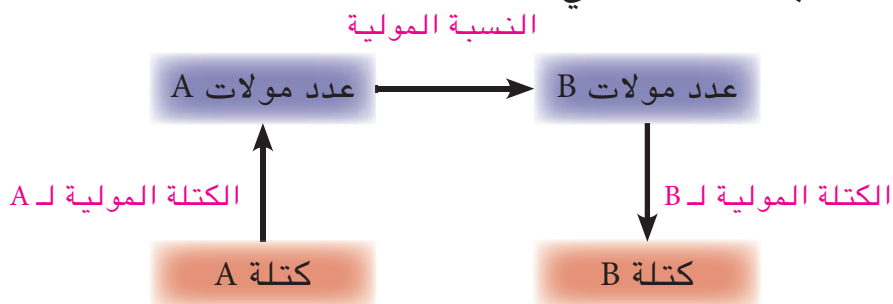
$$n \text{ (mol)} = \frac{m \text{ (g)}}{M \text{ (g/mol)}}$$

#### الخطوة الثانية :

نحسب عدد المولات المجهولة للمادة الاخرى ولنفترض انها B من عدد مولات المادة المعلومة A وبتطبيق القانون الاتي:

$$\text{مولات المادة} = \text{المولات المعلومة للمادة} \times \text{نسبة المولات}$$

او حسب المخطط الاتي :



#### الخطوة الثالثة :

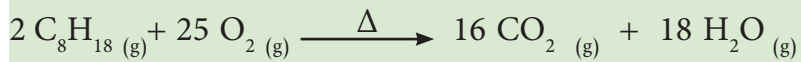
نحسب الكتلة المجهولة للمادة B وذلك من حساب كتلتها المولية اولاً من جدول الكتل الذرية ومن عدد مولاتها المحسوبة في الخطوة الثانية وبتطبيق القانون الآتي:

$$m \text{ (g)} = n \text{ (mol)} \times M \text{ (g/mol)}$$

#### ملاحظة :

- 1- يمكن الاستغناء عن تطبيق الخطوة الاولى والبدء بتطبيق الخطوة الثانية مباشرة، اذا كان المعلوم في المعادلة عدد مولات المادة بدلاً من كتلتها.
- 2- يمكن الاستغناء عن تطبيق الخطوة الثالثة اذا كان المجهول في المعادلة عدد مولات المادة وليس كتلتها.

احسب عدد غرامات  $CO_2$  الناتجة من حرق 500 g من  $C_8H_{18}$  حسب المعادلة الاتية :



**الحل :**

المعلوم : كتلة  $C_8H_{18}$  تساوي 500 g

$$\frac{16 \text{ mol } CO_2}{2 \text{ mol } C_8H_{18}} = \text{نسبة المولات}$$

المجهول : عدد غرامات  $CO_2$

**الخطوة الاولى :** نحسب اولاً الكتلة المولية لـ  $C_8H_{18}$  من جدول الكتل الذرية للعناصر.

$$M ( C_8H_{18} ) = ( 8 \times 12 ) + ( 18 \times 1 ) = 114 \text{ g/mol}$$

ثم نحسب عدد مولات  $C_8H_{18}$  بتطبيق القانون الاتي :

$$n (\text{mol}) = \frac{m (\text{g})}{M (\text{g/mol})}$$

$$n (\text{mol}) = \frac{500 \text{ g}}{114 \text{ g/mol}} = 4.39 \text{ mol } C_8H_{18}$$

**الخطوة الثانية:** نحسب عدد مولات  $CO_2$  الناتجة من تفاعل 4.39 mol من  $C_8H_{18}$  وبتطبيق القانون :

مولات  $CO_2$  = عدد مولات  $C_8H_{18}$  × نسبة عدد المولات للمادتين

$$n (\text{mol}) = 4.39 \text{ mol } C_8H_{18} \times \frac{16 \text{ mol } CO_2}{2 \text{ mol } C_8H_{18}} = 35.12 \text{ mol } CO_2$$

**الخطوة الثالثة:** نحسب اولاً الكتلة المولية لـ  $CO_2$  من جدول الكتل الذرية

$$M ( CO_2 ) = ( 1 \times 12 ) + ( 2 \times 16 ) = 44 \text{ g/mol}$$

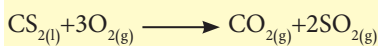
ثم نحسب كتلة  $CO_2$  من تطبيق القانون

$$m (\text{g}) = n (\text{mol}) \times M (\text{g/mol})$$

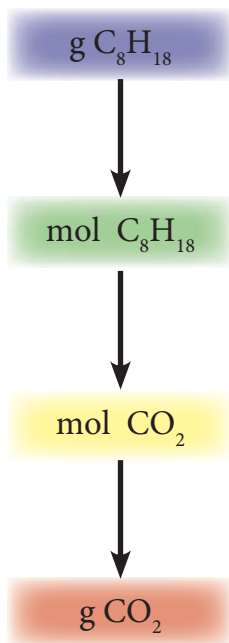
$$m (\text{g}) = 35.12 \text{ mol } CO_2 \times 44 \frac{\text{g}}{\text{mol } CO_2} = 1545 \text{ g } CO_2$$

تمرين (3-4)

يحترق ثنائي كبريتيد الكربون في الاوكسجين حسب المعادلة الاتية :

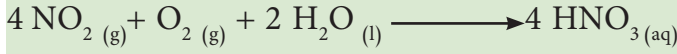


كم مولاً يتكون من كل ناتج عند تفاعل 48.0 g من  $O_2$  ؟



### مثال 3 - 5 :

احد مكونات الامطار الحامضية هو حامض النتريك الذي يتكون نتيجة تفاعل  $\text{NO}_2$  مع الاوكسجين وماء الامطار وحسب التفاعل الاتي :



ماهي كمية  $\text{HNO}_3$  الناتجة من تفاعل 1500 g من  $\text{NO}_2$  مع كمية كافية من الاوكسجين والماء ؟

### الحل :

المعلوم : كتلة  $\text{NO}_2$  تسوي 1500 g

$$\text{نسبة المولات} = \frac{4 \text{ mol HNO}_3}{4 \text{ mol NO}_2}$$

المجهول : كتلة  $\text{HNO}_3$

**الخطوة الاولى :** نحسب اولاً الكتلة المولية لـ  $\text{NO}_2$  من جدول الكتل الذرية للعناصر.

$$M (\text{NO}_2) = (1 \times 14) + (2 \times 16) = 46 \text{ g/mol}$$

ثم نحسب عدد مولات  $\text{NO}_2$  بتطبيق القانون الاتي :

$$n (\text{mol}) = \frac{m (\text{g})}{M (\text{g/mol})}$$

$$n (\text{mol}) = \frac{1500 \text{ g}}{46 \text{ g/mol}} = 32.6 \text{ mol NO}_2$$

**الخطوة الثانية:** نحسب عدد مولات  $\text{HNO}_3$  المتفاعلة مع 32.6 mol من  $\text{NO}_2$  وبتطبيق القانون :

نسبة عدد المولات للمادتين  $\times \text{NO}_2$  عدد مولات  $\text{HNO}_3$  = مولات

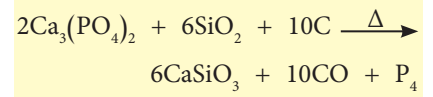
$$n (\text{mol}) = 32.6 \text{ mol NO}_2 \times \frac{4 \text{ mol HNO}_3}{4 \text{ mol NO}_2} = 32.6 \text{ mol HNO}_3$$

**الخطوة الثالثة:** نحسب كتلة  $\text{HNO}_3$  من كتلته المولية (63 g/mol) وعدد مولاته وحسب الاتي :

$$m (\text{g}) = 32.6 \text{ mol HNO}_3 \times 63 \frac{\text{g}}{\text{mol HNO}_3} = 2054 \text{ g HNO}_3$$

### تمرين (3-5)

يحضر الفسفور صناعياً من تفاعل فوسفات الكالسيوم وثنائي اوكسيد السليكون والفحم في فرن كهربائي حسب المعادلة الآتية :



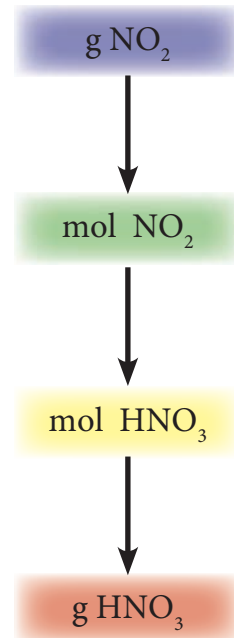
احسب:

أ: عدد غرامات  $\text{P}_4$  الناتجة من تفاعل

1.0 mol من  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$

ب: عدد مولات  $\text{P}_4$  الناتجة من تفاعل

62.0 g من  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$





احسب عدد مولات O<sub>2</sub> الناتجة من تسخين 1.65 g من KClO<sub>3</sub>

حسب المعادلة الآتية :



**الحل :**

المعلوم : 1 - كتلة KClO<sub>3</sub> تساوي 1.65 g

$$2 - \text{نسبة عدد المولات} = \frac{3 \text{ mol O}_2}{2 \text{ mol KClO}_3}$$

المجهول: عدد مولات O<sub>2</sub>

**الخطوة الاولى:** نحسب اولاً الكتلة المولية لـ KClO<sub>3</sub> من جدول الكتل الذرية

$$M(\text{KClO}_3) = (1 \times 39) + (1 \times 35.5) + (3 \times 16) \\ = 122.5 \text{ g/mol}$$

ثم نحسب عدد مولات KClO<sub>3</sub> من تطبيق القانون:

$$n(\text{mol}) = \frac{m(\text{g})}{M(\text{g/mol})}$$

$$n(\text{mol}) = \frac{1.65(\text{g})}{122.50(\text{g/mol})} = 0.013 \text{ mol KClO}_3$$

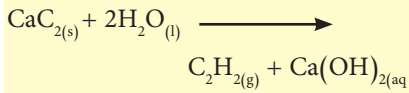
**الخطوة الثانية:** نحسب عدد مولات O<sub>2</sub> من تطبيق القانون :

نسبة عدد المولات × عدد مولات KClO<sub>3</sub> = عدد مولات O<sub>2</sub>

$$n(\text{mol}) = 0.013 \text{ mol KClO}_3 \times \frac{3 \text{ mol O}_2}{2 \text{ mol KClO}_3} = 0.02 \text{ mol O}_2$$

تمرين (3-6)

يحضر غاز الاستيلين C<sub>2</sub>H<sub>2</sub> من اضافة الماء الى كاربيد الكالسيوم CaC<sub>2</sub> حسب المعادلة الآتية :



احسب :

أ: عدد غرامات الاستيلين الناتجة

من تفاعل 5.2 g من CaC<sub>2</sub>

ب: عدد مولات CaC<sub>2</sub> اللازمة للتفاعل

مع 46.8 g من H<sub>2</sub>O



استعمال غاز الأستيلين لتوليد الشعلة الأوكسي أسيتيلينية المستخدمة في قطع ولحم المعادن .

### 3 - 4 - 3 المادة المتفاعلة المحددة للنواتج

علمنا بان معادلة التفاعل الموزونة تعطينا النسبة بين عدد المولات للمواد الناتجة وعدد المولات للمواد المتفاعلة، كما في التفاعل الاتي :



ان التفاعل يحصل بنسبة 11mol من N2 الى 31mol من H2 لتكوين 21mol من NH3 . فعند اجراء التفاعل بخلط 11mol من N2 مع 31mol من H2 فان المادتين تتفاعلان بشكل كامل لان نسبة مولاتهما الموضوعه في التفاعل مطابقة الى نسبة مولاتهما في المعادلة الكيميائية الموزونة ، وينتج من التفاعل 21mol من NH3 .

اما اذا اجري التفاعل بوضع كمية كبيرة من N2، مثلاً 21mol مع 31mol من H2 ، فان 11mol من N2 يتفاعل فقط مع 31mol من H2 وينتج 21mol من NH3 ، بينما يتبقى 10mol من N2 غير متفاعل لذلك فان N2 يكون بكمية كبيرة لانه لا يتفاعل بشكل كامل بينما يدعى H2 بالمادة المتفاعلة المحددة للنواتج لانه يتفاعل بشكل كامل وان عدد مولاته الموضوعه في التفاعل تحدد عدد مولات المادة الناتجة .

يمكن تعيين المادة المتفاعلة المحددة للنواتج بالطريقة الاتية :  
أ - نحسب نسبة عدد مولات المادة الناتجة الى عدد مولات كل مادة من المواد المتفاعلة المعبر عنها في المعادلة الكيميائية.  
ب - نضرب كل نسبة من هذه النسب في عدد مولات كل مادة متفاعلة وحسب المعادلة الكيميائية الموزونة .  
ج - المادة التي تعطي اقل عدد من مولات المادة الناتجة ستكون هي المادة المتفاعلة المحددة للنواتج .

لنطبق هذه الخطوات على التفاعل اعلاه عند وضع 21mol من N2 مع 31mol من H2 .

أ - نسبة عدد مولات NH3 الى N2 حسب معادلة التفاعل :

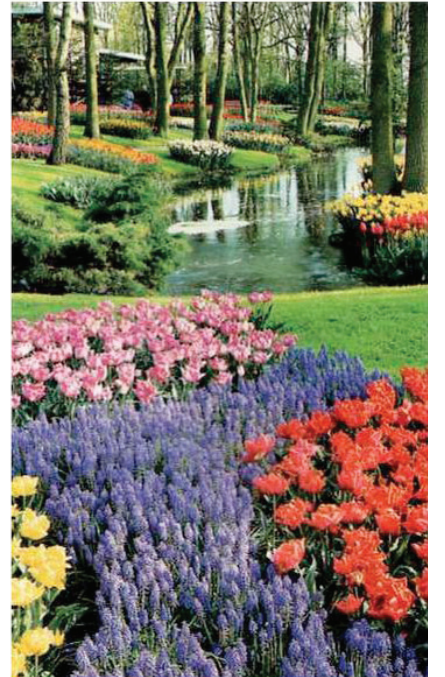
$$\frac{21\text{mol NH}_3}{11\text{mol N}_2}$$

نسبة عدد مولات NH3 الى H2 حسب معادلة التفاعل الموزونة:

$$\frac{21\text{mol NH}_3}{31\text{mol H}_2}$$



سحابة من غاز الامونيا المتكثف تحيط بسطح كوكب زحل.



استعمال املاح الامونيا كسماد نتروجيني، اذ ان عنصر النتروجين في هذه الاملاح يساهم في نمو النباتات.

ب - نضرب النسب في عدد المولات الموضوعه من  $N_2$  و  $H_2$  وحسب الاتي :

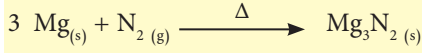
$$2 \text{ mol } N_2 \times \frac{2 \text{ mol } NH_3}{1 \text{ mol } N_2} = 4 \text{ mol } NH_3$$

$$3 \text{ mol } H_2 \times \frac{2 \text{ mol } NH_3}{3 \text{ mol } H_2} = 2 \text{ mol } NH_3$$

ج - بما ان عدد مولات  $NH_3$  الناتجة من تفاعل  $H_2$  اقل من تلك الناتجة من تفاعل  $N_2$  لذا فالهيدروجين هو المادة المتفاعلة المحددة لنواتج الامونيا .

تمرين (7-3)

يحضر نتريد المغنيسيوم  $Mg_3N_2$  من تفاعل المغنيسيوم مع النروجين حسب المعادلة الآتية :



وعند اجراء التفاعل بخلط 4.0 mol من  $N_2$  مع 6.0 mol من Mg وبدرجة حرارة معينة فان وعاء التفاعل يحتوي على خليط من المواد يتفق مع احد الاجوبة الآتية :

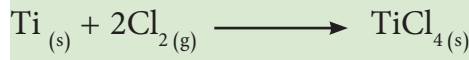
أ - 4.0 mol  $Mg_3N_2$  و 1.0 mol Mg غير متفاعل .

ب - 2.0 mol  $Mg_3N_2$  و 2.0 mol  $N_2$  غير متفاعل.

ج - 6.0 mol  $Mg_3N_2$  و 3.0 mol  $N_2$  غير متفاعل.

مثال 3 - 7 :

افترض التفاعل الاتي :



فاذا ماتم مزج 1.8 mol من التيتانيوم Ti و 3.2 mol من الكلور  $Cl_2$  . ماهي المادة المتفاعلة المحددة للنواتج ؟

الحل :

المعلوم :

1 - عدد مولات Ti تساوي 1.8 mol

2 - عدد مولات  $Cl_2$  تساوي 3.2 mol

المجهول :

المادة المتفاعلة المحددة للنواتج  $TiCl_4$

النسبة بين عدد مولات  $TiCl_4$  الى Ti في التفاعل  $\frac{1 \text{ mol } TiCl_4}{1 \text{ mol } Ti}$

النسبة بين عدد مولات  $TiCl_4$  الى  $Cl_2$  في التفاعل  $\frac{1 \text{ mol } TiCl_4}{2 \text{ mol } Cl_2}$  عدد مولات  $TiCl_4$  الناتجة من تفاعل Ti

$$1.8 \text{ mol } Ti \times \frac{1 \text{ mol } TiCl_4}{1 \text{ mol } Ti} = 1.8 \text{ mol } TiCl_4$$

عدد مولات  $TiCl_4$  الناتجة من تفاعل  $Cl_2$

$$3.2 \text{ mol } Cl_2 \times \frac{1 \text{ mol } TiCl_4}{2 \text{ mol } Cl_2} = 1.6 \text{ mol } TiCl_4$$

بما ان عدد مولات  $TiCl_4$  الناتجة من تفاعل 3.2 mol من  $Cl_2$  اقل من تلك الناتجة من تفاعل 1.8 mol من Ti فالعامة  $Cl_2$  هي المادة المتفاعلة المحددة للنواتج .



يحضر كلوريد الصوديوم من تفاعل الصوديوم مع الكلور حسب المعادلة الآتية :



أ - ما المادة المتفاعلة المحددة للنتائج ، عند تفاعل 11.2 mol من Na مع 3.2 mol من  $\text{Cl}_2$ .

ب - احسب عدد مولات NaCl الناتجة.

### الحل :

المعلوم :

1 - عدد مولات Na يساوي 11.2 mol

2 - عدد مولات  $\text{Cl}_2$  يساوي 3.2 mol

المجهول :

1 - المادة المتفاعلة المحددة للنتائج NaCl

2 - عدد مولات NaCl الناتجة.

النسبة بين عدد مولات NaCl إلى Na في التفاعل

$$\frac{2 \text{ mol NaCl}}{2 \text{ mol Na}}$$

النسبة بين عدد مولات NaCl إلى  $\text{Cl}_2$  في التفاعل

$$\frac{2 \text{ mol NaCl}}{1 \text{ mol Cl}_2}$$

أ - عدد مولات NaCl الناتجة من 11.2 mol من Na

$$11.2 \text{ mol Na} \times \frac{2 \text{ mol NaCl}}{2 \text{ mol Na}} = 11.2 \text{ mol NaCl}$$

عدد مولات NaCl الناتجة من 3.2 mol من  $\text{Cl}_2$

$$3.2 \text{ mol Cl}_2 \times \frac{2 \text{ mol NaCl}}{1 \text{ mol Cl}_2} = 6.4 \text{ mol NaCl}$$

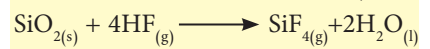
بما ان عدد مولات NaCl الناتجة من تفاعل  $\text{Cl}_2$  اقل من تلك الناتجة من تفاعل Na فالمادة  $\text{Cl}_2$  هي المادة المتفاعلة المحددة للنتائج .

ب - نحسب عدد مولات NaCl الناتجة من تفاعل 3.2 mol من  $\text{Cl}_2$  لانها المادة المتفاعلة المحددة للنتائج وكما في اعلاه :

$$3.2 \text{ mol Cl}_2 \times \frac{2 \text{ mol NaCl}}{1 \text{ mol Cl}_2} = 6.4 \text{ mol NaCl}$$

### تمرين (8-3)

ثنائي اوكسيد السليكون ( الكوارتز ) مادة غير نشطة عادة ، لكنها تتفاعل بسرعة مع فلوريد الهيدروجين حسب المعادلة الآتية :



فإذا اجري التفاعل بخلط 2.0 mol من HF مع 4.5 mol من  $\text{SiO}_2$  .

أ - ما المادة المتفاعلة المحددة للنتائج ؟

ب - ما عدد مولات  $\text{SiF}_4$  الناتجة ؟



### 3 - 4 - 4 : حساب حجوم الغازات

نتبع الخطوات التالية عندما نريد ان نحسب حجوم الغازات في المعادلة الكيميائية .

**الخطوة الاولى :** نحسب عدد مولات المادة من كتلتها التي تعطى في السؤال ، وذلك بتطبيق القانون الاتي:

$$n \text{ (mol)} = \frac{m \text{ (g)}}{M \text{ (g/mol)}}$$

او نحسب عدد مولات المادة من حجمها الذي يعطى في السؤال اذا كانت بشكل غاز وذلك بتطبيق القانون العام للغازات :

$$n \text{ (mol)} = \frac{PV}{RT}$$

او نحسب عدد مولات الغاز اذا كان حجمه مقاس تحت الظروف القياسية (STP)، وبتطبيق القانون :

$$n \text{ (mol)} = \frac{V \text{ (L) ( at STP)}}{22.4 \text{ (L/mol)}}$$

**الخطوة الثانية :** نحسب عدد مولات المادة المطلوبة في السؤال من عدد مولات المادة المحسوبة في الخطوة الاولى وبنفس الطريقة السابقة.

**الخطوة الثالثة :** نحسب كتلة المادة المطلوبة في السؤال من عدد مولاتها المحسوبة في الخطوة الثانية ومن تطبيق القانون :

$$m \text{ (g)} = n \text{ (mol)} \times M \text{ (g/mol)}$$

او نحسب حجم الغاز من عدد مولاته المحسوبة في الخطوة الثانية ومن تطبيق القانون :

$$V \text{ (L)} = \frac{nRT}{p}$$

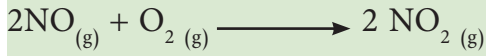
ويمكن حساب حجم الغاز تحت الظروف القياسية (STP) بتطبيق القانون :

$$V \text{ (L)} = n \text{ (mol)} \times 22.4 \text{ (L/mol)}$$

كما ويمكن حساب حجم الغاز المجهول في السؤال من حجم غاز آخر معلوم وذلك باستخدام النسبة بين حجمي الغازين في معادلة التفاعل الموزونة، على ان تكون الحجوم مقاسة تحت نفس الظروف من درجة حرارة وضغط.

### مثال 3 - 9 :

يتحد غاز احادي اوكسيد النتروجين NO مع الاوكسجين لتكوين غاز بني اللون من ثنائي اوكسيد النتروجين NO<sub>2</sub> حسب المعادلة الآتية:



احسب حجم NO<sub>2</sub> الناتج من تفاعل 34 L من O<sub>2</sub> مع كمية كافية من NO علماً بان الحجم مقاسة تحت (STP) .

### الحل:

المعلوم :

حجم O<sub>2</sub> مقاسا في (STP) يساوي 34 L

المجهول :

حجم NO<sub>2</sub> الناتج

النسبة بين عدد مولات NO<sub>2</sub> الى O<sub>2</sub> في التفاعل  $\frac{2 \text{ mol NO}_2}{1 \text{ mol O}_2}$

وبما ان الحجم متناسب تناسباً طردياً مع عدد المولات اذا كانت جميعها مقاسة تحت نفس الظروف في (STP) لذلك فإن

النسبة بين الحجم ستكون :  $\frac{2\text{L NO}_2}{1\text{L O}_2}$

وعليه سيكون حجم NO<sub>2</sub> مساوياً الى :

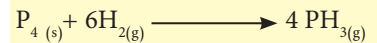
$$V(\text{L}) = 34 \text{ L O}_2 \times \frac{2\text{L NO}_2}{1\text{L O}_2} = 68 \text{ L NO}_2$$



تلوث الهواء بغاز ثنائي اوكسيد النتروجين (NO<sub>2</sub>) ذو اللون البني يشكل خطراً على الحياة.

### تمرين (9-3)

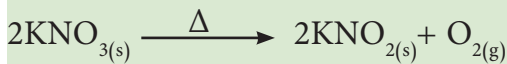
يتفاعل الفسفور (P<sub>4</sub>) مع الهيدروجين لتكوين غاز الفوسفين PH<sub>3</sub> حسب المعادلة الآتية



احسب حجم PH<sub>3</sub> الناتج من تفاعل H<sub>2</sub> 0.42 L

### مثال 3 - 10 :

احسب حجم O<sub>2</sub> مقاسا في (STP) الذي يمكن الحصول عليه من تسخين 3.5 mol من KNO<sub>3</sub> حسب المعادلة الآتية:



### الحل:

المعلوم :

3.5 mol من KNO<sub>3</sub>

المجهول :

حجم O<sub>2</sub> مقاسا في (STP)

النسبة بين عدد مولات O<sub>2</sub> الى KNO<sub>3</sub> في التفاعل  $\frac{1 \text{ mol O}_2}{2 \text{ mol KNO}_3}$



لذا فعدد مولات  $O_2$  الناتجة من تفكك 3.5 mol من  $KNO_3$  هو :

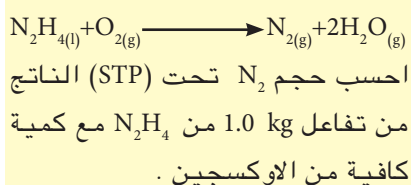
$$n(\text{mol}) = 3.5 \text{ mol } KNO_3 \times \frac{1 \text{ mol } O_2}{2 \text{ mol } KNO_3} = 1.75 \text{ mol } O_2$$

احسب حجم  $O_2$  مقاس في (STP) من تطبيق القانون

$$V(\text{L}) = n(\text{mol}) \times \frac{22.4 \text{ L}}{1 \text{ mol}} = 1.75 \text{ mol} \times \frac{22.4 \text{ L}}{1 \text{ mol}} = 39.2 \text{ L}$$

تمرين (10-3)

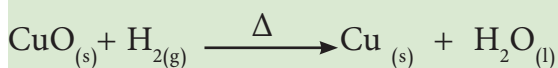
يحترق الهيدرازين  $N_2H_4$  المستخدم كوقود للصواريخ حسب المعادلة الآتية :



استعمال الهيدرازين كوقود للصواريخ

مثال 3 - 11 :

احسب عدد مولات ذرات النحاس التي تنتج من تفاعل 4250 mL من  $H_2$  تحت (STP) مع كمية كافية من  $CuO$  حسب المعادلة الآتية:



الحل :

المعلوم:

حجم  $H_2$  في (STP) يساوي 4250 mL

المجهول :

عدد مولات  $Cu$

1 - نحول حجم  $H_2$  من وحدة mL الى وحدة L

$$V(\text{L}) = 4250 \text{ mL } H_2 \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ mL}} = 4.250 \text{ L } H_2$$

2 - احسب عدد مولات  $H_2$  من حجمه المقاس في (STP) وذلك بتطبيق القانون

$$n(\text{mol}) = \frac{V(\text{L}) \text{ at STP}}{22.4 (\text{L/mol})}$$

$$n(\text{mol}) = \frac{4.250 \text{ L}}{22.4 (\text{L/mol})} = 0.19 \text{ mol } H_2$$

3 - احسب عدد مولات  $Cu$  الناتجة من تفاعل 0.19 mol من  $H_2$  ومن استخدام نسبة عدد المولات من المعادلة :

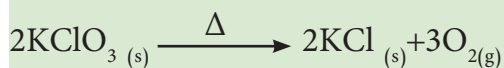
عدد المولات = عدد المولات المعلومة  $\times$  نسبة عدد المولات

$$n(\text{mol}) = 0.19 \text{ mol } H_2 \times \frac{1 \text{ mol } Cu}{1 \text{ mol } H_2} = 0.19 \text{ mol } Cu$$



### مثال 3 - 12

يتفكك 0.4 mole من كلورات البوتاسيوم بالحرارة حسب المعادلة الآتية



احسب حجم  $\text{O}_2$  المتحرر بدرجة  $27^\circ\text{C}$  وتحت ضغط 760 Torr

#### الحل:

المعلوم:

عدد مولات  $\text{KClO}_3$  يساوي 0.4 mol

المجهول:

حجم  $\text{O}_2$  بدرجة  $27^\circ\text{C}$  وتحت ضغط 760 Torr .

1 - احسب درجة الحرارة بوحدات كلفن

$$T (K) = 27^\circ\text{C} + 273 = 300 \text{ K}$$

2 - احسب عدد مولات  $\text{O}_2$  الناتجة من تفكك 0.4 mol من  $\text{KClO}_3$  ونسب عدد المولات .

$$n(\text{mol}) = 0.4 \text{ mol } \cancel{\text{KClO}_3} \times \frac{3 \text{ mol } \text{O}_2}{2 \text{ mol } \cancel{\text{KClO}_3}} = 0.6 \text{ mol } \text{O}_2$$

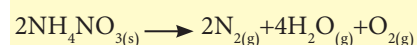
2 - احسب حجم  $\text{O}_2$  بدرجة حرارة 300 K وضغط 1 atm ( علماً ان  $1 \text{ atm} = 760 \text{ Torr}$  ) من تطبيق القانون العام للغازات .

$$V = \frac{nRT}{p}$$

$$V (L) = \frac{0.6 \text{ mol} \times 0.082 \frac{\text{L} \cdot \text{atm}}{\text{K} \cdot \text{mol}} \times 300 \text{ K}}{1 \text{ atm}} = 14.76 \text{ L } \text{O}_2$$

#### تمرين (11-3)

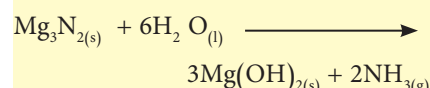
تتفكك نترات الامونيوم  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  بالحرارة العالية حسب المعادلة الآتية:



احسب الحجم الكلي للغازات مقاس تحت (STP) والناتجة من تفكك 34 g من  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  .

#### تمرين (12-3)

للتفاعل الآتي:



احسب

أ - عدد غرامات نتريد المغنيسيوم  $\text{Mg}_3\text{N}_2$  اللازمة لتكوين 5.75 L من الامونيا عند (STP) .

ب - عدد مولات  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  الناتجة .

### 3-4-5 النسبة المئوية للناتج Percent yield

عند حساب كتلة المادة الناتجة من معادلة التفاعل الكيميائي الموزونة ومن الكتلة المعروفة لمادة متفاعلة، فإن هذه الكتلة تسمى بالناتج النظري ( Theoretical yield ) ، وعند اجراء تجربة عملية لتحضيرها وقياس كتلتها عملياً ، فإن هذه الكتلة تسمى بالناتج الحقيقي (الفعلي) ( Actual yield ) .

يكون الناتج الحقيقي (الفعلي) دائماً اقل من الناتج النظري بسبب :

- 1 - عدم اكتمال التفاعل بين المواد المتفاعلة .
  - 2 - عند استعمال مواد غير نقية تحصل تفاعلات جانبية ينتج عنها مواد غير مرغوب فيها .
  - 3 - فقدان كمية من المادة الناتجة عند اجراء عملية الترشيح أو عند نقلها من وعاء الى آخر .
  - 4 - عدم دقة قياس كتل المواد المتفاعلة والناتجة .
- تحسب النسبة المئوية للناتج من تطبيق القانون الاتي :

$$\text{percent yield} = \frac{\text{Actual yield}}{\text{Theoretical yield}} \times 100\%$$

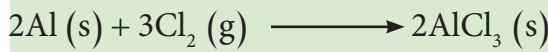
$$\text{الناتج الحقيقي (الفعلي)} = \frac{\text{الناتج المئوي للناتج}}{\text{الناتج النظري}} \times 100\%$$



انتاج الحقول يقاس بالنسبة المئوية للانتاج، لأن ظروف الانتاج تختلف من سنة الى اخرى وان الانتاج الفعلي يختلف عن الانتاج المتوقع (النظري).

مثال 3 - 13 :

افتراض التفاعل الاتي :



احسب النسبة المئوية لكوريد الالمنيوم الناتج من تفاعل 1.5 mol من Al اذا علمت ان كتلته المنتجة فعلياً تسوي 139 g .

**الحل :**

المعلوم : 1.5 mol من Al

المجهول : النسبة المئوية لانتاج  $\text{AlCl}_3$

نحسب عدد مولات  $\text{AlCl}_3$  باستخدام نسبة عدد المولات في المعادلة الموزونة .

$$n(\text{mol}) = 1.5 \text{ mol Al} \times \frac{2 \text{ mol AlCl}_3}{2 \text{ mol Al}} = 1.5 \text{ mol AlCl}_3$$

نحسب كتلة  $\text{AlCl}_3$  الناتجة نظرياً من عدد المولات المعلومة

والكتلة المولية لـ  $\text{AlCl}_3$  ( $M(\text{AlCl}_3) = 133.5 \text{ g/mol}$ )

$$m (\text{g}) = n (\text{mol}) \times M (\text{g/mol}) = 1.5 \text{ mol} \times 133.5 \text{ g/mol} = 200.3 \text{ g}$$

وعليه فالنسبة المئوية للناتج هي

$$\% \text{AlCl}_3 = \frac{139 \text{ g}}{200.3 \text{ g}} \times 100\% = 69.4\%$$

### مثال 3 - 14 :

تتفكك كربونات الكالسيوم بالحرارة حسب المعادلة الآتية :



1 - ما كتلة CaO المحسوبة نظريا والتي تنتج من تسخين

24.8 g من CaCO<sub>3</sub>

2 - احسب النسبة المئوية لانتاج CaO اذا كانت كتلته المنتجة

فعليا تسوي 13.1 g علما بان الكتلة المولية لـ CaCO<sub>3</sub> تسوي

100 g/mol و لـ CaO تسوي 56 g/mol .

### الحل :

المعلوم :

1 - كتلة CaCO<sub>3</sub> = 24.8 g

2 - الناتج الفعلي لـ CaO يسوي 13.1 g

3 - الكتلة المولية لـ CaCO<sub>3</sub> تسوي 100 g/mol و لـ CaO تسوي

56 g/mol

المجهول :

1 - الناتج النظري لـ CaO

2 - النسبة المئوية لانتاج CaO

1 - حول كتلة CaCO<sub>3</sub> الى مولات

$$n (\text{mol}) = \frac{24.8 (\text{g})}{100 (\text{g/mol})} = 0.25 \text{ mol CaCO}_3$$

2 - احسب عدد مولات CaO الناتجة من 0.25 mol من CaCO<sub>3</sub>

باستخدام النسب المولية في المعادلة الموزونة .

$$0.25 \text{ mol CaCO}_3 \times \frac{1 \text{ mol CaO}}{1 \text{ mol CaCO}_3} = 0.25 \text{ mol CaO}$$

3 - احسب كتلة 0.25 mol من CaO (الناتج النظري)

$$m (\text{g}) = 0.25 (\text{mol}) \times 56 (\text{g/mol}) = 14 \text{ g CaO}$$

4 - احسب النسبة المئوية لانتاج CaO بتطبيق القانون

$$\% \text{ CaO} = \frac{\text{الناتج الحقيقي (الفعلي)}}{\text{الناتج النظري}} \times 100\% = \frac{\text{النسبة المئوية للناتج}}{\text{الناتج النظري}} \times 100\%$$

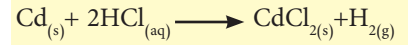
$$\% \text{ CaO} = \frac{13.1 \text{g}}{14.0 \text{g}} \times 100\% = 93.6\%$$

### تمرين (13-3)

يتفاعل 1.68 g من الكاديوم مع

حامض الهيدروكلوريك المخفف

حسب المعادلة الآتية :



1 - احسب عدد غرامات الهيدروجين

الناتجة

2 - احسب النسبة المئوية لانتاج

الهيدروجين اذا كان انتاجه الفعلي

يسوي 0.025 g

### تمرين (14-3)

يتفاعل 7.31 g من الحديد مع

0.3 mol من حامض الهيدروكلوريك

المخفف حسب المعادلة الآتية :



1 - احسب عدد غرامات الهيدروجين

الناتجة .

2 - احسب النسبة المئوية لانتاج

الهيدروجين اذا كان انتاجه الحقيقي

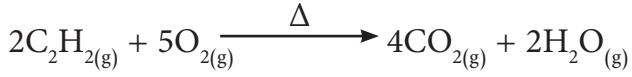
يسوي 0.22 g

## اسئلة الفصل الثالث

**ملاحظة:** عند الحاجة للكتل الذرية في بعض الاسئلة راجع ذلك في جداول نهاية الكتاب

- أ - ما هي المادة المتفاعلة المحددة للنتائج عند تفاعل 6 g HCl مع 5 g Mg  
 ب - ما عدد مولات MgCl<sub>2</sub> الناتجة.  
 ج - ما حجم H<sub>2</sub> الناتج في (STP).  
 د - احسب كتلة MgCl<sub>2</sub> الناتجة.  
 هـ - ما حجم H<sub>2</sub> الناتج عند درجة حرارة 37 °C وضغط 2.5 atm.

**5.3** يحترق الاستلين بتفاعله مع الاوكسجين لتوليد الشعلة الاوكسي استيلينية، حسب المعادلة الآتية :



احسب :

- أ - حجم O<sub>2</sub> مقاس في (STP) اللازم للتفاعل مع 55 g مع الاستيلين.  
 ب - عدد جزيئات CO<sub>2</sub> الناتجة من التفاعل.  
**6.3** للتفاعل الآتي



- عدد غرامات F<sub>2</sub> اللازمة للتفاعل مع 6.02 g من P<sub>4</sub> هي:  
 أ - 2.85 g ب - 5.70 g  
 ج - 11.4 g د - 37.2 g

**7.3** يحضر كحول المثيل CH<sub>3</sub>OH صناعياً من تسخين غاز احادي اوكسيد الكربون مع الهيدروجين تحت ضغط عالٍ وبوجود عامل مساعد من اوكسيد الكروم Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> واوكسيد الخارصين ZnO وحسب المعادلة الآتية :



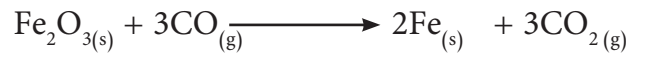
- أ - احسب حجم CH<sub>3</sub>OH الناتج عند تفاعل 60.0 L من CO مع 80.0 L من H<sub>2</sub>.  
 ب - ما حجم غاز CO او H<sub>2</sub> غير المتفاعل.

**1.3** يتفاعل 1.26 mol من النحاس مع 0.8 mol من الكبريت لتكوين كبريتيد النحاس حسب المعادلة الآتية :



- أ - ما المادة المتفاعلة المحددة للنتائج.  
 ب - احسب عدد مولات المادة المتبقية بدون تفاعل.

**2.3** يُنتج الحديد من تفاعل اختزال اوكسيد الحديد III بواسطة غاز احادي اوكسيد الكربون ، حسب المعادلة الآتية :



- أ - ما اعلى كتلة للحديد يمكن الحصول عليها من اختزال 454 g من اوكسيد الحديد.  
 ب - ما كتلة CO اللازمة لعملية الاختزال.  
 ج - ما النسبة المئوية لانتاج الحديد اذا كانت كتلته المنتجة فعلياً تساوي 265.8 g.

**3.3** يتفاعل 50.0 g من ثنائي اوكسيد السليكون SiO<sub>2</sub> مع كمية كافية من الكربون حسب المعادلة الآتية:

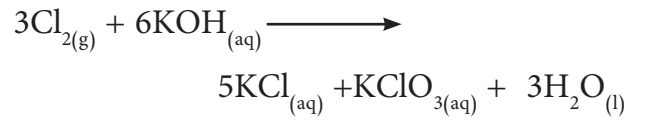


احسب :

- أ - عدد غرامات كاربيد السليكون SiC الناتجة.  
 ب - عدد غرامات احادي اوكسيد الكربون CO الناتجة.

**4.3** يحضر غاز الهيدروجين من تفاعل المغنيسيوم مع حامض الهيدروكلوريك المخفف حسب المعادلة الآتية:



**8.3** للتفاعل الآتي:

احسب عدد مولات  $\text{KClO}_3$  الناتجة من تفاعل 24.7 L من الكلور مقاس في (STP).

**9.3** افترض التفاعل الآتي بين الرصاص الصلب ومحلول نترات الفضة:

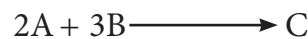
أ - احسب عدد مولات نترات الفضة اللازمة للتفاعل بشكل تام مع 9.3 mol من الرصاص.

ب - احسب عدد مولات Ag الناتجة من تفاعل 28.4 mol من الرصاص بشكل تام.

**10.3** في التفاعل التالي، احسب عدد الغرامات الناتجة من كل ناتج عند تفاعل الكميات ادناه بشكل تام:

أ - 4.70 g من Al

ب - 4.79 g من  $\text{Fe}_2\text{O}_3$

**11.3** افترض التفاعل الآتي:

ما هي المادة المتفاعلة المحددة للناتج عند

مزج الكميات التالية من A و B ؟

أ - 2 mol A و 3 mol B

ب - 24 mol A و 75 mol B

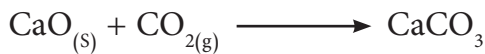
**12.3** افترض التفاعل الآتي:

عند استعمال 11.2 g من  $\text{NiS}_2$  لتفاعل مع 5.43 g من  $\text{O}_2$  ثم الحصول على 4.86 g من NiO . جد:

أ - المادة المتفاعلة المحددة للناتج.

ب - الناتج النظري لـ NiO .

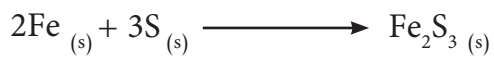
ج - النسبة المئوية لناتج التفاعل.

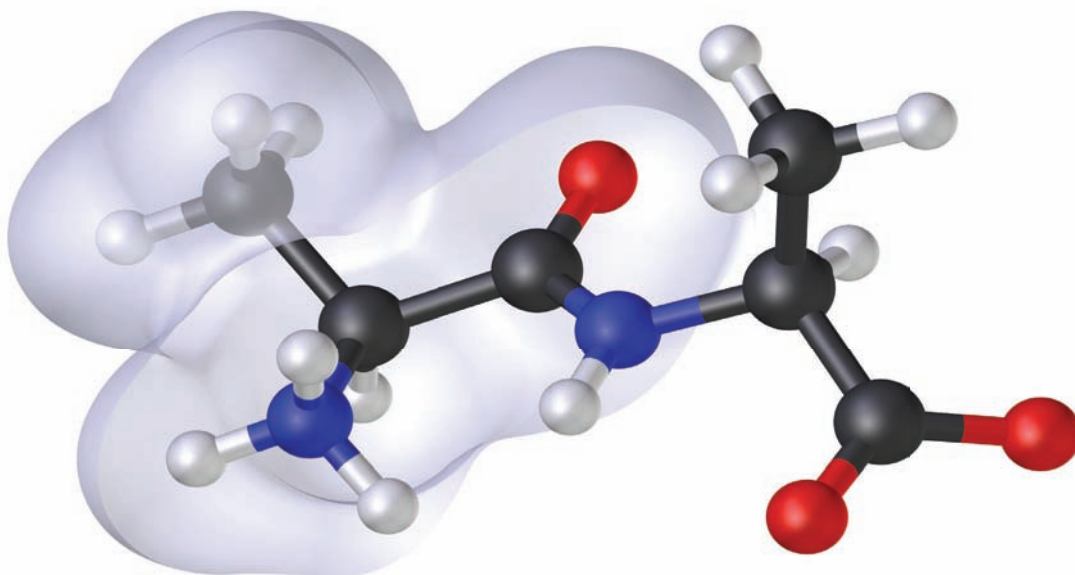
**13.3** افترض التفاعل الآتي:

خلط كيميائي 14.4 g من CaO مع 13.8 g من  $\text{CO}_2$ ، وبعد انتهاء التفاعل جمع هذا الكيميائي 19.4 g من  $\text{CaCO}_3$  . اوجد المادة المتفاعلة المحددة للناتج والناتج النظري والنسبة المئوية للناتج لهذا التفاعل .

**14.3** اكتب ثلاث علاقات تعبر عن النسبة

بين عدد المولات للمواد في المعادلة الآتية:





بعد الانتهاء من دراسة هذا الفصل يكون الطالب قادراً على ان :-

- يفرق بين المركبات العضوية وغير العضوية.
- يبرز علاقة الترتيب الالكتروني لذرة الكربون وقدرتها على تكوين اواصر تساهمية.
- يكتب الصيغة البنائية للتفريق بين المركبات العضوية المختلفة التي لها نفس الصيغة الجزيئية.
- تسمية المركبات العضوية المختلفة وفق نظام التسمية العام ايوباك IUPAC .
- يعرف الخواص الفيزيائية للالكانات والالكينات والالكينات.
- يصف السلسلة المتجانسة لمجموعة مركبات عضوية لها صيغة عامة وخواص كيميائية متشابهة وتظهر تدرجها في الخواص الفيزيائية.
- يميز بين المركبات المشبعة وغير المشبعة.
- يدرك اهمية بلمرة الاثيلين في الصناعة وكذلك اهمية المركبات العضوية الاخرى في الحياة اليومية.

بدأ التاريخ الحديث للكيمياء العضوية مع بداية القرن التاسع عشر ، وقد وصف العالم فوهلر الذي كان ذا باع طويل في تطوير هذا العلم، بأنه غابة ذات حدود لا نهائية . لقد اتسع ميدان الكيمياء العضوية ومع ذلك أصبحت حدوده أكثر وضوحاً كما ان فهم ما يجري فيه وادراك معانيه في تناول الجميع .

تختص الكيمياء العضوية بدراسة مركبات الكربون العضوية وطرائق تحضيرها وخواصها والتي تمس حياتنا اليومية مباشرةً حيث ان هذه المركبات تدخل في الغذاء والدواء والكساء والوقود وتمتاز المركبات العضوية عن المركبات اللاعضوية بصورة عامة بما يأتي :



1 - الكربون عنصر اساس في تركيبها ويليه الهيدروجين وعناصر اخرى مثل الاوكسجين و النتروجين و الكبريت و الفسفور .

2 - ان الاواصر الكيميائية في المركبات العضوية تكون في الغالب تساهمية.

3- معظم المركبات العضوية قابلة للاحتراق والتجزأ بالتسخين لذا تعتبر أهم مصدر للطاقة.

4 - تفاعلات المركبات العضوية بصورة عامة بطيئة وانعكاسية.

5 - معظم المركبات العضوية تذوب في المذيبات العضوية كالكحول والايثر والبنزين والاسيتون والكلوروفورم .

6- تتميز المركبات العضوية بوجود ظاهرة الجناس وهي ظاهرة ذات اهمية كيميائية وفيزيائية .

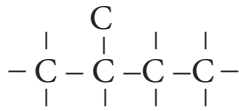
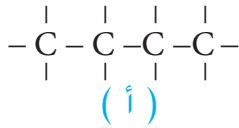


تستخدم المركبات العضوية كوقود

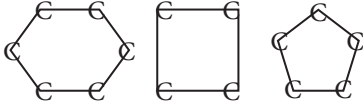
## 2 - 4 الترتيب الالكتروني لذرة الكربون

ان العدد الذري لذرة الكربون هو ( 6 ) اي يوجد في غلافها الخارجي اربعة الكترونات اي انه نصف مشبع وبعبارة اخرى لا تستطيع ذرة الكربون فقدان او اكتساب الالكترونات لاشباع غلافها الخارجي لأنها لا تميل الى تكوين أيونات رباعية موجبة





(ب)



(ج)



أصرة مزدوجة

(د)



أصرة ثلاثية

(هـ)

الشكل (1-4)

أ - سلاسل كاربونية مستمرة غير متفرعة .

ب - سلاسل كاربونية متفرعة

ج - سلاسل كاربونية مغلقة حلقية

د - سلاسل كاربونية تحتوي على أصرة مزدوجة .

هـ - سلاسل كاربونية تحتوي على أصرة ثلاثية .

كانت او سالبة لأن ذلك يتطلب طاقة كبيرة وعليه فان ذرة الكربون تساهم بالالكترونات الاربعة لاشباع غلافها الخارجي عن طريق تكوين اربعة اواصر تساهمية وبهذه الصفة الفريدة لذرة الكربون تصبح لها القدرة على تكوين عدد هائل من المركبات العضوية تكون إما بشكل :

أ - سلاسل كاربونية مستمرة غير متفرعة .

ب - سلاسل كاربونية متفرعة .

ج - سلاسل كاربونية مغلقة حلقية .

د - سلاسل كاربونية تحتوي على أواصر مزدوجة .

هـ - سلاسل كاربونية تحتوي على أواصر ثلاثية .

ويوضح الشكل (1-4) الانواع المختلفة من السلاسل الكاربونية .

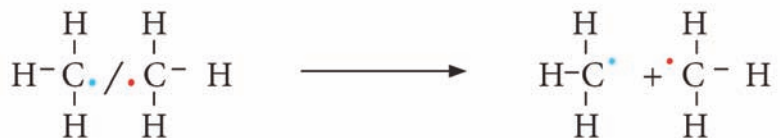
### 3 - 4 المركبات الوسطية النشطة (Intermediate)

خلال التفاعلات الكيميائية تنشأ اواصر وتنكسر اواصر

اخرى ويؤدي انشطار الاصرة الى تكوين مركبات وسطية ذات ثبات منخفض (فعالية عالية) لا تلبث ان تتفاعل مستكملة ما تحتاج اليه من ارتباطات جديدة وعليه فان هناك نوعان من الانشطارات:

#### 1 - الانشطار المتجانس : هو انشطار او انكسار الأصرة

التساهمية بين نرتين او مجموعتين بحيث يحتفظ كل جزء بالكترون واحد من الكترونات الاصرة التساهمية وتكوين دقائغ غير مشحونة ويسمى كل منها بالجذر الحر (Free Radical) .



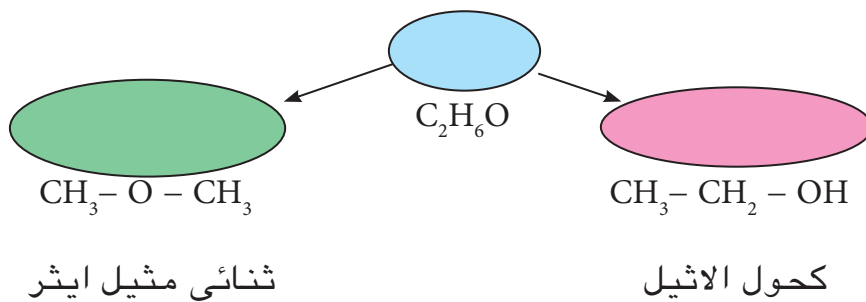
#### 2 - الانشطار غير المتجانس : هو انكسار الاصرة

التساهمية بين نرتين او مجموعتين بحيث تحتفظ احدهما بزواج الالكترونات وتحمل الشحنة السالبة (ايون الكاربانيون) بينما تبقى الاخرى حاملة للشحنة الموجبة (ايون الكاربونيوم) .



#### 4 - 4 الصيغة التركيبية أو البنائية (Structural formula)

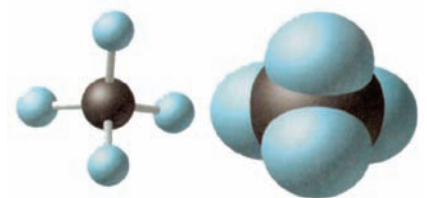
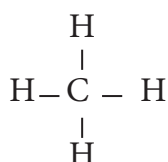
وهي الصيغة التي تبين عدد ذرات كل عنصر في الجزيء الواحد وترتيبها في الفراغ اي كيفية ارتباط الذرات ونوعها وتكافؤها وان عدد الأواصر المحيطة بكل ذرة تسوي تكافؤ تلك الذرة فالصيغة الجزيئية غالباً ماتفضل في تحديد نوعية المركب لوجود اكثر من مركب واحد يشترك في صيغة جزيئية واحدة فمثلاً الصيغة الجزيئية  $C_2H_6O$  تمثل كلاً من كحول الأثيل وثنائي مثيل ايثر وهذا الاختلاف في الخواص جاء نتيجة الاختلاف في كيفية ترابط الذرات المكونة لجزيء المادة مع بعضها في الفضاء وتسمى هذه الظاهرة بالجناس ولأجل التمييز بين هذه المركبات المختلفة يجب كتابة الصيغة التركيبية .



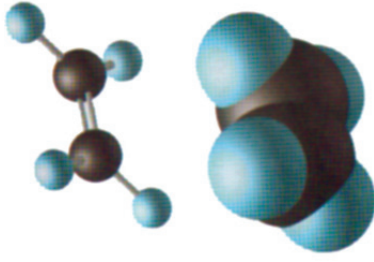
#### 5 - 4 الهيدروكربونات Hydrocarbons

هي مركبات عضوية تتكون من الكربون والهيدروجين فقط وتصنف (حسب كون السلسلة الكربونية مغلقة او مفتوحة او حسب كون المركب مشبع او غير مشبع) الى ما يأتي :

1 - الالكانات او البارافينات هي مركبات مشبعة ذات اصرة مفردة قانونها العام  $(C_nH_{2n+2})$  وابسط مركباتها هو غاز الميثان  $CH_4$  .

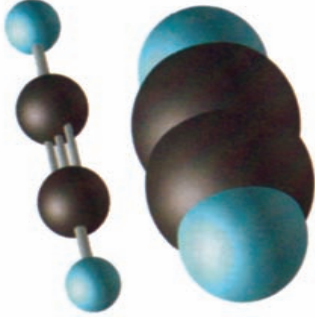
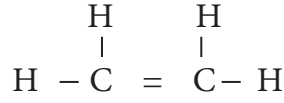


جزيء غاز الميثان



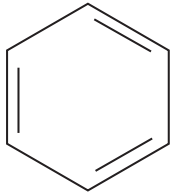
جزء غاز الاثيلين

2 - الألكينات او الاوليفينات وهي مركبات غير مشبعة ذات اصرة مزدوجة قانونها العام (  $C_nH_{2n}$  ) وابطس مركباتها هو الأثيلين  $C_2H_4$  .



جزء غاز الاستيلين

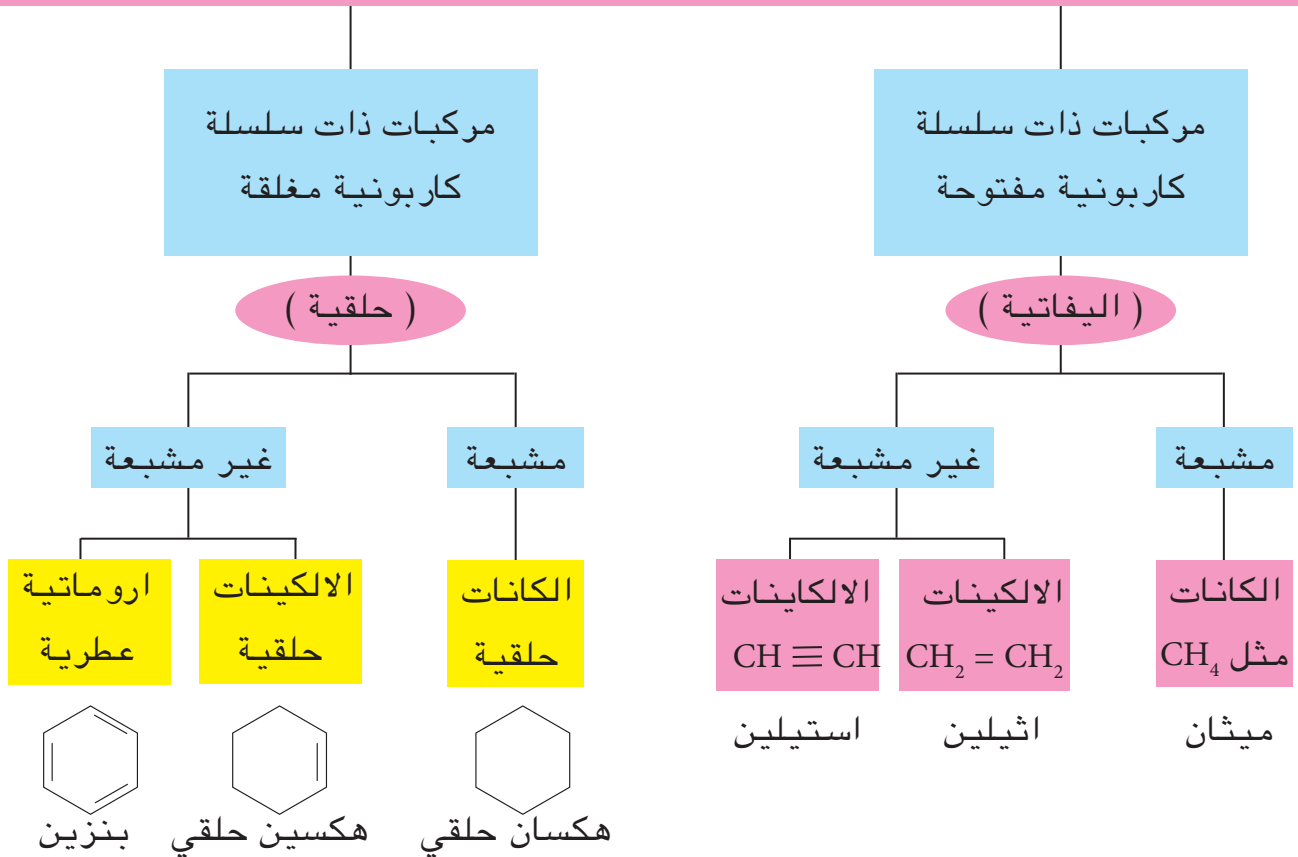
3 - الألكينات او الأستيلينات وهي مركبات غير مشبعة ذات اصرة ثلاثية قانونها العام (  $C_nH_{2n-2}$  ) وابطس مركباتها هو الأستيلين  $C_2H_2$  او (الايثاين) .



جزء البنزين

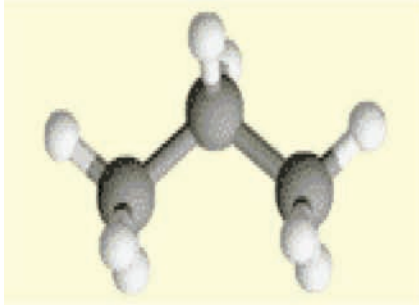
4 - المركبات ذات السلسلة الكربونية المغلقة او الحلقية منها المشبعة وتدعى الألكان الحلقي مثل الهكسان الحلقي او غير مشبعة فتدعى الكين حلقي وكذلك المركبات الأروماتية او العطرية مثل البنزين ومشتقاته وفيما يأتي مخطط عام لتصنيف الهيدروكربونات :

### الهيدروكربونات

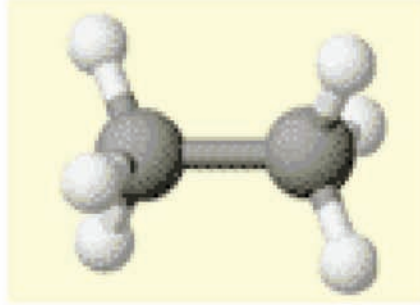


## 6-4 الألكانات أو البارافينات Alkanes

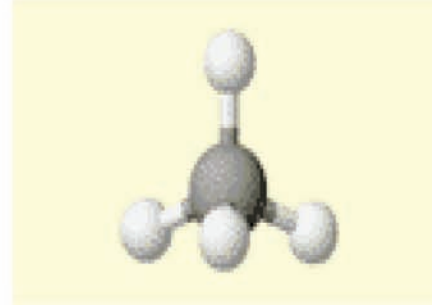
هي هيدروكربونات مشبعة اساس تركيبها نرات الكربون والهيدروجين التي ترتبط مع بعضها بأواصر تساهمية مفردة وقوية والقانون العام لها هو  $(C_nH_{2n+2})$  حيث ( n ) عدد صحيح يمثل عدد نرات الكربون ومن امثلتها الميثان  $CH_4$  والأيثان  $C_2H_6$  والبروبان  $C_3H_8$  كما في الاشكال التوضيحية الاتية :



بروبان



ايثان



ميثان

ويوضح الجدول 4 - 1 اسماء وتراكيب الالكانات العشرة الاولى:

الجدول 1-4 اسماء والصيغ التركيبية للالكانات العشرة الاولى:

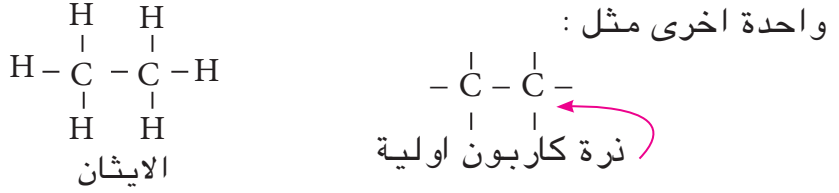
عدد نرات الكربون	المقطع باللاتينية	اسم المركب	الصيغة التركيبية للمركب
C <sub>1</sub>	ميث	ميثان	CH <sub>4</sub>
C <sub>2</sub>	أيث	أيثان	CH <sub>3</sub> -CH <sub>3</sub>
C <sub>3</sub>	بروب	بروبان	CH <sub>3</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>3</sub>
C <sub>4</sub>	بيوت	بيوتان	CH <sub>3</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>3</sub>
C <sub>5</sub>	بنت	بنتان	CH <sub>3</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>3</sub>
C <sub>6</sub>	هكس	هكسان	CH <sub>3</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>3</sub>
C <sub>7</sub>	هبت	هبتان	CH <sub>3</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>3</sub>
C <sub>8</sub>	اوكت	اوكتان	CH <sub>3</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>3</sub>
C <sub>9</sub>	نون	نونان	CH <sub>3</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>3</sub>
C <sub>10</sub>	ديك	ديكان	CH <sub>3</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>3</sub>

تشكل افراد الألكانات متسلسلة متشاكله وتعني مجموعة المركبات العضوية المستمرة المتشابهة في التركيب الأساس والقانون العام وطرائق التحضير والخواص الكيميائية والمتدرجة في كتلها المولية وخواصها الفيزيائية والتي يختلف كل فرد فيها عن سابقه او لاحقه بوحدة بنائية هي  $-CH_2-$  كما في السلسلة اعلاه .

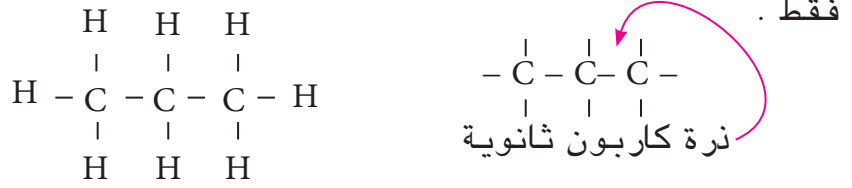
## 4-6-1 أصناف ذرات الكربون

تصنف ذرات الكربون حسب ارتباطها مع بعضها في المركبات الى الأنواع الآتية :

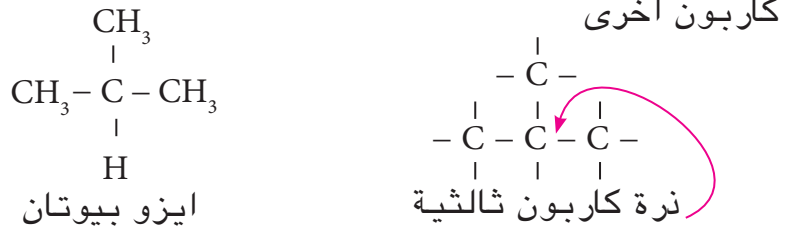
1- ذرة الكربون الأولية وهي الذرة التي ترتبط بها ذرة كربون



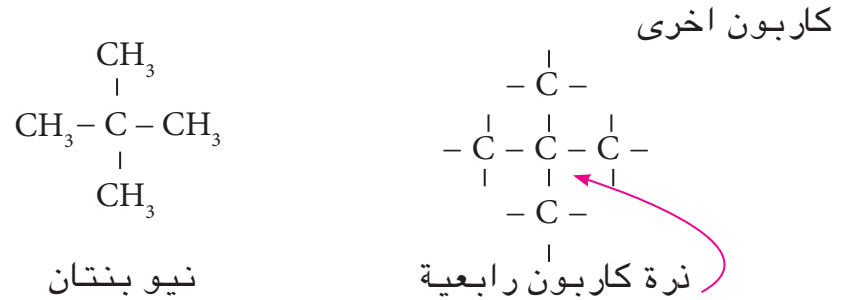
2- ذرة الكربون الثانوية وهي الذرة التي ترتبط بها ذرتا كربون



3- ذرة الكربون الثالثية وهي الذرة التي ترتبط بها ثلاث ذرات

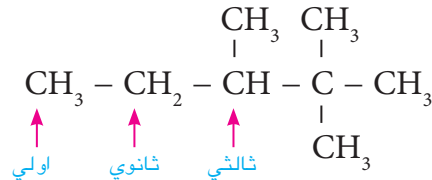


4) ذرة الكربون الرابعة وهي الذرة التي ترتبط بها أربع ذرات

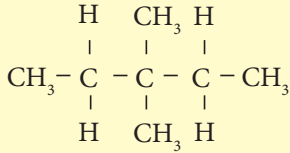


كذلك فان نوع ذرة الهيدروجين يرتبط بنوع ذرة الكربون المرتبطة معها، فالهيدروجين المرتبط بذرة كربون أولية يسمى هيدروجين اولي والذي يرتبط بذرة كربون ثانوية يسمى بالهيدروجين الثانوي وبنفس الطريقة هناك هيدروجين ثالثي ولا يوجد هيدروجين رابعي ولا توجد ذرة كربون خامسية ....

لماذا ؟



تمرين (1-4)  
حدد اصناف ذرات الكربون والهيدروجين في المركب الاتي :



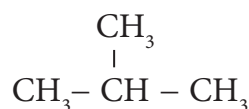
#### 4-6-2 تسمية الالكانات

ان الالكان الذي سلسلة الكربون فيه مستمرة غير متفرعة له تسمية شائعة وقديمة تبدأ بالحرف n (نظامي Normal) ثم يذكر اسم الالكان المقابل مثل :

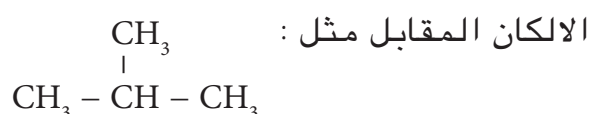


n - Propane (ن - بروبان)

اما الالكان الذي يحتوي على المجموعة المتفرعة

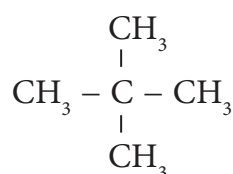


له تسمية شائعة وقديمة تبدأ بكلمة أيزو (iso) ثم يذكر اسم



Iso butane (ايزو بيوتان)

اما الالكان الذي يحتوي على ذرة كربون رابعة له ايضاً تسمية شائعة وقديمة تبدأ بكلمة نيو (neo) ثم يذكر اسم الالكان المقابل مثل:



Neo Pentane (نيوبنتان)

#### 4-6-3 مجاميع الالكيل

تعرف المجموعة المتبقية من الالكان بعد حذف ذرة الهيدروجين منه بالالكيل (Alkyl) الذي قانونه العام  $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}$  والصيغة العامة (R-) و يوضح الجدول (2-4) مجاميع الالكيل والالكانات المشتقة منها . يكتب جذر الالكيل عادة بوضع اصرة تساهمية للارتباط بدل ذرة الهيدروجين الذي فقدها الالكان وعلى الصورة الاتية :



الكيل Alkyl		الكان Alkane	
Methyl	CH <sub>3</sub> - مثيل	Methane	CH <sub>4</sub> ميثان
Ethyl	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> - اثيل CH <sub>3</sub> - CH <sub>2</sub> -	Ethane	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> ايثنان CH <sub>3</sub> - CH <sub>3</sub>
Propyl	C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> - بروبيل	Propane	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> بروبان
n propyl	CH <sub>3</sub> - CH <sub>2</sub> - CH <sub>2</sub> -	n-Propane	CH <sub>3</sub> - CH <sub>2</sub> - CH <sub>3</sub>
Iso Propyl	CH <sub>3</sub> - CH - CH <sub>3</sub>   ايذوبروبيل		

### هل تعلم

ان الفرق بين الالكان ومجموعة الالكيل المشتقة منه هي نرة هيدروجين واحدة، وان اسم المجموعة اشتق من اسم الالكان بتغيير المقطع ( أن ) من اسم الالكان وابداله بالمقطع ( يل ) مثل بروبان يصبح بروبيل .

### مثال 1-4 :

ما الصيغة الجزيئية للالكان الذي يتكون من 4 ذرات كربون؟

### الحل :

بما ان القانون العام للالكانات ( C<sub>n</sub>H<sub>2n+2</sub> )

n = عدد ذرات الكربون وتسوي 4 وان عدد ذرات الهيدروجين

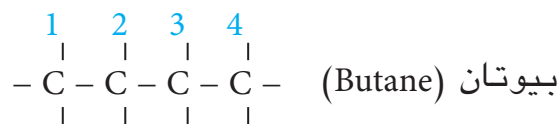
$$H_{2n+2} = 2 \times 4 + 2 = 10$$

ستكون الصيغة الجزيئية هي C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>

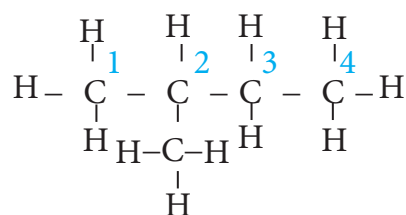
## 4-6-4 نظام التسمية العام (ايوباك) IUPAC للالكانات

### قواعد التسمية :

1- نختار اطول سلسلة كربونية مستمرة من ذرات الكربون ونبدأ بترقيم ذرات الكربون من الطرف القريب لاقرب تفرع فيها ويعطى لها اسم الالكان المقابل.



2- نعين مواقع مجاميع الالكيل او المجاميع المعوضة بارقام ذرات الكربون المرتبطة بها .



2-Methyl butane  
( 2 - مثيل بيوتان )

### تمرين (2-4)

ما الصيغة الجزيئية للالكان الذي يتكون من 10 ذرات كربون؟



- 3- عند وجود اكثر من مجموعة الكيلية او معوضة واحدة ترتب حسب الحروف الهجائية اللاتينية عند التسمية.
- 4 - استخدام الفواصل بين الارقام ( ، ) والخط ( - ) بين الرقم والاسم في التسمية.

5- للدلالة على عدد المجاميع المعوضة المتماثلة (المتشابهة) نستخدم المقاطع الاتية :

احادي ( mono )

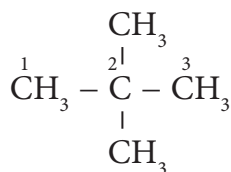
ثنائي ( di )

ثلاثي ( tri )

رباعي ( tetra )

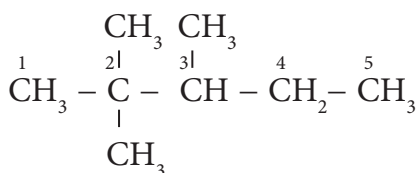
خماسي ( penta )

ولغرض فهم قواعد التسمية نورد الامثلة الاتية :



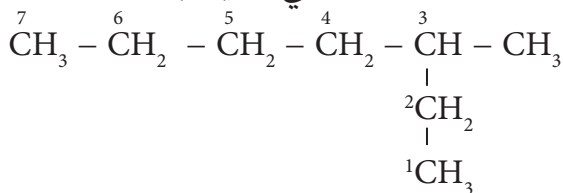
2,2-Dimethyl propane

2,2 - ثنائي مثيل بروبان



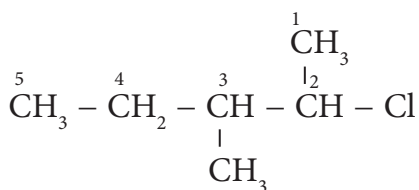
2,2,3-Tri methyl pentane

3,2,2 - ثلاثي مثيل بنتان



3-Methyl heptane

3 - مثيل هبتان



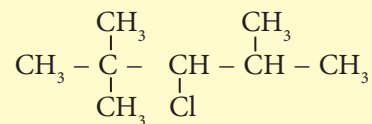
2-Chloro-3-methyl pentane

2 - كلورو 3 - مثيل بنتان

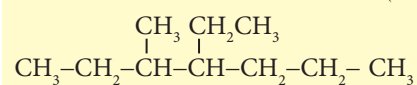
تمرين (3-4)

اعط اسماء كل من الصيغ التركيبية الاتية :

( 1 )



( 2 )



تمرين (4-4)

اكتب الصيغ التركيبية لكل من الاسماء الاتية

( 1 )

2-كلورو - 2-مثيل بيوتان

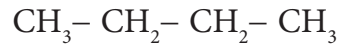
( 2 )

3,2 - ثنائي مثيل بنتان

## Isomerism 5-6-4 الجناس

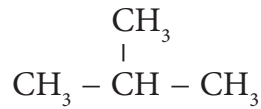
هي ظاهرة وجود مركبان ( أو أكثر ) في الطبيعة لهما نفس الصيغة الجزيئية لكنهما يختلفان في الخواص الفيزيائية والكيميائية بسبب اختلافهما في الصيغة التركيبية ( الهيكل البنائي ). ويبدأ الجناس من جزيء البيوتان  $C_4H_{10}$ ، حيث هناك احتمالان لارتباط ذرات الكربون مع بعضها

**الأحتمال الأول :** ارتباط ذرات الكربون بسلسلة مستمرة غير متفرعة



ن - بيوتان (n - Butane)

**الاحتمال الثاني :** ارتباط ذرات الكربون بمجموعة متفرعة



2 - مثيل بروبان (2-Methyl propane)

اما في التسمية القديمة فيسمى أيزوبيوتان Iso butane كما تم ذكره في اعلاه ونلاحظ انه توجد صيغتان تركيبيتان مختلفتان لصيغة جزيئية واحدة للبيوتان وان المركبين الموجودين في الطبيعة يختلفان في الخواص الفيزيائية والكيميائية لاختلاف الصيغة التركيبية

تمرين (5-4)

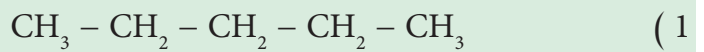
اكتب الصيغ التركيبية المتوقعة (المتجانسات) للالكان الذي صيغته الجزيئية  $C_6H_{14}$  مع ذكر الاسماء العامة او النظامية .

مثال 2-4 :

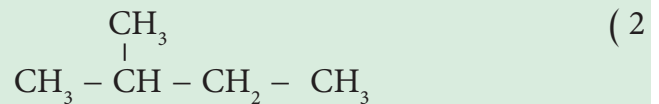
اكتب متجانسات الالكان  $C_5H_{12}$  وسمها حسب التسمية النظامية.

**الحل :**

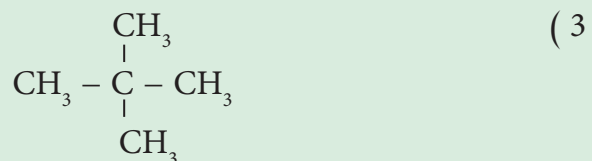
المركب  $C_5H_{12}$  له ثلاث متجانسات



ن - بنتان (n - Pentane)



2 - مثيل بيوتان (2-Methyl butane)



2، 2 - ثنائي مثيل بروبان ( 2,2 - Di methyl propane)

## 4-6-6 الخواص الفيزيائية للألكانات

### 1 - قابلية الذوبان : ان جزيئات الألكانات غير قطبية لا

تذوب بالمذيبات القطبية كالماء لكنها تذوب في المذيبات العضوية (غير القطبية) كالبنزين ورباعي كلوريد الكربون

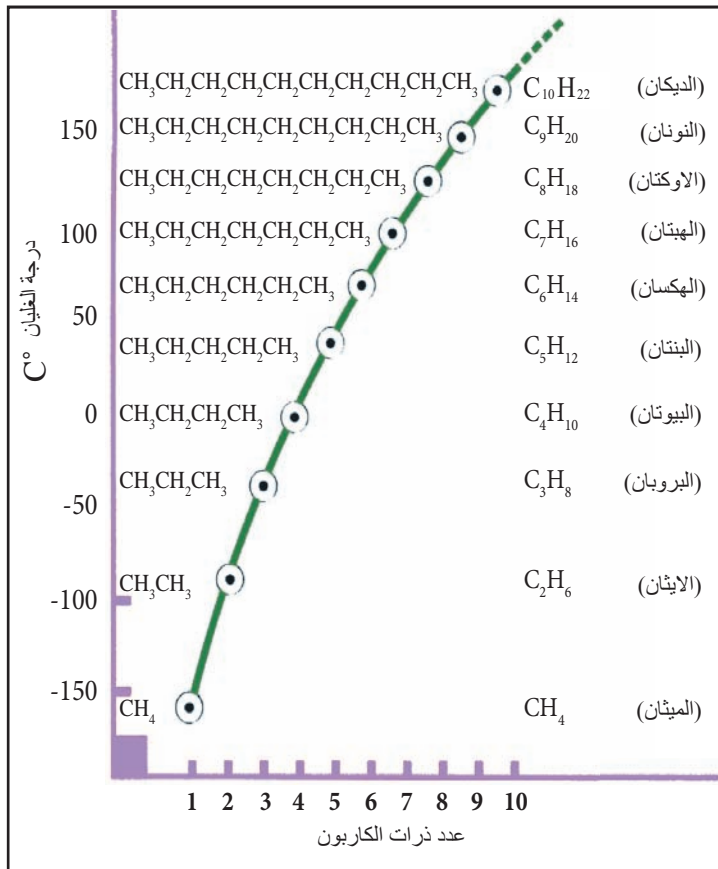
### 2 - درجة الغليان : تزداد درجة غليان الألكانات بزيادة

كتلتها المولية ونجد ان الميثان والأيثان والبروبان والبيوتان غازات في درجة حرارة الغرفة في حين ان البقية سائل. وعندما تزداد كتلتها المولية أكثر فأكثر تزداد درجة الغليان اي عندما يصبح عدد ذرات الكربون للجزيئة (18) ذرة فأكثر تصبح الألكانات مواد صلبة . ان هذا التأثير في درجة الغليان يعزى الى وجود قوى تجاذب فاندرفالز الضعيفة وهذه القوى تزداد مع صغر المسافة البينية بين الجزيئات ومع ازدياد الكتلة المولية للألكانات ذات السلسلة المستمرة تزداد المساحة السطحية للجزيئات التي تؤدي الى زيادة قوة التجاذب . ولنفس السبب تكون درجة غليان الألكان ذو السلسلة الكربونية المستمرة ( مثل البنتان المستمر) اعلى من نفس المركب ذو السلسلة الكربونية المتفرعة مثل :  
( 2 - ميثيل بيوتان )

### هل تعلم

تذوب (تمتزج ) الألكانات في مذيبات غير قطبية كالزيوت والدهون. ولهذا السبب يكون من الخطر التعرض لابخرة الألكانات اذ انها تسبب تلف انسجة الرئة لانها تعمل على اذابة المواد الدهنية المكونة لاغشية الخلايا .

الشكل(4-2) العلاقة بين درجة غليان الألكانات وعدد ذرات الكربون فيها .



### تمرين (4-6)

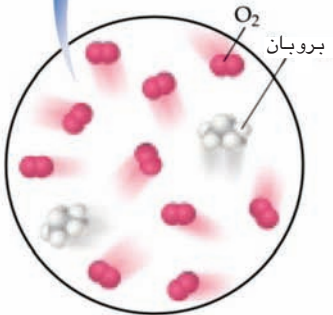
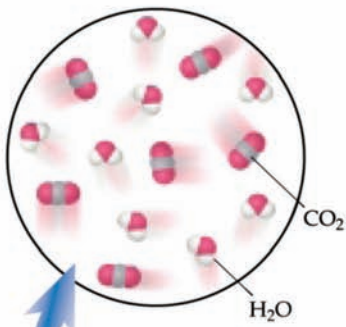
اي من المركبات التالية لها اعلى درجة غليان :

- 1 ) C<sub>5</sub>H<sub>12</sub>
- 2 ) CH<sub>4</sub>
- 3 ) C<sub>8</sub>H<sub>18</sub>
- 4 ) C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>

#### 4-6-7 الخواص الكيميائية للألكانات :

#### هل تعلم

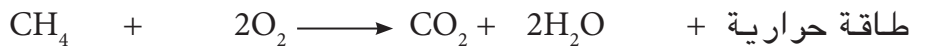
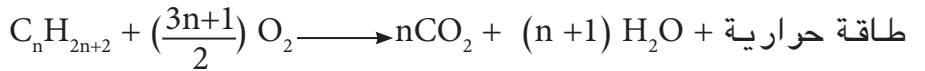
ان استخدام الوقود كمصدر رئيسي للطاقة أدى الى زيادة نسبة ثنائي اوكسيد الكربون في طبقات الجو العليا مما أدى الى حدوث ظاهرة الاحتباس الحراري وهي ظاهرة تؤدي الى حدوث تغييرات مناخية يترتب عليها تغيرات في تركيبة الانواع الحيوانيه والنباتية بالإضافة الى الاثار الصحيه السلبية على الانسان.



الشكل (3-4) احتراق الالكانات في الهواء ينتج غاز  $\text{CO}_2$  وبخار الماء  $\text{H}_2\text{O}$ .

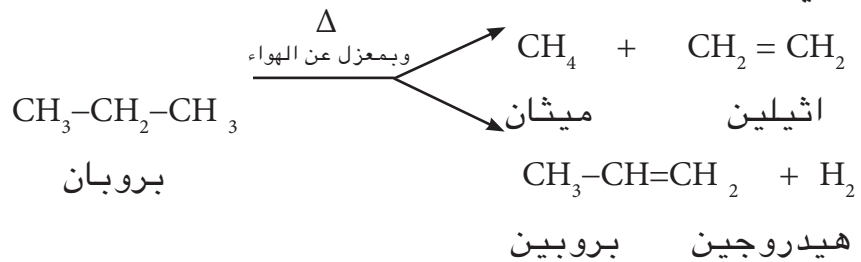
أ) **التفاعلية الكيميائية :** الألكانات اقل تفاعلية من غيرها من المركبات العضوية لكونها مركبات مشبعة جميع اواصرها مفردة وقوية وتحتاج الى طاقة كبيرة لكسرها فهي لا تتفاعل في الظروف الاعتيادية مع الحوامض المركزة كحامض الكبريتيك وحامض النتريك ولا مع القواعد القوية كهيدروكسيد الصوديوم ولا مع العوامل المؤكسدة كبرمنكنات البوتاسيوم .

ب) **الأحترق Combusion :** عند حرق الالكانات في الهواء حرقاً تاماً تعطي لهباً أزرقاً غير داخن وتتحول الى ثنائي اوكسيد الكربون وبخار الماء ويتحرر مقدار كبير من الطاقة الشكل (3-4) وهذا هو السبب في استعمالها كوقود لوسائل النقل والمحركات في الصناعة ويمكن كتابة المعادلة العامة لاحترق الالكانات كما يأتي :



#### ج) التفكك او التكسير الحراري Thermal Cracking:

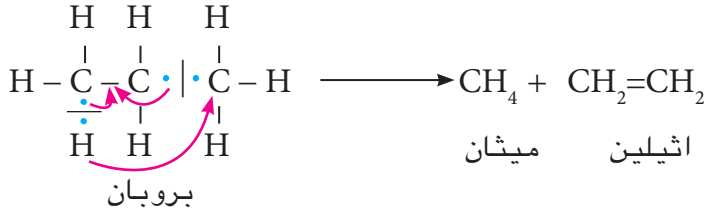
تتحول الالكانات بتأثير الحرارة وبمعزل عن الهواء الى مركبات مشبعة وغير مشبعة وذلك بفصم السلسلة الكربونية او بفقدان جزيئات الهيدروجين فمثلاً يتفكك البروبان ليعطي احتمالين مختلفين كما في المعادلة الاتية :



تعتبر هذه التفاعلات من الخطوات المهمة في عملية تصفية النفط وفصله الى مكوناته النافعة كوقود الطائرات والسيارات والمحركات الاخرى .

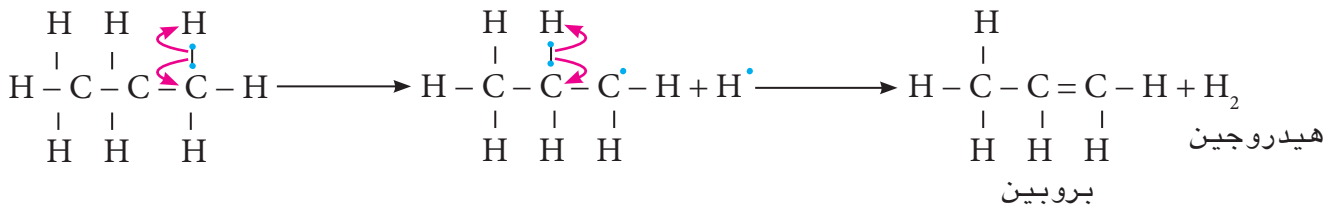
ان هذا التفاعل هو في الحقيقة مجموعة من الخطوات الفرضية والفعلية التي تتكون بها مركبات وسطية تؤدي في النهاية الى المركب النهائي . ولمعرفة الخطوات الحقيقية للعملية لابد ان نلجأ الى ما يسمى بميكانيكية التفاعل وهي :

**الاحتمال الاول :** حصول انشطار متجانس وتكوين ما يسمى بالجذور الحرة ، ثم يعاني الجذر الاكبر عادة انشطار متجانس من ذرة الكربون المجاورة التي عانت الانشطار الاول ، وانتقال ذرة H الى الجذر الاخر وتكوين اصرة مزدوجة في الجذر الاكبر وعلى الصورة الاتية :



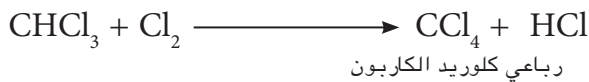
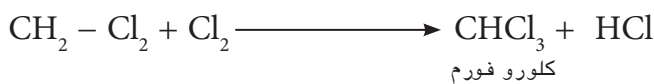
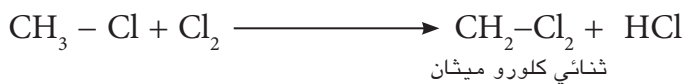
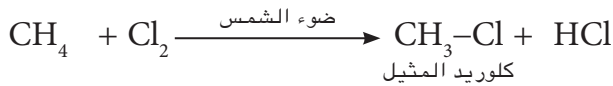
تمرين (7-4)  
اكتب نواتج التكسير الحراري لـ ن - بيوتان .

**الاحتمال الثاني :** انشطار الاصرة (H-C) لتكوين جذر حر لـ H الذي يرتبط مع جذر حر اخر لـ H ليكونا جزيء H<sub>2</sub> اما الجزء المتبقي فهو جزيء البروبين .



**د ) تفاعلات التعويض ( الأستبدال Substitution reactions ) :**

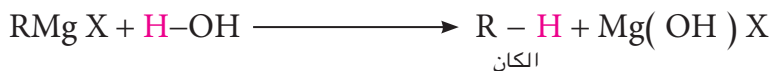
ونقصد به استبدال ذرة الهيدروجين في الألكان بذرة اخرى كالهالوجين ( Cl<sub>2</sub> , Br<sub>2</sub> ) فمثلاً عند تفاعل الميثان مع الكلور بوجود ضوء الشمس وبالتحديد الاشعة فوق البنفسجية. ان هذا التفاعل لا يتوقف إلا بعد استبدال جميع ذرات الهيدروجين في الميثان بذرات كلور



ان تفاعلات التعويض من التفاعلات الرئيسية والمميزة للالكانات. ويمكن ايقاف هذا التفاعل باضافة بعض المواد.



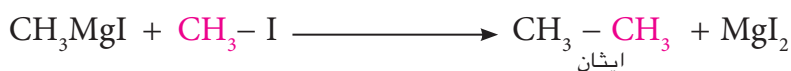
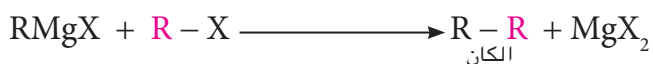
ويحضر الالكان من كاشف كرينيارد بطريقتين :  
 أ- اذا كان الالكان المطلوب يحتوي على نفس عدد ذرات الكربون  
 الموجودة في كاشف كرينيارد ، يحلل الكاشف مائياً لذا تسمى  
 هذه الطريقة بالتحلل المائي لكاشف كرينيارد .



وكمثال على التحلل المائي لكاشف كرينيارد تحضير غاز  
 الميثان من كاشف كرينيارد وكما يأتي :



ب- تفاعل كاشف كرينيارد مع هاليد الكيل يعطي الكان يحتوي  
 على عدد ذرات كربون اكثر مما موجود في الكاشف بعدد ذرات  
 الكربون في هاليد الالكيل.



#### تمرين (4-9)

من كلوريد الاثيل وما تحتاج إليه  
 من مواد حضر .  
 أ ) الايثنان  
 ب ) البروبان

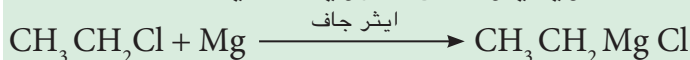
#### مثال 3-4 :

من كلوريد الاثيل و 2 - كلوروبروبان وما تحتاج إليه من مواد  
 حضر :

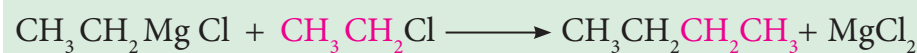
أ ) ن - بيوتان      ب ) 2 - مثيل بيوتان

#### الحل :

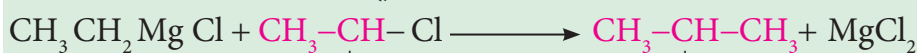
أ ) نحضر اولاً كاشف كرينيارد من كلوريد الاثيل



لزيادة عدد ذرات الكربون والحصول على ن - بيوتان نحتاج  
 الى هاليد الكيل عدد ذرات الكربون فيه يساوي 2 .



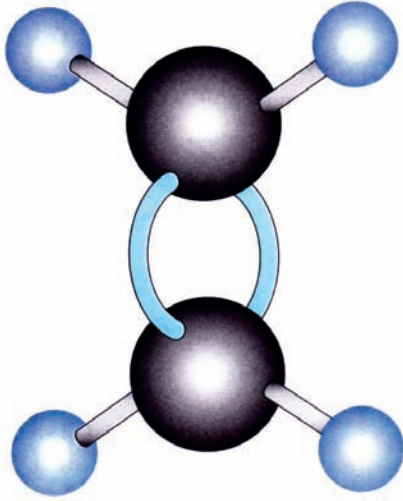
ب ) لتحضير 2 - مثيل بيوتان نحتاج الى المركب 2 - كلورو  
 بروبان لزيادة عدد ذرات الكربون في كاشف كرينيارد



|  
 CH<sub>3</sub>  
 2-كلوروبروبان

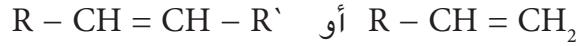
|  
 CH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>  
 2-مثيل بيوتان



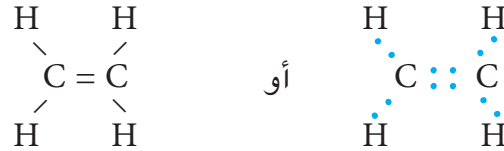


شكل جزيئة الاثيلين

وهي هيدروكربونات غير مشبعة تعتبر ثاني متسلسلة متشاكلة تحتوي افرادها على عدد اقل من ذرات الهيدروجين عند مقارنتها بالالكانات . ان كل فرد من هذه المتسلسلة يحتوي على أصورة مزدوجة (Double bond) ويعبر عنها بالقانون العام  $C_nH_{2n}$  أو بالصيغ العامة الآتية :



حيث  $R = R'$  يعني الكين متناظر و  $R \neq R'$  يعني الكين غير متناظر . وتدخل الالكينات تفاعلات الاضافة والاكسدة والاختزال والاحتراق ومن ابسط افراد هذه المتسلسلة هو الاثيلين .



ويمكن كتابته على الصورة  $CH_2 = CH_2$

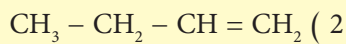
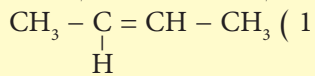
تمرين (10-4)

جميع الصيغ الآتية تمثل جزيئات الكينات باستثناء واحد:-

- 1)  $C_4H_8$
- 2)  $C_5H_{10}$
- 3)  $C_7H_{16}$
- 4)  $C_6H_{12}$

تمرين (11-4)

سمِّ مركبات الألكين الآتية وفق نظام التسمية العام :



### 7 - 4 - 1 التسمية العامة للالكينات :

تسمى الالكينات وفق القواعد الآتية :

1 - نختار اطول سلسلة كاربونية مستمرة شرط ان تحتوي على الاصورة المزدوجة.

2 - نبدأ بالترقيم من ذرة الكربون الاقرب الى الاصورة المزدوجة ونعطيها اسم الالكان المقابل. ونستبدل المقطع الاخير (آن) (ane) من اسم الالكان بالمقطع (ين) (ene) .

3 - نعين موقع الاصورة المزدوجة بأختيار اصغر الرقمين الموجودين على الاصورة المزدوجة.

4 - نحدد مجاميع الالكيل او المجاميع الأخرى حسب ذرات الكربون المرقمة.

ويبين الجدول (3-4) الاسماء النظامية والقديمة (الشائعة) لبعض الالكينات.

الجدول 3-4 الاسماء الشائعة والنظامية لبعض الالكينات

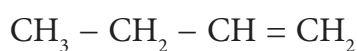
الصيغة التركيبية	الاسم النظامي	الاسم الشائع
$\text{CH}_2 = \text{CH}_2$	ايثين	اثيلين
$\text{CH}_3 - \text{CH} = \text{CH}_2$	بروبين	بروبلين
$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH} = \text{CH}_2$	1 - بيوتين	بيوتلين
$\text{CH}_3 - \text{CH} = \text{CH} - \text{CH}_3$	2 - بيوتين	
$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH} = \text{CH}_2$	1 - بنتين	بنتلين
$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH} = \text{CH} - \text{CH}_3$	2 - بنتين	
$\text{CH}_3 - \text{CH} - \text{CH} = \text{CH}_2$   $\text{CH}_3$	3 - مثيل - 1 - بيوتين	
$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{C} = \text{CH}_2$   $\text{CH}_3$	2 - مثيل - 1 - بيوتين	

4 - 7 - 2 الجناس الهندسي (جناس التجاور والتقابل أو جناس

سس و ترانس

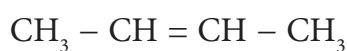
ذكرنا سابقاً ان الجناس هو ظاهرة تماثل في الصيغة الجزيئية والاختلاف في الصيغة التركيبية والخواص الفيزيائية والكيميائية. يضاف الى ذلك وفي بعض الالكينات ظاهرة اخرى ناتجة عن صعوبة الدوران او البرم حول الاصرة المزدوجة بسبب اختلاف نوع وترتيب المجاميع حول كل من نرتي كاربون الاصرة المزدوجة وهذه الظاهرة تمثل بالاشكال الهندسية (سس (cis)، و ترانس (trans)). فمثلا الصيغ التركيبية المتوقعة في الصيغة الجزيئية  $\text{C}_4\text{H}_8$  بما فيها المتجانسات الهندسية كالاتي:

(A)



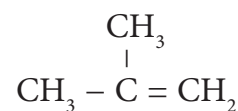
1 - بيوتين

(B)



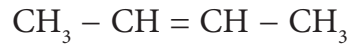
2 - بيوتين

(C)

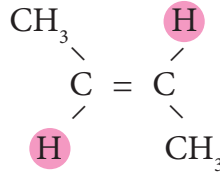


مثيل بروبين

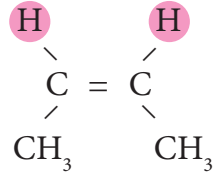
ان الجناس 2 - بيوتين يعطي متجانسات هندسية وعلى الصورة الاتية :



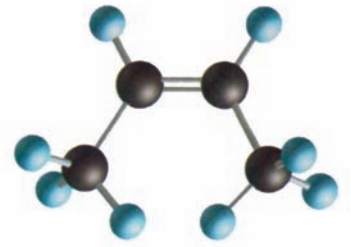
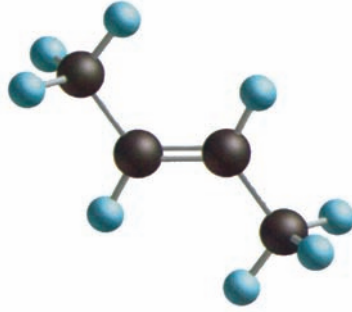
2 - بيوتين



ترانس- 2 - بيوتين



سس - 2 - بيوتين



ان الشرطين الاساسيين لجعل المركب يعطي جناساً هندسياً هما ان يكون موقع الاصرة المزدوجة وسطية لا طرفية وكذلك عدم وجود تفرع على نرتي كاربون الاصرة المزدوجة، وهذا ما يحققه 2 - بيوتين .

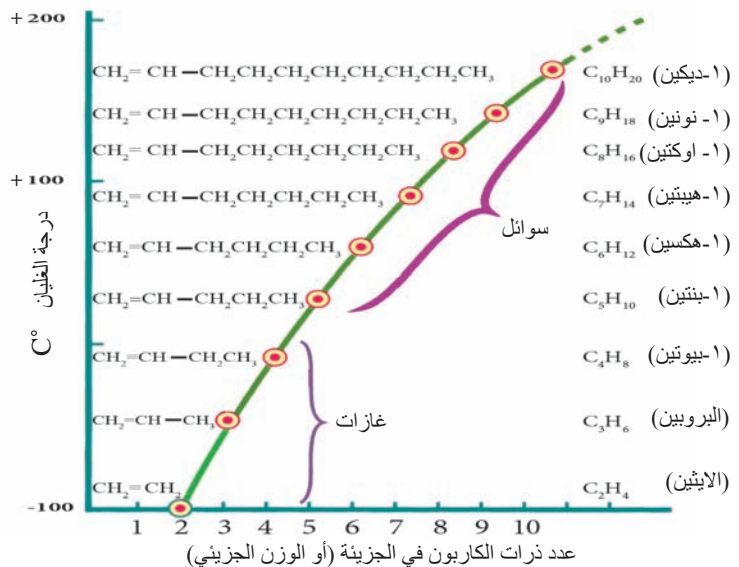
#### 4 - 7 - 3 الخواص الفيزيائية للألكينات

1 - الأفراد الثلاث الأولى منها غازات والبقية سوائل.

2 - تزداد درجة غليانها بزيادة الكتلة المولية لها .

3 - لا تذوب في الماء لكنها تذوب في المذيبات العضوية .

ويبين الشكل (4 - 4) العلاقة بين درجات غليان الألكينات وعدد ذرات الكاربون في صيغها الجزيئية .



الشكل (4-4) العلاقة بين درجات غليان الألكينات وعدد ذرات الكاربون في صيغتها الجزيئية.

تمرين (4-12)

اكتب متجانسات الألكين C<sub>5</sub>H<sub>10</sub> وحدد ايها يعطي متجانسات هندسية .

## 4 - 7 - 4 الكواشف الباحثة عن :

### 1 - الالكترونات (الكتروفيل Electrophile)

### 2 - النواة ( النيوكلوفيل Neucleophile)

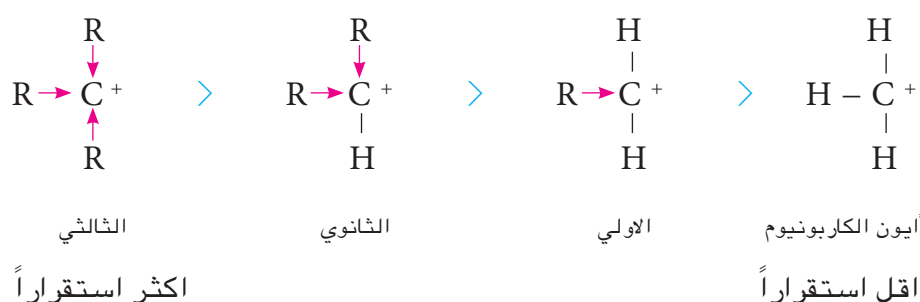
تدعى الدقائق (نرات، أو جزيئات أو أيونات) التي تستطيع استيعاب زوج واحد من الالكترونات اي انها تمتلك اوربيتال فارغ بالكواشف الباحثة عن الالكترونات وتسمى الكتروفيل (Electrophile) أو (حوامض لويس) أما الدقائق (نرات أو جزيئات أو أيونات) التي تستطيع هبة زوج من الالكترونات والمشاركة فيها فتعرف بالكواشف الباحثة عن النواة وتسمى نيوكلوفيل (Neucleophile) أو (قواعد لويس) والجدول 4 - 4 يبين أمثلة عن النوعين من الكواشف.

الجدول 4-4 امثلة عن الكواشف الباحثة عن الالكترونات والباحثة عن النواة

كواشف باحثة عن النواة (نيوكلوفيل) (قواعد لويس)	كواشف باحثة عن الالكترونات (الكتروفيل) (حوامض لويس)
أيون الهيدريد السالب $H^-$ :	أيون الهيدروجين الموجب $H^+$
أيون الهاليد $X^-$ (F <sup>-</sup> , I <sup>-</sup> , Cl <sup>-</sup> , Br <sup>-</sup> )	أيون كربونيوم $C^+$
أيون الهيدروكسيد $OH^-$	فلوريد البورون $BF_3$
أيون الكربانيون السالب $C^-$	مجموعة الكربونيل المستقطبة $C=O$
الأصرة المزدوجة $C=C$	كلوريد الالمنيوم $AlCl_3$
الأصرة الثلاثية $C \equiv C$	
الامونيا $NH_3$ :	

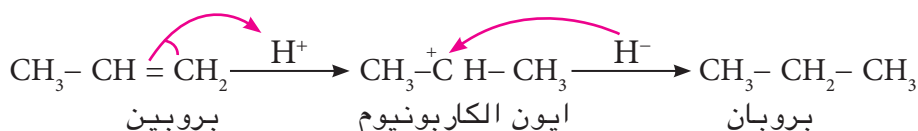
### استقرارية أيون الكربونيوم الموجب :

ان أيون الكربونيوم الموجب يكون أكثر استقراراً كلما ازدادت عدد المجاميع الدافعة للالكترونات المرتبطة بذرة الكربون الموجبة. حيث يعتبر أيون الكربونيوم الثالثي أكثر الانواع استقراراً.



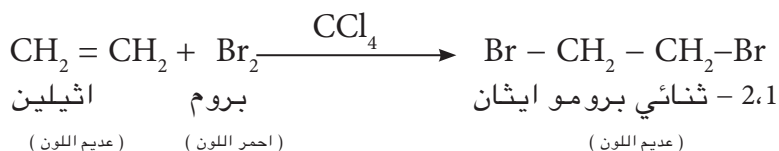


وميكانيكية تفاعل اضافة الهيدروجين لالكين تكون بتأثير البلاطين فتنشطر جزيئة الهيدروجين الى أيون الهيدروجين الموجب و أيون الهيدريد السالب حيث يضاف أيون الهيدروجين الموجب أولاً مكوناً أيون الكربونيوم ثم يضاف أيون الهيدريد السالب كما موضح كالآتي :



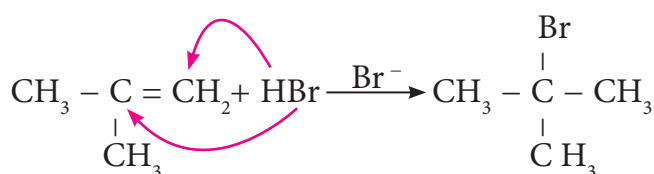
## 2 - اضافة الهالوجينات (الهجنة) Halogenation

عند اضافة محلول البروم في رابع كلوريد الكربون (احمر اللون) الى الأصرة المزدوجة نلاحظ اختفاء اللون الاحمر دلالة على تفاعل البروم مع الأصرة المزدوجة وتكوين مركب ثنائي الهاليد وتعتبر هذه العملية طريقة للكشف عن الأصرة المزدوجة. او للتمييز بين الالكان والالكين .



## 3 - اضافة هاليد الهيدروجين HX (HCl أو HBr)

وتكون الاضافة حسب المعادلة الاتية :



2 - مثيل - 1 - بروبين

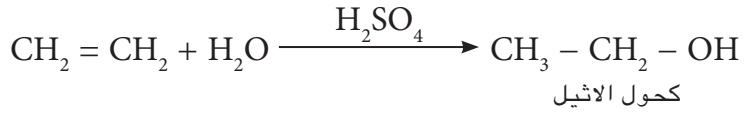
2 - برومو - 2 - مثيل بروبان

تمرين (4-13)

ان تفاعل بروميد الهيدروجين مع البروبين يعطي 2 - برومو بروبان وليس 1 - برومو بروبان، علل سبب ذلك .

## 4 - اضافة حامض الكبريتيك المركز الى الالكين ثم التحلل المائي للنتاج

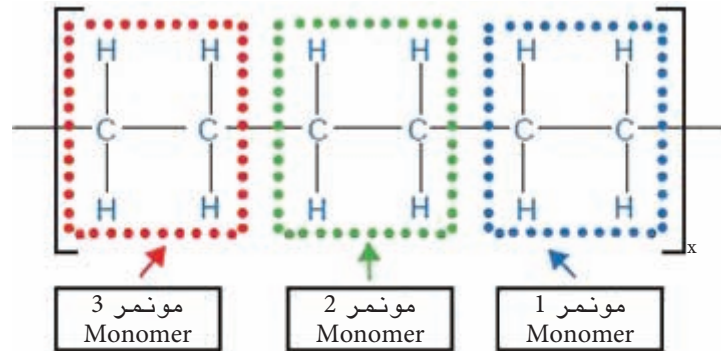
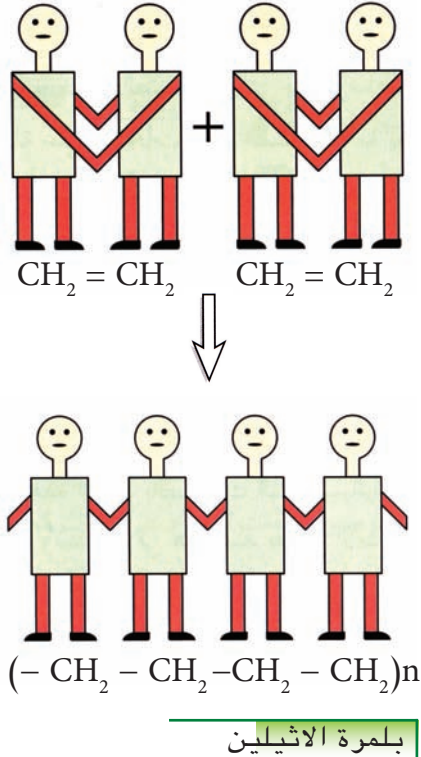
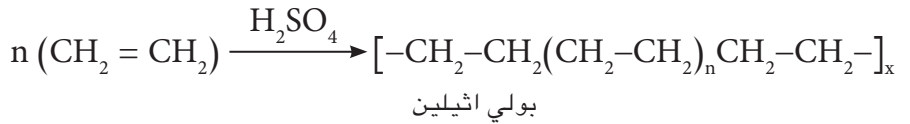
عند امرار احد الالكينات مثل غاز الاثيلين في حامض الكبريتيك المركز وتحلل الناتج مائياً يتكون الكحول المقابل (كحول الاثيل) وحسب معادلة التفاعل المبسطة الاتية :



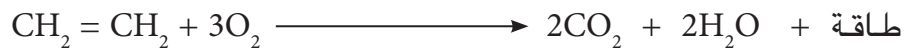
يستعمل هذا التفاعل في الصناعة النفطية لفصل الالكينات عن الالكانات وبعد عملية التكسير الحراري وتعتبر طريقة تجارية لتحضير الكحولات حيث أن المركب الوسطي (كبريتات الاثيل الهيدروجينية) يتحلل مائياً ليعطي كحول وحامض الكبريتيك المخفف .

## 5 - البلمرة Polymerization

وهو نوع من تفاعلات الاضافة للالكينات حيث تتضاعف جزيئات الالكين المنفردة والتي تدعى مونمر ( Monomer ) بالاتحاد مع بعضها بوجود عامل مساعد مناسب (مثل حامض الكبريتيك) لتكوين جزيء واحد مشبع ذا كتلة مولية كبيرة تدعى بوليمر (Polymer) حيث تنتج مادة بلاستيكية فمثلاً ينتج من تفاعل جزيئات الاثيلين مادة بولي اثيلين .



**ب - الاحتراق:** تحترق الالكينات في الهواء بلهب داخن (لان نسبة الكربون في الالكين اكبر مما في الالكان) مكونه  $\text{CO}_2$  وبخار الماء ومحركة طاقة .

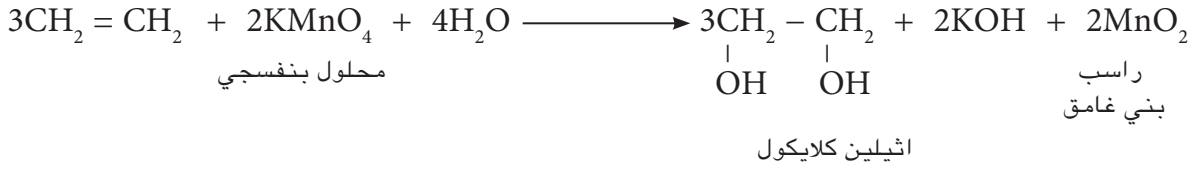


**ج - الاكسدة:** عند مزج محلول مائي مخفف (بارد) لبرمنكنات البوتاسيوم  $\text{KMnO}_4$  (بنفسجي اللون) مع الالكينات يختفي اللون البنفسجي بسرعة نتيجة لأكسدة الأصرة المزوجة جزئياً من قبل العامل المؤكسد القوي (برمنكنات البوتاسيوم) الى مشتق ثنائي الهيدروكسيل الذي يعرف بـ (الكلايكول) ويظهر راسب بني هو ثنائي أوكسيد المنغنيز.

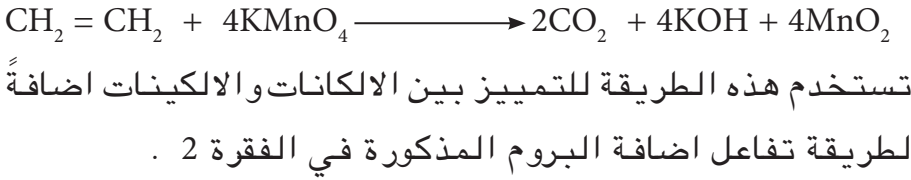
### هل تعلم

لتفاعل البلمرة اهمية صناعية كبيرة وخاصة الصناعات البلاستيكية كما هو الحال في تحضير المطاط الصناعي والكثير من البوليمرات .





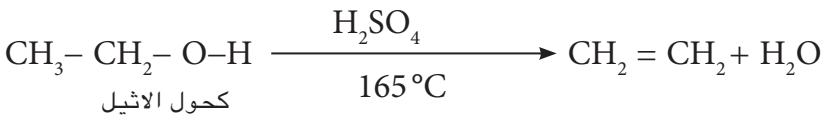
اما اذا استعمل محلول برمنكنات البوتاسيوم المركز الساخن فيتأكسد الاثيلين بشكل تام كما في المعادلة الاتية :



### 4 - 7 - 6 تحضير الالكينات في المختبر

#### 1 - سحب جزيئة ماء من الكحول :

يتم ذلك باستعمال عوامل مساعدة مختلفة نذكر منها حامض الكبريتيك المركز فعند مزج الحامض مع الكحول وتسخينهما الى درجة حرارة 165°C يتحرر الاولفين (الاثيلين) .



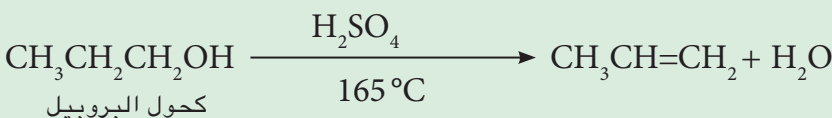
لابد ان نشير الى ان ذرة الهيدروجين تحذف من على ذرة الكربون المجاورة لذرة الكربون الحوية على OH . وستتعرف على ميكانيكية هذا التفاعل بالتفصيل في المراحل القادمة .

#### مثال 4-4 :

حضر البروبين من كحول مناسب وما تحتاج اليه .

#### الحل :

بما اننا نريد تحضير البروبين  $\text{CH}_3\text{CH}=\text{CH}_2$  فلا بد ان نختار كحول يحتوي على ثلاث ذرات كربون وفي هذه الحالة نختار كحول البروبيل  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$  . ويجري التفاعل وفق المعادلة الاتية :



#### تمرين (4-14)

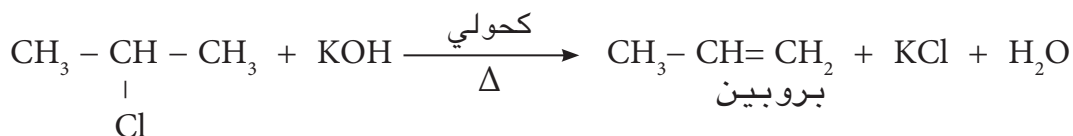
وضح بمعادلات كيميائية كيف يمكنك تمييز المركب 2 - مثيل بروبين عن المركب بيوتان باستخدام محلول البروم المذاب في  $\text{CCl}_4$  .

#### تمرين (4-15)

حضر 1 - بيوتين من كحول مناسب وما تحتاج اليه .

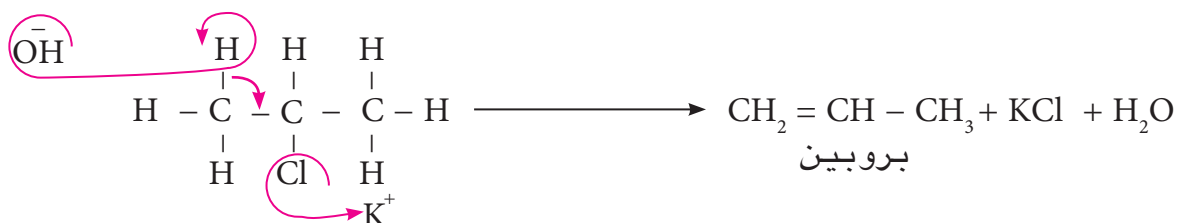
## 2- سحب جزيئة HX من هاليد الألكيل :

يحضر الألكين من تسخين هاليد الألكيل R - X مع قاعدة قوية مثل هيدروكسيد البوتاسيوم KOH المذاب في كحول (حيث يستعمل الكحول كعامل مساعد) يتحرر الأولفين بسهولة.



2- كلورو بروبان

### ميكانيكية التفاعل :



لاحظ هنا أيضاً ان ذرة الهيدروجين حذفت من ذرة الكربون المجاورة لذرة الكربون الحاملة للهاليد ( الكلوريد ) .

تمرين (4-16)

حضر 1- بيوتين من هاليد الألكيل مناسب وماتحتاج اليه .

## 4 - 8 الألكينات (الاستيلينات) Alkynes



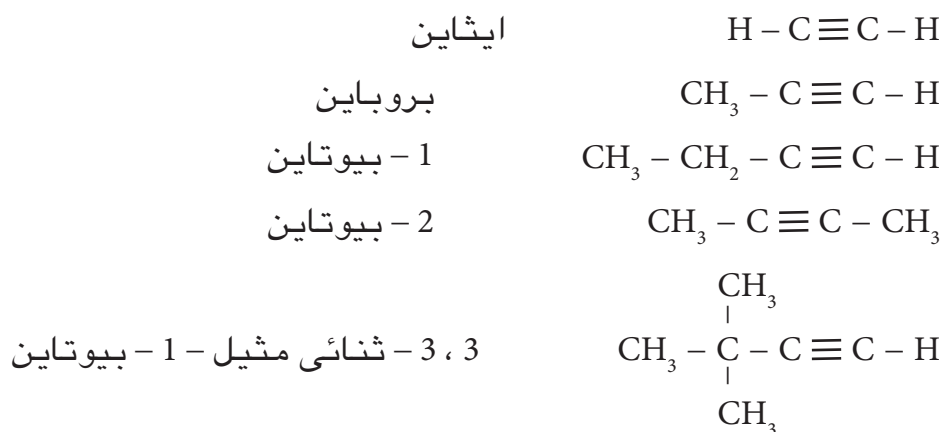
قناني غاز الاستيلين

وهي المتسلسلة المتشاكلة الثالثة من الهيدروكربونات قانونها العام  $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$  والصيغة العامة  $\text{R} - \text{C} \equiv \text{C} - \text{H}$  أو  $\text{R} - \text{C} \equiv \text{C} - \text{R}$  وتتميز بأحتوائها على الأصرة الثلاثية  $(-\text{C} \equiv \text{C}-)$  واول افرادها هو الاستيلين  $(\text{H} - \text{C} \equiv \text{C} - \text{H})$  ومنه جاء اسمها بالاستيلينات حيث تكون الأزواج الالكترونية الثلاثة بين نرتي كربون الأصرة الثلاثية للاستيلينات. والاستيلينات كالأوليفينات تعاني تفاعلات اضافة. والظاهر ان هناك فرقاً بين الأصرة الثلاثية والمزدوجة في فعاليتها تجاه الكواشف الباحثة عن الالكترونيات ولذلك يلزم في الغالب استعمال العوامل المساعدة في تفاعلات الاضافة للاستيلينات اضافة الى ذلك ان ذرة الهيدروجين المرتبطة بذرة كربون الأصرة الثلاثية اكثر فعالية من تلك المرتبطة بذرة كربون الأصرة المزدوجة فهي قابلة للاحلال بفلز وتعتبر ذرة هيدروجين حامضية.

## 4 - 8 - 1 نظام التسمية العام للالكينات

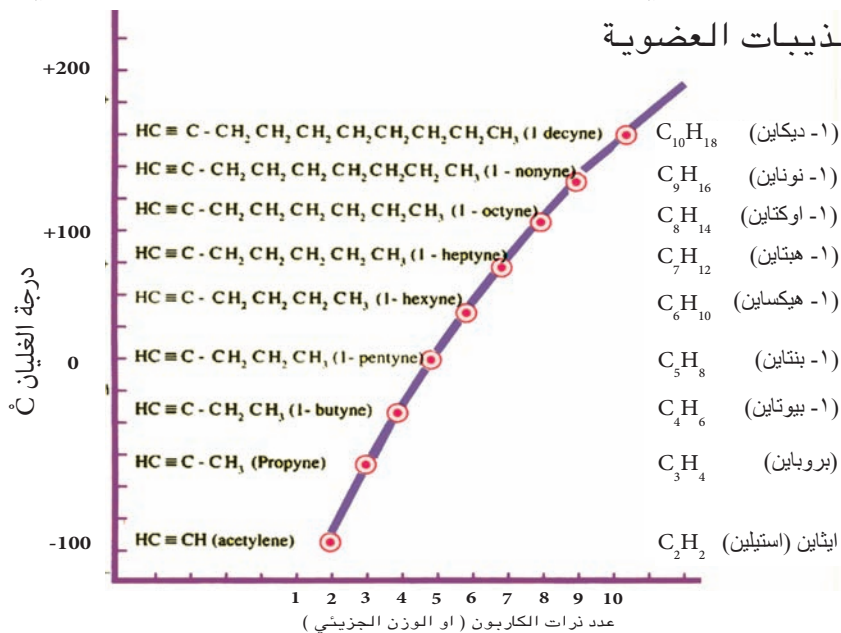
### قواعد التسمية :

- 1 - تنتخب أطول سلسلة مستمرة من ذرات الكربون التي تضم ذرتي كربون الأصرة الثلاثية , ثم نرقم ذرات كربون السلسلة من الطرف الذي يعطي ذرتي كربون الأصرة الثلاثية اصغر الأرقام. ويعطى اسم الألكان المقابل ويستبدل المقطع (آن) (ane) من اسم الألكان بالمقطع (آين) (yne) الدال على وجود أصرة الثلاثية. ويعين موقع الأصرة الثلاثية بأختيار اصغر الرقمين.
- 2 - تعطى الفروع الجانبية اسمائها وتعين مواقعها بأرقام ذرات الكربون التي تحملها السلسلة. والامثلة التالية توضح تسمية بعض الألكينات.



## 4 - 8 - 2 الخواص الفيزيائية للالكينات

- 1 - تزداد درجة غليانها بزيادة الكتلة المولية، والأفراد الأربعة الأولى غازات والبقية سائل.
- 2 - قليلة الذوبان في الماء والمذيبات القطبية ولكنها تنوب في



الشكل (4-5) العلاقة بين درجات غليان الألكينات وعدد ذرات الكربون فيها

## 4 - 8 - 3 الخواص الكيميائية للالكينات

تحتوي الالكينات ذات الصيغة التركيبية ( $R - C \equiv C - H$ ) على مجموعتين فعالتين هما :

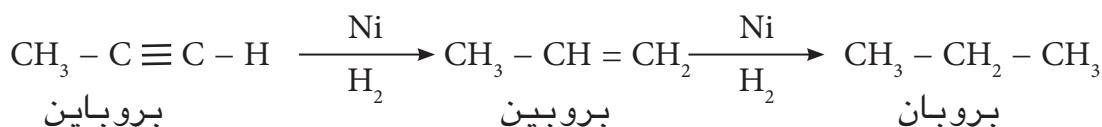
- 1- المجموعة الفعالة الأولى وهي الاصرة الثلاثية
- 2- المجموعة الفعالة المتمثلة بالهيدروجين الحامضي الضعيف والقابل للاستبدال لتكوين استيليد مثل استيليد الصوديوم.

### أ - تفاعلات الاضافة Addition Reactions

ان وجود الاصرة الثلاثية غير المشبعة في الالكينات يجعلها تسلك سلوكاً كيميائياً مشابهاً للالكينات (الاولفينات) حيث انها تحاول اشباع هذه الاصرة جزئياً او كلياً. ومن تفاعلات الاضافة.

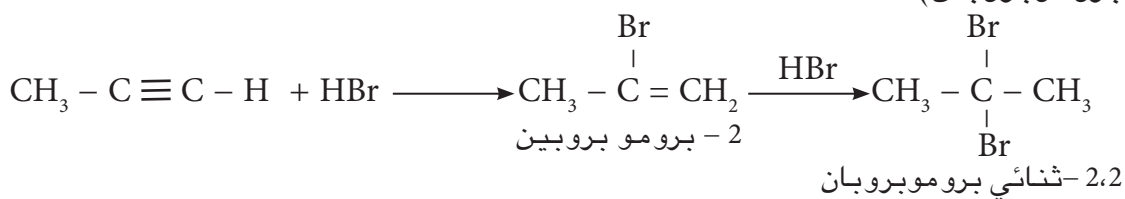
#### 1 - الهدرجة (اضافة الهيدروجين)

من الممكن اشباع الاصرة الثلاثية في الالكينات بمفاعلها مع غاز الهيدروجين بوجود النيكل او البلاتين كعامل مساعد على مرحلتين ففي المرحلة الاولى يتكون الالكين (الاولفين) وفي المرحلة الثانية يتحول الالكين الى الالكان.



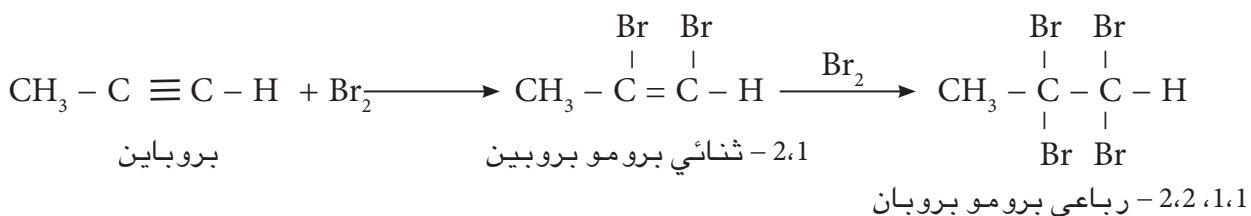
#### 2 - اضافة جزيء هاليد الهيدروجين

ان اضافة الحوامض مثل اضافة هاليدات الهيدروجين ( $HX$ ) مشابه لما مر سابقاً في تفاعلات الاضافة للالكينات ولكن على مرحلتين ويتكون مركب مثل تكوين ثنائي الهاليد (2,2 - ثنائي بروموبروبان).



#### 3 - اضافة الهالوجين (الهجنة) ( $Br_2$ , $Cl_2$ )

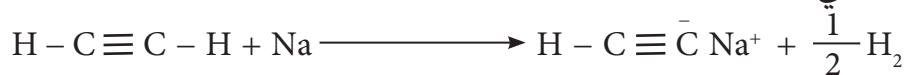
من السهولة اضافة جزيئة هالوجين للاصرة الثلاثية وتكوين الكين (اولفين) مهلجن اولاً، وباضافة جزيئة اخرى من الهالوجين يتم اشباع الاصرة المزدوجة للالكين المهلجن .



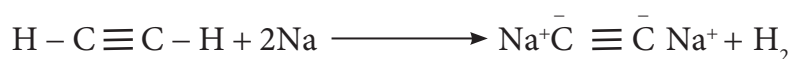
## ب - تفاعلات الازاحة وتكوين الاستيليدات

وهي تفاعلات نرة الهيدروجين الحامضية المتصلة بذرة  
كربون الأصرة الثلاثية والاستليد هو ملح مشتق من فلز فعال  
مثل الصوديوم والكاين واثناء تحلله المائي يحرر الالكاين

الاصلي:



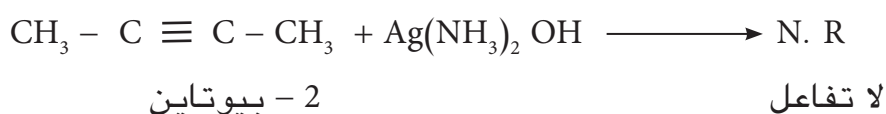
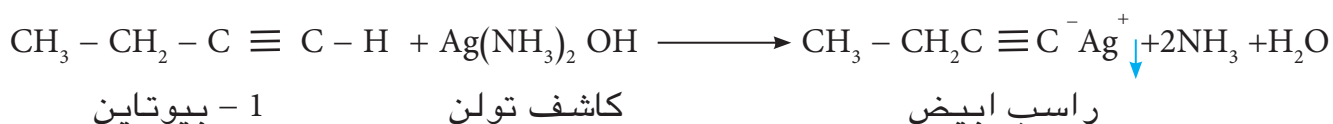
استليد الصوديوم



استليد ثنائي الصوديوم

## 4 - 8 - 4 التمييز بين الكاين حامضي والكاين غير حامضي

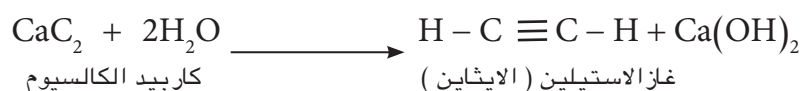
يمكن التمييز بين الكاين حامضي والكاين غير حامضي  
وبالتحديد بين 1 - بيوتايين و 2 - بيوتايين بأستخدام كاشف  
تولن وهو هيدروكسيد الفضة الامونياكي  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2 \text{OH}]$  حيث  
يتفاعل كاشف تولن مع 1 - بيوتايين ويعطي راسب ابيض من  
استليد الفضة في حين لا يتفاعل مع 2 - بيوتايين لانه لا يحتوي  
على نرة هيدروجين حامضية فعالة .



## 4 - 8 - 5 تحضير الالكينات

### أ - تحضير غاز الاستيلين صناعيا ومختبرياً

1 - من التحلل المائي لكربيد الكالسيوم كما موضح في المعادلة  
الاتية :





## اسئلة الفصل الرابع

9.4 ما هي الصيغ التركيبية للكانات (البارافينات) ذات الصيغة الجزيئية  $C_5H_{12}$ ؟

10.4 ما هي الالكينات الممكنة ذات الكتلة المولية  $70 \text{ g/mol}$  علما ان الكتل الذرية  $C = 12$  ,  $H = 1$

11.4 اكمل الفراغات الاتية بما يناسبها:

- 1 - القانون العام للكانات .....
- والالكينات ..... والالكينات.....
- 2 - الصيغة العامة للكانات .....
- والالكينات ..... والالكينات.....
- 3 - المجموعة العاملة أو الفعالة في الالكينات ..... والالكينات .....
- و .....

12.4 علل ما يأتي:

أ ) لماذا نضطر احيانا الى كتابة الصيغة التركيبية.

ب ) لا توجد ذرة هيدروجين رابعة ولا ذرة كربون خامسية.

ج ) تزداد درجة غليان الالكان بزيادة الكتلة المولية.

د ) الالكانات لا تنوب في الماء.

هـ ) الالكانات مركبات غير فعالة.

و ) عند اضافة HBr الى البروبين يتكون

2 - برومو بروبان وليس 1 - برومو بروبان

ز ) عملية اضافة حامض الكبريتيك المركز الى الالكين ثم التحلل المائي للنتاج مهمة تجارياً ومهمة صناعياً.

ح ) يتفاعل كاشف تولن مع 1 - بيوتايين ولا

يتفاعل مع 2 - بيوتايين.

1.4 ما هي اهم صفات المركبات العضوية وبماذا تختلف عن المركبات غير العضوية؟

2.4 ماذا نقصد بالهيدروكربونات وكيف تصنف؟

3.4 ما هي الصفة الفريدة لذرة الكربون؟

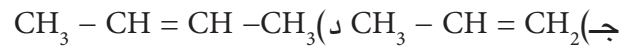
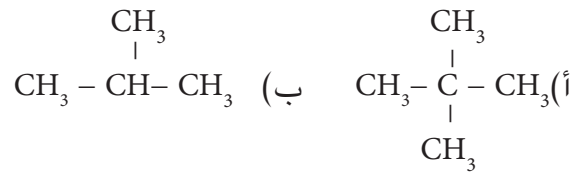
4.4 ماذا نعني بالمتسلسلة المتشاكله وما هي فوائدها؟

5.4 ما المقصود بـ

أ - الجناس .

ب - الصيغة التركيبية.

6.4 اعط الاسماء النظامية لكل من الصيغ التركيبية الاتية :



7.4 ما هي الاسماء الشائعة أو القديمة لكل مما يأتي:



8.4 اكتب الصيغ التركيبية لكل من الاسماء الاتية:

أ ) 2 - مثيل - 2 - بيوتين

ب ) 2 - مثيل - 1 - بنتين

ج ) 2,2 - ثنائي مثيل بروبان



13.4 كيف يمكنك اختيار طريقة تحضير واحدة لكل مما يأتي:

البروبان ، البروبين ، البروبانين .  
14.4 ابتداء من كلوريد الاثيل وما تحتاج اليه كيف يمكنك تحضير :

أ - الايثان

ب - الاثيلين

وكيف تميز بينهما عمليا في المختبر .

15.4 ابتداء من كربيد الكالسيوم وما تحتاج اليه كيف يمكنك تحضير :

أ ) البروبانين

ب ) 2 - بيوتانين

وكيف تميز بينهما عمليا .

16.4 عبر عن التفاعلات الاتية بصيغ تركيبية:

1 - اضافة بروميد الهيدروجين الى البروبين

2 - سحب HCl من كلوريد الاثيل بواسطة KOH الكحولي مع التسخين .

3 - سحب الماء من كحول الاثيل بواسطة حامض الكبريتيك المركز مع التسخين

الى 165°C .

4 - اكسدة الاثيلين بواسطة برمنكنات البوتاسيوم المركز الساخن .

5 - تفاعل استيليد الصوديوم مع 2 كلورو بروبان .

17.4 اختر الجواب الصحيح لكل مما يأتي:

1 - الالكانات :

أ ) دائماً غازات .

ب ) تذوب في الماء .

ج ) تحتوي على اواصر تساهمية مفردة .

2 - اي الجزيئات الاتية ينطبق عليها

القانون العام للالكينات:

أ )  $C_3H_8$  .

ب )  $C_3H_6$  .

ج )  $C_3H_4$  .

3 - اي الكواشف الاتية تستخدم للتمييز بين

غاز الاثيلين والايثان:

أ ) ماء البروم الاحمر .

ب ) ماء الجير .

ج ) محلول نترات الفضة .

18.4 اي من الجزيئات الاتية الكان ؟

أ )  $C_{15}H_{32}$  .

ب )  $C_{20}H_{38}$  .

ج )  $C_9H_{20}$  .

19.4 ما الصيغة الجزيئية لألكين يتكون من 4

نرات كربون ؟

20.4 ان عدد الاواصر التساهمية في الصيغة

الجزيئية للاستيلين ( $H-C\equiv C-H$ ) يساوي:

أ ) 3

ب ) 2

ج ) 5

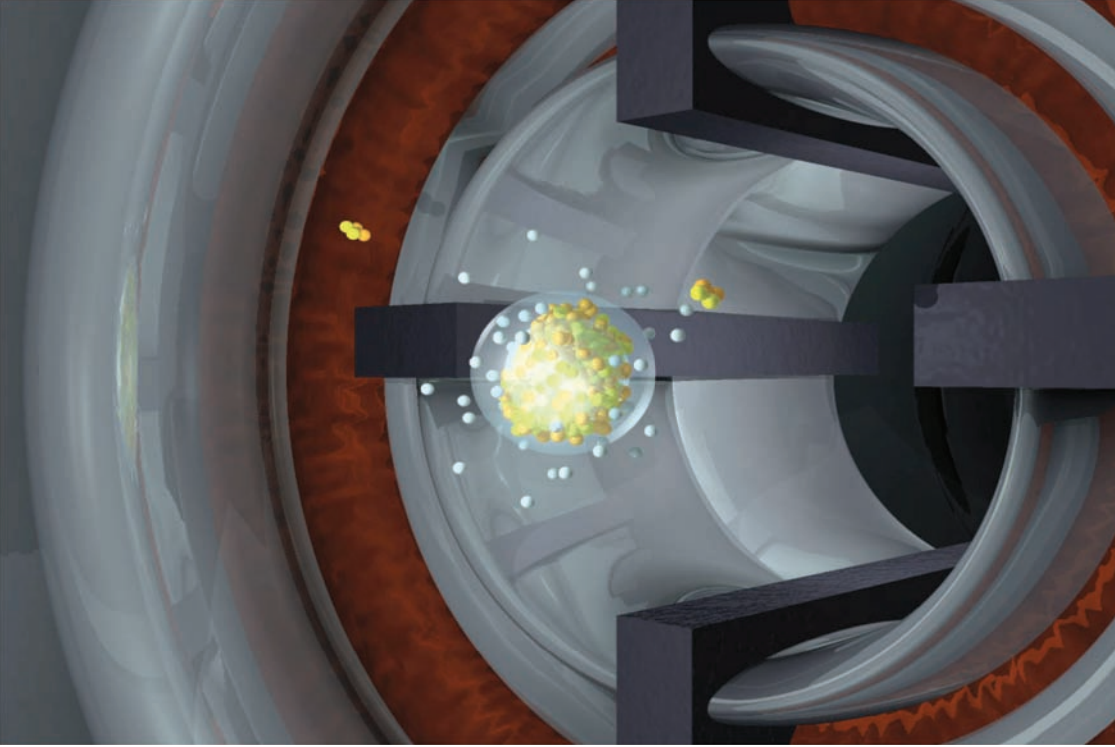
21.4 اكتب معادلة تمثل تفاعل إضافة تامة

للهدروجين الى 2 - بيوتانين بوجود العامل

المساعد ؟

## Nuclear Chemistry

## 5



بعد الانتهاء من دراسة هذا الفصل يكون الطالب قادراً على ان :-

- يعرف النوية واهميتها في التفاعلات النووية .
- يعرف النظائر وانواعها والافادة منها في مجال الطب والعلوم والاثار .
- يشرح كيفية تحديد عمر النصف للنظائر وعلاقته بالنظير  $^{14}\text{C}$  .
- يعرف النشاط الاشعاعي ويعدد انواعه .
- يستطيع كتابة المعادلة النووية وكيفية موازنتها .
- يميز بين الانشطار النووي والاندماج النووي وفائدة كل منهما.
- يقدر خطورة الاشعاعات المؤينة وتأثيراتها على الاجسام الحية وكيفية الوقاية منها.



الانفجار العظيم

توصل العلماء الى ان الكون الذي نعيش فيه تكون نتيجة ما يسمى بالانفجار العظيم (Big Bang) وكانت درجة الحرارة فيه تقدر ببلايين عديدة من الدرجات السليزية ونتج عن هذا الحدث كمية كبيرة من الطاقة يصعب تقديرها، واعداد هائلة من الجسيمات الدقيقة (البروتونات والنيوترونات والالكترونات) والتي تكونت منها العناصر المختلفة. كانت المادة تأخذ شكل البلازما ( وهو ما يمثل الحالة الرابعة للمادة ) وهي بحر من النوى الموجبة والالكترونات السالبة .

عند دراسة العلماء للعناصر المختلفة وجدوا انها تتكون من جسيمات صغيرة تدعى الذرات (Atoms) وهذه بدورها تتألف من جسيمات اساسية تتمثل بالنواة (Nucleus) وهي المحور الذي تدور حوله الكيمياء النووية. وهذا الجسم المتناهي بالصغر (النواة) تتمركز فيه معظم كتلة الذرة والتي تكون اكبر بكثير من كتلة الالكترونات (Electrons) وهي جسيمات صغيرة تدور حول النواة بسرعة كبيرة وتحمل شحنة سالبة ( $e^-$ ). وفي الذرة يكون عدد الشحنات الموجبة مساويا لعدد الشحنات السالبة لذلك تكون متعادلة كهربائياً. ان سبب الشحنة الموجبة للنواة هو وجود جسيمات فيها تدعى البروتونات (Protons) وهي جسيمات موجبة الشحنة يرمز لها ( $p^+$ ). وتوجد جسيمات اخرى في النواة متعادلة الشحنة تدعى النيوترونات (neutrons) ويرمز لها ( $n^0$ )، ويطلق على هذين الجسيمين معاً بالنويات. ان عدد النويات في النواة يمثل مجموع عدد (البروتونات + النيوترونات) ويدعى عدد الكتلة (Mass number) يرمز له بالرمز ( A ) ، ويدعى عدد البروتونات في النواة بالعدد الذري (Atomic number) يرمز له بالرمز ( Z ) وهو يساوي ايضا عدد الالكترونات في الذرة المتعادلة الشحنة والذي يحدد ترتيب العنصر في الجدول الدوري للعناصر ويمكن تمثيل هذه الاعداد برموز العنصر بالترتيب الآتي :



## هل تعلم

ان كلمة ذرة في اللغة العربية نسبة الى نوع ضئيل الحجم جداً من النمل الاحمر، وهو أصغر أنواع النمل وتطلق على ما يرى من هباء والجسيمات الدقيقة التي تبدو لنا في اشعة الشمس عندما تدخل من النافذة او اي ثقب ضيق .

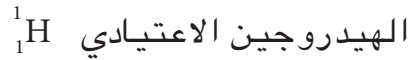


إذا علمنا عدد الكتلة و العدد الذري لعنصر نستطيع ان نستنتج عدد النيوترونات (N) عن طريق المعادلة الآتية :-

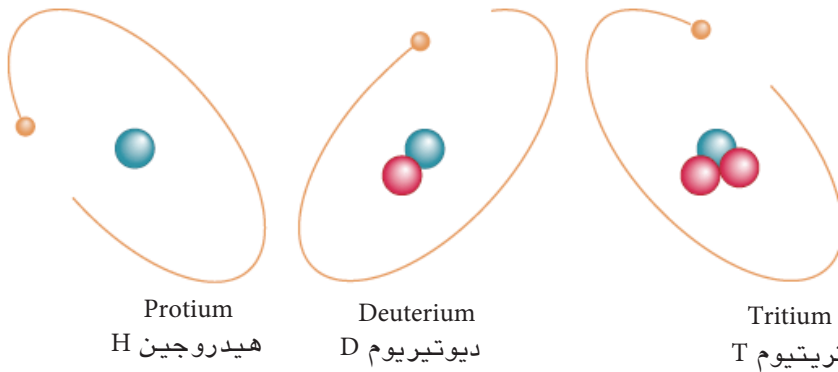
$$N = A - Z$$




### 3-5 النظائر Isotopes

قد تختلف نرات العنصر الواحد في عدد الكتلة لكنها تشترك في العدد الذري لذا تدعى بالنظائر Isotopes وتعني كلمة نظير (المكان نفسه) اي ان لها نفس المكان في الجدول الدوري، حيث ان نرات النظائر للعنصر الواحد تحتوي في نواتها على نفس العدد من البروتونات لكنها تختلف في عدد النيوترونات. ان العناصر في الطبيعة على نوعين : نوع له نظائر والاخر ليس له نظائر فمثلا لعنصر الهيدروجين ثلاثة نظائر هي :



والشكل ( 1-5 ) يوضح هذه النظائر . وتختلف هذه النظائر في نسب وفرتها في الطبيعة والجدول (1-5) يوضح هذه النسب في الطبيعة.

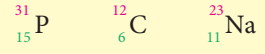


الشكل (1-5) نظائر الهيدروجين في الطبيعة .  
 بروتون   
 إلكترون   
 نيوترون 

تتواجد معظم نرات الهيدروجين في الماء على هيئة  $\text{H}_2\text{O}$  إلا اننا نجد ان بين كل 6000 جزيء ماء عادي جزيء واحد فقط على هيئة  $\text{D}_2\text{O}$  (ماء ثقيل) ، ويتم الحصول على الماء الثقيل باستخدام التحليل الكهربائي للماء العادي حيث يتحرر

تمرين (1-5)

ادرس رموز العناصر الآتية ، ثم اجب عن الاسئلة التي تليها :



1 - ماذا يمثل الرقم السفلي على يسار رمز كل عنصر ؟

2 - ماذا يمثل الرقم العلوي على يسار رمز كل عنصر ؟

3 - اوجد عدد النيوترونات N لكل عنصر ؟

الهيدروجين العادي من الماء بسهولة أكثر من الهيدروجين الثقيل وباستمرار التحليل الكهربائي للماء يزداد تركيز D<sub>2</sub>O الذي يفاد منه في مجالات عديدة منها كمهدئ للمفاعلات النووية لتوليد الطاقة الكهربائية.

لابد ان تعلم ان النظائر لها نفس العدد من الالكترونات ونفس العدد من البروتونات اي العدد الذري نفسه فهي متماثلة في خواصها الكيميائية لان عدد الالكترونات يحدد الخواص الكيميائية للذرة ، اما اختلافها في عدد الكتلة اي تختلف في مجموع عدد النيوترونات وعدد البروتونات فيؤدي الى اختلاف في خواصها النووية لانهما يحددان الخواص النووية للنواة .

الجدول 1-5 رموز نظائر عنصر الهيدروجين ووفرتها في الطبيعة

الوفرة النسبية في الطبيعة	رمزه	عدد n°	اسم النظير
%99.984	${}^1_1\text{H}$	صفر	هيدروجين
%0.015	${}^2_1\text{H}$ او ${}^2_1\text{D}$	1	ديوتيريوم
نادر جدا ومشع	${}^3_1\text{H}$ او ${}^3_1\text{T}$	2	تريتيوم

ومثال اخر على ذلك يوجد لليورانيوم ثلاثة نظائر :



تتوافر معظم العناصر بشكل خليط من نظيرين او اكثر وتختلف نسب وجود هذه النظائر للعنصر الواحد والتي يعبر عنها (الوفرة الطبيعية النسبية لكل نظير) . ومن معدل كتل جميع نظائر العنصر الواحد نحصل على الكتلة الذرية (Atomic mass) وهي تعبير عن متوسط اعداد الكتلة لنظائر العنصر الواحد مضروباً في وفرتها النسبية في الطبيعة، وتقاس بوحدة كتلة ذرية (وكذ) (atomic mass unit) مختصرها (amu) ، حيث ان 1 وكذ (amu) يسوي

$$1\text{amu} = 1.66 \times 10^{-24} \text{g}$$

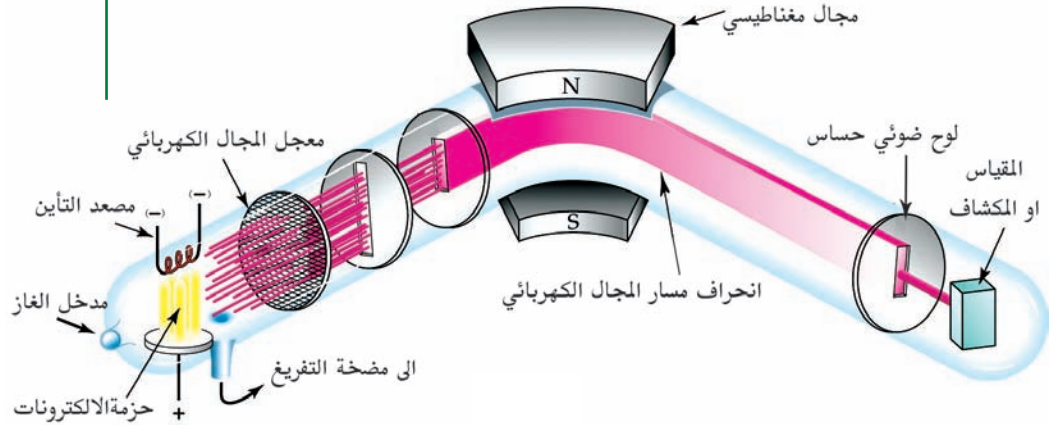
والجدول (2-5) يبين اعداد الكتلة لنظائر بعض العناصر.

الجدول 2-5 النظائر الطبيعية المهمة لعدد من العناصر

العنصر	النوييدة	كتلة النظير الذرية (وكذ)	الوفرة الطبيعية النسبية
هيدروجين	$^1_1\text{H}$	1.0078	%99.984
	$^2_1\text{H}$	2.0141	%0.015
	$^3_1\text{H}$	2.0160	نطفة
كربون	$^{12}_6\text{C}$	12.000	%98.893
	$^{13}_6\text{C}$	13.0033	%1.1070
	$^{14}_6\text{C}$	14.0032	نطفة
نتروجين	$^{14}_7\text{N}$	14.0031	%99.634
	$^{15}_7\text{N}$	15.0001	%0.366
أوكسجين	$^{16}_8\text{O}$	15.9949	%99.759
	$^{17}_8\text{O}$	16.9991	%0.0674
	$^{18}_8\text{O}$	17.9992	%0.0239
الفلور	$^{19}_9\text{F}$	18.9984	%100
النيون	$^{20}_{10}\text{Ne}$	19.9924	%90.48
	$^{21}_{10}\text{Ne}$	20.9937	%0.27
	$^{22}_{10}\text{Ne}$	21.99014	%9.25
الصوديوم	$^{23}_{11}\text{Na}$	22.9868	%100
الفسفور	$^{31}_{15}\text{P}$	30.9738	%100
الكلور	$^{35}_{17}\text{Cl}$	34.9689	%75.53
	$^{37}_{17}\text{Cl}$	36.9659	%24.47
البروم	$^{79}_{35}\text{Br}$	78.9184	%50.54
	$^{81}_{35}\text{Br}$	80.9163	%49.46
اليود	$^{127}_{53}\text{I}$	126.9045	%100
الرصاص	$^{204}_{82}\text{Pb}$	203.9731	%1.48
	$^{206}_{82}\text{Pb}$	205.9745	%23.6
	$^{207}_{82}\text{Pb}$	206.9759	%22.6
	$^{208}_{82}\text{Pb}$	207.9766	%52.3
الثوريوم	$^{232}_{90}\text{Th}$	232.0382	%100

وقد اختير نظير الكربون  $^{12}_6\text{C}$  كذرة قياسية في اغلب التطبيقات لان كتلتها المكونة من 12 وحدة احتسبت بدقة شديدة باستخدام اجهزة دقيقة ومنها مطياف الكتلة ( الشكل 5-2 ) فتم قياس باقي العناصر بنسبة ( متوسط كتلة الذرة ) الى  $\frac{1}{12}$  من كتلة ذرة نظير الكربون  $^{12}_6\text{C}$  ( راجع الفصل الاول لتعريف وحدة الكتلة الذرية ).

الشكل (5-2) جهاز مطياف الكتلة



ويمكن حساب الكتلة الذرية من نسب الوفرة الطبيعية لنظائر العنصر الواحد باستخدام العلاقة الاتية :

$$\text{الكتلة الذرية للعنصر} = \frac{\text{كتلة النظير الاول} \times \text{وفرته النسبية} + \text{كتلة النظير الثاني} \times \text{وفرته النسبية} + \dots}{100}$$

### مثال 5 - 1 :

يشكل  $^{35}\text{Cl}$  نسبة 75.53% من مجموع الكلور في الطبيعة أما الكلور  $^{37}\text{Cl}$  فيشكل ما نسبته 24.47% . احسب الكتلة الذرية للكلور ؟

### الحل :

بما ان للكلور نظيرين فقط فتكتب العلاقة على الصورة الاتية:  
الكتلة الذرية للكلور

$$\text{كتلة النظير الاول} \times \text{وفرته النسبية} + \text{كتلة النظير الثاني} \times \text{وفرته النسبية}$$

100

$$= \frac{(34.9689 \times 75.53) + (36.9659 \times 24.47)}{100}$$

100

$$= 35.4576 \text{ amu}$$

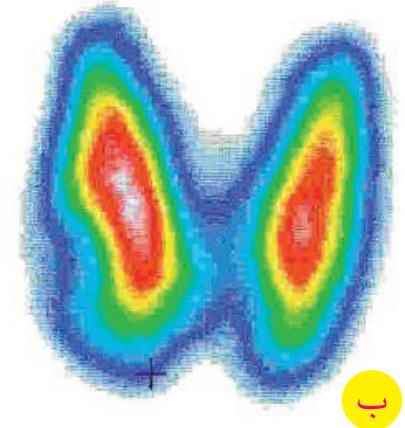
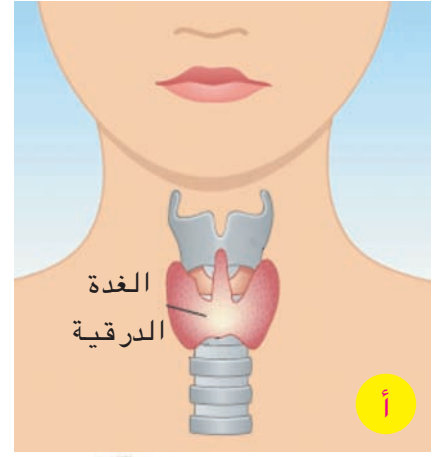
### تمرين (5-2)

احسب الكتلة الذرية للبورون B المتوافر في الطبيعة بنسبة  $^{10}\text{B}$  %18.8 و  $^{11}\text{B}$  %81.2 ؟



وللنظائر عدة تطبيقات في مجال الطب في تشخيص وعلاج كثير من الامراض، حيث يستخدم نظير الكوبلت ( $^{60}\text{Co}$ ) في معالجة الأورام السرطانية ويستخدم نظير اليود ( $^{131}\text{I}$ ) في معالجة تضخم الغدة الدرقية [الشكل (3-5)].

استخدم العلماء نظائر اليورانيوم  $^{235}\text{U}$  و  $^{238}\text{U}$  والثوريوم  $^{232}\text{Th}$  لمعرفة وتقدير اعمار الصخور والنيوزك والمتحجرات. وكذلك تستعمل النظائر المشعة في المجال الصناعي وفي صناعة اجهزة السيطرة كاجهزة قياس سمك الصفائح او تدفق السوائل والغازات، وكذلك تستعمل في تشخيص مواقع تسرب السوائل والغازات الخطرة في الخزانات والانابيب وتسرب مياه الشرب تحت الارض دون حفورها . وفي المجال الزراعي تستخدم النظائر المشعة في ابحاث خصوبة التربة والاسمدة .



#### 4-5 حجم وكتلة النواة

على الرغم من صغر الذرة فقد أمكن قياس حجمها بدقة ، اذ يبلغ قطر الذرة جزءاً من مئة مليون من السنتمتر  $\frac{1}{100000000}$  كأنك تضع مليون نرة على رأس دبوس قطره حوالي 0.001 cm . اما النواة فتعتبر مركز ثقل الذرة ومخزن طاقتها علماً ان ابعادها صغيرة بصورة غير اعتيادية مقارنة بأبعاد الذرة اذ يبلغ حجمها  $\frac{1}{10000}$  من حجم الذرة لان الغلاف المحيط بالنواة يتكون من مدارات حول النواة تدور فيها الالكترونات. ويمكن تشبيه الهيئة البنائية للذرة بالمجموعة الشمسية فالشمس تمثل النواة والكواكب التي تدور في مدارات حولها تمثل الالكترونات وهذه الكواكب تبعد عن الشمس بمسافات بعيدة نسبياً لكنها ترتبط بالمجموعة الشمسية بفعل تأثير قانون الجاذبية. وهكذا الالكترونات فانها تبتعد عن النواة بمسافات بعيدة جداً نسبياً ولكن بفعل قوى التجاذب التي تعمل على جعل النواة والالكترونات وحدة واحدة وهي الذرة، ويبين الجدول(3-5) بعض خواص مكونات الذرة التي تعرفت عليها في المرحلة المتوسطة .

الشكل(3-5)  
أ) الغدة الدرقية  
ب) صورة اشعاعية للغدة الدرقية .



تركيب الذرة

الجسيم	رمزه	نوع الشحنة	الكتلة \ g
الالكترون	$e^-$	-1	$9.11 \times 10^{-28}$
البروتون	$p^+$	+1	$1.672 \times 10^{-24}$
النيوترون	$n^0$	متعادل 0	$1.674 \times 10^{-24}$

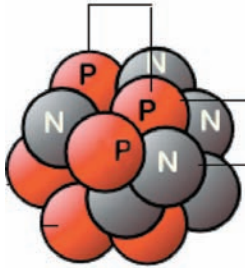
### 5-5 الاستقرار النووي Nuclear Stability

ان النظائر غير المشعة تكون مستقرة اما المشعة فهي نظائر غير مستقرة . ويوجد في الطبيعة 280 نظير من بينها حوالي 50 نظير مشع، كما تمكن الانسان من صنع عدد كبير من النظائر يصل الى 500 نظير وذلك بعد قذف ذرات بعض العناصر بالنيوترونات.

يعود عدم استقرارية بعض النظائر المشعة الى نسبة عدد النيوترونات الى عدد البروتونات ( $\frac{n^0}{p^+}$ ) في نواتها. وتكون هذه النسبة 1:1 اي الواحد الصحيح في حالة النوى المستقرة. اما اذا كانت هذه النسبة اكبر من الواحد الصحيح فتكون النوى غير مستقرة ، مما يجعلها تلجأ الى اطلاق اشعاعات لتستقر وهذا ما يسمى بالنشاط الاشعاعي .

تكون نوى الذرات الاكثر استقرارا هي التي تمتلك اعداداً ذرية صغيرة والتي تقارب فيها النسبة ( $\frac{n^0}{p^+}$ ) الواحد الصحيح . وبزيادة العدد الذري تزيد نسبة النيوترونات الى البروتونات عن الواحد الصحيح، ويعود السبب في ذلك الى العلاقة بين قوى التجاذب النووية ( قوى تجاذب تؤثر على البروتونات والنيوترونات بشكل متماثل ، وتعتبر اقوى القوى في الطبيعة) وقوى التنافر الكهربائية الساكنة بين البروتونات. حيث تتنافر البروتونات في النواة بسبب تشابه شحنتها الكهربائية الساكنة. وكلما زاد العدد الذري زاد عدد البروتونات في النواة ، فتزداد قوى التنافر الساكنة بين البروتونات ، لكن وجود عدد اكبر من النيوترونات يزيد القوة النووية للتغلب على التنافر وبالتالي عدم استقرار النواة لاحظ الشكل (4-5).

قوى التنافر  
الكهربائية



قوى التجاذب  
النوية

الشكل (4-5) تجمع النيوترونات والبروتونات في النوية والقوى المؤثرة فيها .

## 6-5 طاقة الأرتباط النووية Binding Energy

تتألف نواة ذرة الهيليوم من بروتونين ونيوترونين :

كتلة البروتون  $p^+$  : 1.00728 amu

كتلة النيوترون  $n^0$  : 1.00866 amu

لذا يمكن حساب كتلة نواة الهيليوم على النحو الآتي:

كتلة بروتونين =  $1.00728 \times 2 = 2.01456$  amu

كتلة نيوترونين =  $1.00866 \times 2 = 2.01732$  amu

مجموع كتل البروتونات والنيوترونات =

$4.03188$  amu =  $2.01732 + 2.01456$

تبلغ كتلة نواة الهيليوم المقاسة (بوحدة وكذ) :  $4.03188$  amu

وبمقارنة كتلة الهيليوم الفعلية ( $4.00151$  amu) بمجموع كتل

مكونات نواتها يلاحظ أن هناك فرقاً في الكتلة =  $0.03037$  amu.

وبأستخدام أجهزة مطياف الكتلة المتطورة وجد أن هذا الفرق

في الكتلة (الكتلة المفقودة) تحولت الى طاقة  $E$  حسب معادلة

انشتاين ( $E=mc^2$ ) وتسمى هذه الطاقة بطاقة الارتباط النووية

وتعرف بانها الطاقة اللازمة للتغلب على التنافر بين البروتونات

الموجبة وللحفاظ على البروتونات والنيوترونات سوية داخل

النواة ضمن حجمها الصغير جداً. ولحساب الطاقة الناتجة

من تحول فرق الكتلة الى طاقة نتبع خطوات المثال الاتي :

### مثال 5 - 2 :

اذا علمت ان فرق الكتلة المقاسة عن الفعلية لنواة الهيليوم

هي  $0.03037$  amu . احسب طاقة الارتباط النووية لنواة الهيليوم

. علماً ان سرعة الضوء ( $C = 3 \times 10^8$  m/s)

### الحل :

نحول الكتلة من وحدة amu الى kg

$$m = 0.03037 \text{ amu} \times \frac{1.66 \times 10^{-27} \text{ kg}}{1 \text{ amu}} = 0.050414 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

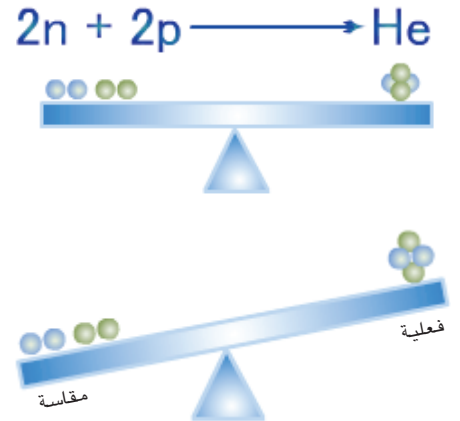
نستخدم معادلة انشتاين لحساب طاقة الارتباط

$$E = mc^2 = 0.050414 \times 10^{-27} \text{ kg} \times (3 \times 10^8 \text{ m/s})^2$$

$$= 0.454 \times 10^{-11} \text{ kg} \cdot \text{m}^2 / \text{s}^2$$

ومن تعريف الجول ( J ) بأنه يسوي ( $\text{kg} \cdot \text{m}^2 / \text{s}^2$ ) فعليه

$$E = 0.454 \times 10^{-11} \text{ J}$$



فرق الكتلة الفعلية عن الكتلة المقاسة لنواة ذرة الهيليوم .

معادلة انشتاين  $E = mc^2$

$E =$  الطاقة

$m =$  كتلة المادة

$C =$  سرعة الضوء تبلغ  $3 \times 10^8$  m/s

### تمرين (3-5)

احسب طاقة الارتباط النووية لنواة عنصر الرصاص التي تمتلك 82 بروتوناً و 125 نيوترونًا. علماً ان كتلة البروتون  $1.00728$  amu وكتلة النيوترون  $1.00866$  amu والكتلة الذرية للرصاص  $207.2$  amu.



## 7-5 النشاط الاشعاعي Radioactivity

7-5

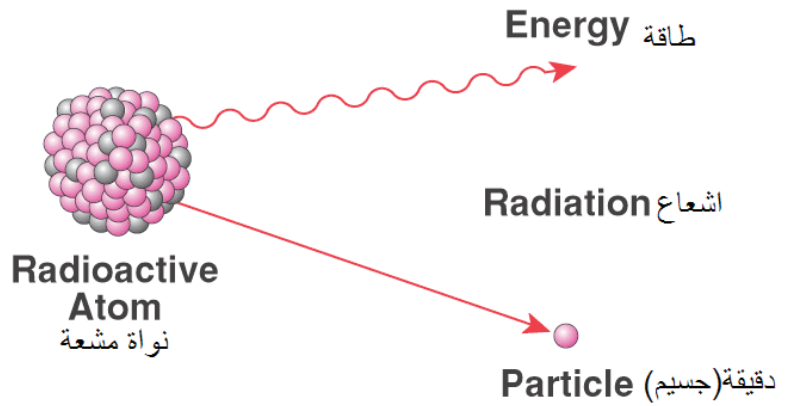


ماري كوري  
1867-1934م



بيير كوري  
1859-1906م

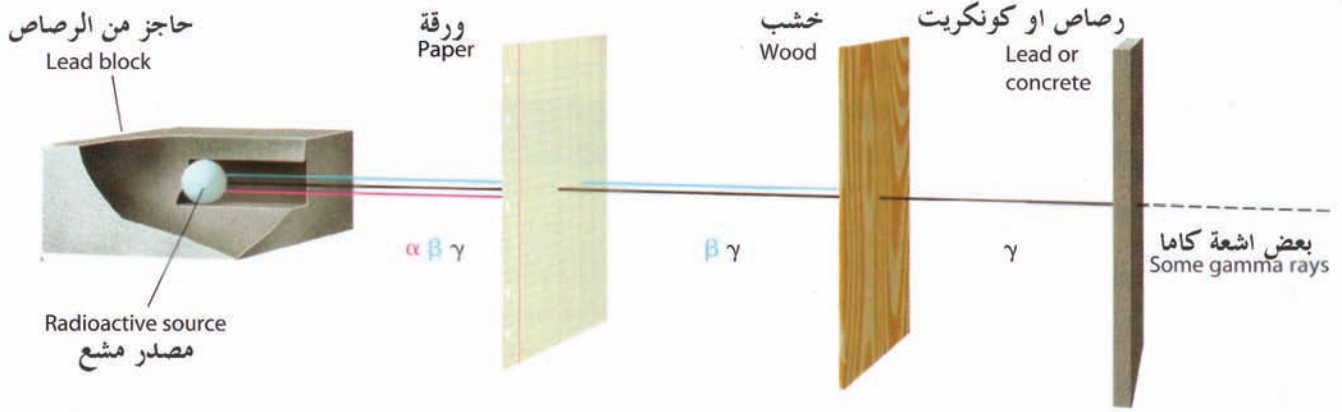
في عام 1896 اكتشف العالم هنري بيكرل تضبيب صفائح فوتوغرافية في اراج مكتبه المحتوي على بعض خامات اليورانيوم فاستنتج ان اشعاعاً غير مرئياً انطلق من اليورانيوم واثّر على اللوح الفوتوغرافي وكانت مدام كوري تعمل مع زوجها في مختبر بيكرل وقد درسا هذه الظاهرة مفصلاً ونجح الاثنان بتقديم ادلة لوجود عنصرين جديدين ( الراديوم والبولونيوم ) وتوفرت لديهما كميات قابلة للوزن خلال 10 سنوات لاحقة . وقد سميت وحدة النشاط الاشعاعي بـ ( الكوري ) تقديراً لعمل مدام كوري . ان لبعض النوى الذرية غير المستقرة القدرة على الانحلال تلقائياً مكونةً نوى نظائر جديدة مستقرة وهذا مايدعى بالنشاط الاشعاعي ( Radioactivity ) وهو عملية تتحول فيها نوى احد العناصر بانبعث الاشعاعات النووية ذات طاقة عالية الى نوى جديدة أكثر استقراراً ، لاحظ الشكل (5-5).



الشكل(5-5) النشاط الاشعاعي  
لنواة نرة مشعة .

ومثال ذلك نواة نرة نظير اليورانيوم غير المستقرة ( مشعة ) والتي تخضع للانحلال الاشعاعي. حيث تعتمد سرعة انحلال النواة على مكوناتها ومستوى طاقة النواة. وقد بينت الدراسات وجود ثلاثة انواع من الاشعاعات المؤينة تختلف في القابلية على اختراق المواد وقد سميت بالاحرف الثلاثة الاولى من الابدجية اليونانية ( الفا  $\alpha$  وبيتا  $\beta$  وكاما  $\gamma$  ) .

تتفوت انواع الاشعاعات في اختراقها للمواد وحسب ما موضح في الشكل (5-6) .

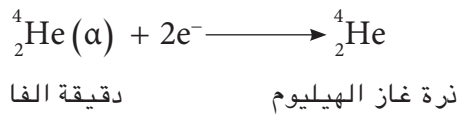


الشكل (5-6) انواع الاشعة وقابلية اختراقها للمواد .

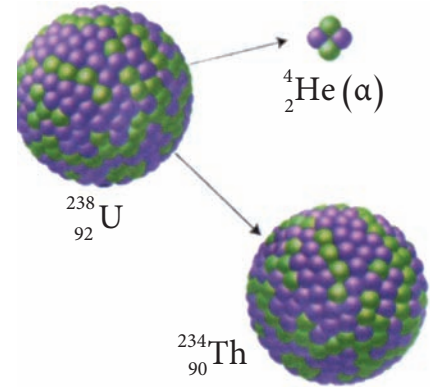
## 1 . دقائق ألفا ( Alpha particles ) :

دقائق موجبة الشحنة تتألف كل دقيقة من بروتونين ونيوترونين فهي تمثل نواة ذرة الهيليوم يرمز لها  $\alpha$  او  ${}^4_2\text{He}$  وهي أثقل أنواع الاشعة ومن خواصها :

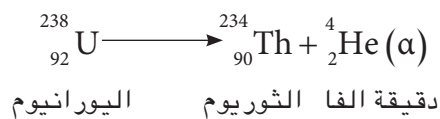
1. شدة تأثيرها على المواد كبير حيث تعمل عند اصطدامها بالمواد على ازاحة الكترونات المادة مما يؤدي الى تأينها .
2. مدى تأثيرها على المواد قصير جدا سرعان ما يتحد مع دقائقها الكترونين من الالكترونات المزاحة نتيجة تأين المادة فتتحول الى ذرة غاز الهيليوم حسب معادلة التفاعل الاتي :



ويمكن لنظير اليورانيوم  ${}^{238}_{92}\text{U}$  ان ينحل ( نتيجة النشاط الاشعاعي) فيتحول الى نظير الثوريوم  ${}^{234}_{90}\text{Th}$  باعتماد دقيقة الفا. لاحظ الشكل ( 5-7 ) .



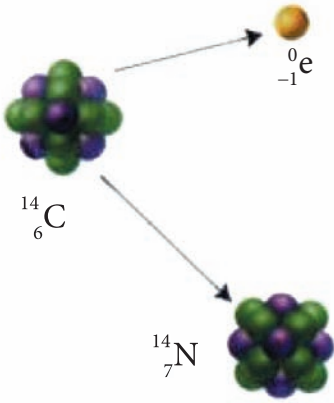
الشكل (5-7) انبعاث دقيقة الفا من نواة نظير اليورانيوم المشع.



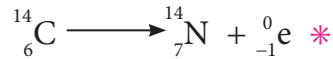
ويمكن ايقاف مسار أشعة ألفا بواسطة قطعة رقيقة من الورق الشكل ( 5-6 ) .

## 2 . دقائق بيتا $\beta^-$ (Beta particles)

هي عبارة عن سيل من الالكترونات تتميز بمدى أكبر لاختراق المواد قياساً باشعة الفا لأن حجم الالكترون صغير جداً قياساً الى حجم دقيقة ألفا مما يمكنه من النفوذ الى مدى أكبر عبر مدارات الكترونات نرة المادة ويرمز لها أيضاً  $({}_{-1}^0e)$ ، لا يمكن إيقاف مسارها بقطعة ورق وانما بقطعة خشب لاحظ الشكل (5-6) . والمعادلة التالية تبين انبعاث دقائق بيتا من النيوترون اضافة لتكون بروتون :



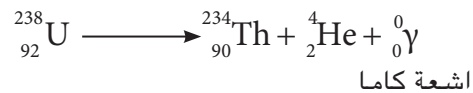
مثلا انبعاث دقائق بيتا من خلال انحلال نظير الكربون  ${}^{14}_6C$  الى نظير النتروجين  ${}^{14}_7N$ . لاحظ ان العدد الذري يزداد بمقدار (1) ويبقى العدد الكتلي دون تغيير، الشكل (5-8) .



الشكل (5-8) انبعاث دقائق بيتا من خلال انحلال نظير الكربون  ${}^{14}_6C$ .

## 3 . أشعة كاما $\gamma$ ( Gamma rays )

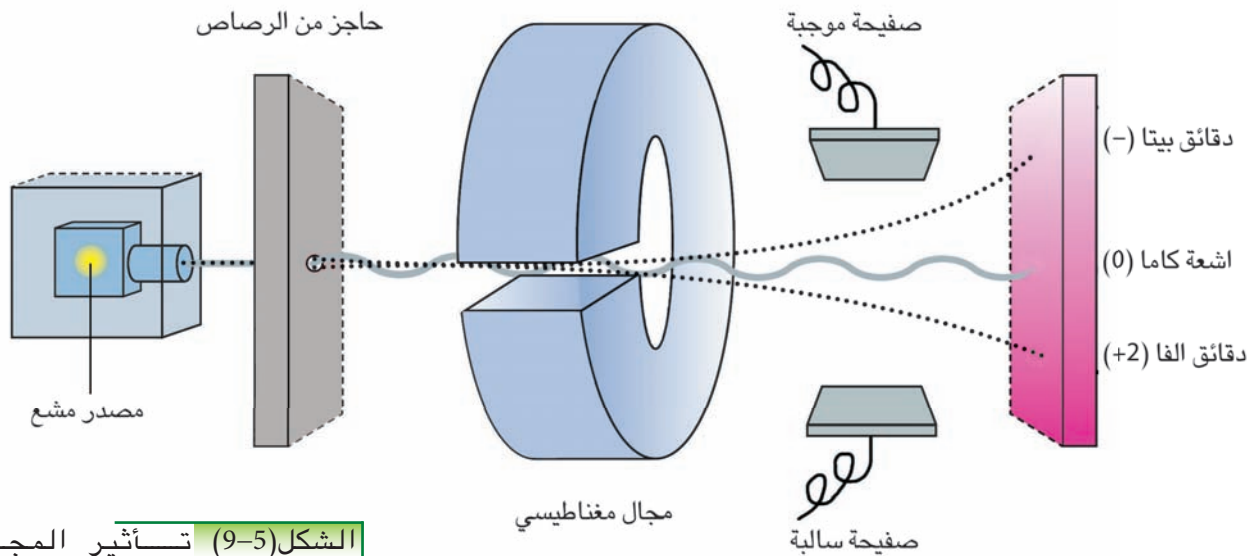
وهي موجات كهرومغناطيسية عديمة الشحنة ذات سرعة عالية جداً تسوي سرعة الضوء، وهذا النوع من الاشعة أقوى أنواع الاشعة تأثيراً وأكثرها قدرة على اختراق المواد والمرور فيها الى مدى أكبر من قدرة دقائق الفا وبيتا، وتعتبر أخطر أنواع الاشعاعات، ويمكن اضعاف سريانها بواسطة حاجز من الكونكريت (خرسانة مسلحة)، الشكل (5-6) والمعادلة التالية تبين انحلال نظير اليورانيوم  ${}^{238}_{92}U$  بانبعاث اشعة كاما والفا وتكون نظير الثوريوم .



كما ويوضح الشكل (5-9) تأثير المجال المغناطيسي والمجال الكهربائي على جميع انواع الانحلال الاشعاعي.

\* ان المعادلة غير كاملة لان انبعاث دقيقة بيتا يتولد معه ما يدعى نيوترينو سيتم التطرق اليه في مراحل دراسية لاحقة.





الشكل (5-9) تأثير المجال المغناطيسي والكهربائي على أنواع الانحلال الإشعاعي من المصدر المشع .

و يبين الجدول (4-5) أنواع الانحلال الإشعاعي وخواص كل منها .

#### الجدول 4-5 أنواع ورموز الانحلال الإشعاعي وخواص كل نوع

نوع الانحلال	الطبيعة	السرعة	الشحنة	تأثيرها بالمجال الكهربائي	تتوقف بواسطة
الفا $\alpha$	نواة الهيليوم ${}^4_2\text{He}$	10% سرعة الضوء	موجبة +2	تنحرف مقتربة من الصفيحة السالبة .	ورقة ، ملابس
بيتا $\beta$	الالكترون ذا سرعة عالية ${}^0_{-1}\text{e}$	90% سرعة الضوء	سالبة -1	تنحرف مقتربة من الصفيحة الموجبة .	حاجز من الخشب او الالمنيوم
كاما $\gamma$	موجة كهرومغناطيسية ذات طاقة عالية	سرعة الضوء	عديمة 0	لاتتأثر	لاتوقفها بل تقلل من تأثيرها كونكريت او حاجز من الرصاص بسمك 10 cm



## ومن خواص العناصر المشعة هي :

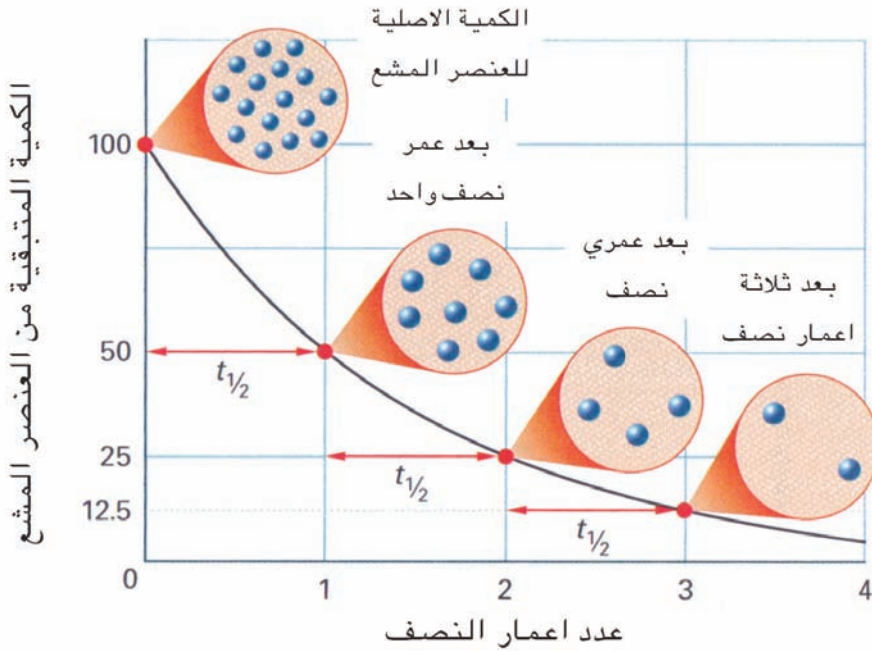
1. العنصر المشع تكون جميع مركباته مشعة .
2. العنصر المشع يكون مشعاً في جميع حالاته (صلبة - سائلة - غازية) .
3. نواة العنصر المشع لا تصدر جسيمات ألفا وجسيمات بيتا معاً ، ولكن قد تصدر ألفا أو بيتا ، وقد يصاحب كلا منهما انطلاق اشعة كما .
4. معدّل النشاط الإشعاعي لعينة مشعة لا يتأثر بالظروف الخارجية من ضغط أو درجة حرارة ولكنه يتوقف فقط على نسبة العنصر المشع في العينة .
5. انبعاث جسيم بيتا أو جسيم ألفا من نواة العنصر المشع يحولها إلى نواة عنصر آخر .

## 8-5 الشدة الإشعاعية (Radiant intensity)

تمثل عدد الانحلالات التي تحدث في الثانية . فعندما يقال ان مصدر كوبلت شدته (50) الف بكرل فهذا يعني انه ينحل في هذا المصدر في كل ثانية (50) الف نواة وحدات قياسها البكرل (Bq) ويعرف بأنه عبارة عن انحلال واحد في الثانية والكوري (Ci) يسوي 37 مليون بكرل .

## 9-5 زمن عمر النصف (Half - life time)

يرمز له ( $t_{1/2}$ ) يمثل الوقت اللازم لانحلال نصف كمية المادة اشعاعياً اي استهلاك نصف ماكان موجوداً اصلاً من نويات المادة المشعة. وان لكل نظير من نظائر العناصر المختلفة له عمر نصف ثابت طبيعي معروف وان معظم النظائر المشعة يتحلل في عدة خطوات (سلسلة متتابعة من التحلل) الى عناصر مستقرة تسمى بعنصر البنت (الوليدة) بينما النظائر الاصلية قبل التحلل تسمى بعنصر الام . ويبين الشكل (5-10) منحنى انحلال العناصر المشعة وعدد اعمار النصف لها .



الشكل (5-10) منحنى انحلال للعناصر المشعة وعدد اعمار النصف لها.

في اغلب الحالات يكون عمر النصف للنظائر معتمدا على خصائص الذرات المكونة لها ولا تتأثر عليه العوامل الخارجية من درجة الحرارة والضغط والوسط الكيميائي المتواجد فيه والحقول المغناطيسية والكهربائية لذلك فان عمر النصف للنظائر لا يتغير حسب الوقت بل هو قيمة ثابتة طبيعيا لكل نواة مشعة عمر نصف خاص بها والنويات الاكثر استقرارا تنحل ببطيء ولها عمر نصف اطول اما الاقل استقرارا فتتحل بسرعة ويكون لها عمر نصف قصير جدا لا يتعدى بضع اجزاء من الثانية فالكربون  $^{14}_6\text{C}$  له عمر نصف يقدر بـ 5730 سنة ولليورانيوم  $^{238}_{92}\text{U}$   $4.46 \times 10^9$  سنة والبوتاسيوم  $^{40}_{19}\text{K}$  عمر النصف له  $1.3 \times 10^9$  سنة. بينما البولونيوم  $^{218}_{84}\text{Po}$  له عمر نصف 3 دقائق والاستاتين  $^{218}_{85}\text{At}$  عمر النصف له قصير جدا هو 1.6 ثانية.

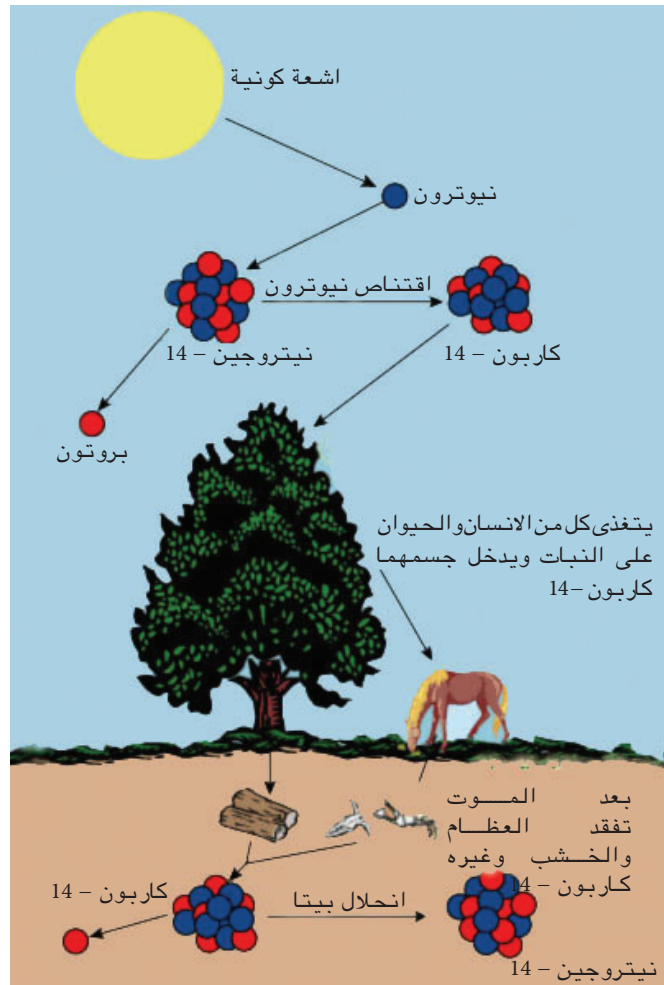
تستخدم العناصر المشعة ذات عمر النصف القصير في الطب النووي في معالجة بعض الامراض ومنها الاورام السرطانية (والتي هي تغير في تركيب الخلايا يؤدي الى انقسام سريع وتلف الخلايا عند تعرضها للإشعاع لفترة طويلة) لكي لاتشكل مصدرا مشعا خطرا على المدى البعيد للمرضى كما ويستخدم زمن عمر النصف في تقدير اعمار الاشجار ورفات الموتى. يتكون معظم ثنائي اوكسيد الكربون  $\text{CO}_2$  الموجود في الجو من  $^{12}_6\text{C}$  وقسم قليل من  $^{13}_6\text{C}$  وهما عنصران غير نشيطان اشعاعيا وبالإضافة الى ذلك هنالك كميات قليلة جدا من النظير

#### هل تعلم

لو كان لدينا كيلو غرام واحد من عنصر  $^{238}_{92}\text{U}$  فان نصف كيلو غرام من هذا العنصر يتحول الى عنصر الرصاص  $^{206}_{82}\text{Pb}$  المستقر بعد مرور 4.5 بليون سنة.

$^{14}_6\text{C}$  المشع الذي يكون انحلاله ثابت وتبقى كمياته ثابتة ايضا بسبب تأثير الاشعة الكونية على النيتروجين  $^{14}_7\text{N}$  الموجود في الجو الذي ينحل ليكون  $^{14}_6\text{C}$ ، وكما هو معلوم ان النباتات تمتص غاز  $\text{CO}_2$  من الجو في عملية البناء الضوئي وما دامت هذه النباتات باقية حية فان نسبة ذرات  $^{14}_6\text{C}$  الى  $^{12}_6\text{C}$  في النباتات والكربوهيدرات تكون مساوية لنسبتها في الجو ولكن هذه النسبة تبدأ بالتناقص عند انقطاع دورة الحياة (قطع الاشجار) (موت الكائن الحي) ولكون ذرات  $^{14}_6\text{C}$  نشطة اشعاعياً أي انها تعاني من انحلال مستمر (عمر النصف لـ  $^{14}_6\text{C}$  هو 5730 سنة) كما في الشكل (5-11). لذلك في نهاية هذه المدة تصبح نسبة  $^{14}_6\text{C}$  الى  $^{12}_6\text{C}$  نصف ما كانت عليه في الجو ولايجاد اعمار مخلفات اخشاب الاشجار المقطوعة او رفاة الاموات او المتحجرات تحرق عينه منها لتكون غاز  $\text{CO}_2$  وتحسب نسبة  $^{14}_6\text{C}$  الى  $^{12}_6\text{C}$  ومن هذه النسبة وبحسابات خاصه تقدر اعمارها وهذا أدى الى تطوير دراسة الاثار والاكتشافات الاثرية .

الشكل (5-11) .  
كربون - 14 وكيفية تكونه  
في جسم الكائن الحي .



لنظير الكربون  $^{14}_6\text{C}$  الذي يتحلل تلقائياً باعثة دقائق بيتا عمر نصف ( $t_{1/2}$ ) قدره 5730 سنة , مبتدأً بكتلة ( $2 \times 10^{-2} \text{g}$ ) من النظير أوجد :-

- 1 - كم الفترة الزمنية لثلاثة اعمار نصف ( three half- lives )
- 2 - كم عدد الغرامات المتبقية من النظير بعد مرور ثلاثة أعمار النصف .

### الحل :

يمكن حل مثل هذه الاسئلة باستخدام العلاقة الاتية :

$$N_t = \frac{N_0}{2^{(t/t_{1/2})}}$$

حيث  $N_0$  الكمية الابتدائية للمادة المشعة و  $N_t$  كمية المادة المشعة المتبقية بعد فترة زمنية مقدارها  $t$  و  $t_{1/2}$  زمن عمر النصف .

- 1 - يتم حساب زمن اعمار النصف الثلاثة بحاصل ضرب عمر النصف بعدد اعمار النصف

$$\text{اعمار النصف} = 3 \times 5730 \text{ سنة} = 17190 \text{ سنة}$$

- 2 - أيجاد كمية النظير المتبقية بعد مرور ثلاثة اعمار النصف ( $t = 17190 \text{ سنة}$ ) بتطبيق العلاقة اعلاه

$$N_t = \frac{N_0}{2^{(t/t_{1/2})}} = \frac{2 \times 10^{-2} \text{ g}}{2^{(17190/5730)}} = 0.25 \times 10^{-2} \text{ g}$$

### تمرين (4-5)

- 1 - لنظير المنغنيز  $^{56}\text{Mn}$  والذي يتحلل فيعطي دقائق بيتا عمر نصف قدره 2.6 ساعة ما هي كتلة المنغنيز  $^{56}\text{Mn}$  المتبقية في نموذج 1 g بعد نهاية 10.4 ساعة؟
- 2 - لنظير الفسفور  $^{32}\text{P}$  عمر نصف مقداره 14.3 يوماً. ما كتلة نظير الفسفور  $^{32}\text{P}$  المتبقية بعد 57.2 يوماً إذا ابتدأت بـ 4 g من النظير؟

## 10-5 المعادلات النووية Nuclear Equations

ان التغيرات التي تحصل في النواة والتي تؤدي الى تحولها من نوية الى اخرى تعرف بالتفاعلات النووية فمثلاً انبعاث اشعة الفا من نظير اليورانيوم  $^{238}_{92}\text{U}$  يقود الى تكوين نظير الثوريوم  $^{234}_{90}\text{Th}$  وكما هو الحال في التفاعلات الكيميائية التي يعبر عنها بالمعادلات الكيميائية الحسابية، فان التفاعلات

النووية يعبر عنها بمعادلات مشابهة تدعى المعادلات النووية  
 فيمكن التعبير عن التفاعل بالمعادلة الآتية:



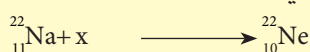
في المعادلات النووية يجب ان يكون (المجموع الجبري للاعداد  
 الذرية واعداد الكتلة متساوي في طرفي المعادلة). والجدول  
 (5-5) يبين الجسيمات القاصفة او المنبعثة في المعادلات  
 النووية.

#### الجدول 5-5 الجسيمات القاصفة او المنبعثة في المعادلات النووية

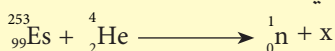
اسم الجسيم	رمزه وعدده الذري وعدد الكتلة له
نيوترون	${}_0^1\text{n}$
بروتون	${}_1^1\text{H}(\text{p}^+)$
الالكترون	${}_{-1}^0\text{e}$
الفا	${}_2^4\text{He}$
بيتا	$\beta^-({}_{-1}^0\text{e})$
كاما	${}_0^0\gamma$

#### تمرين (5-5)

أ) اوجد اسم الجسيم المضاف  
 لنظير  ${}_{11}^{22}\text{Na}$  في المعادلة النووية  
 الآتية:



ب) جد العدد الذري وعدد الكتلة  
 للعنصر X في المعادلة النووية  
 الآتية:



#### مثال 4 - 5 :

جد العدد الذري وعدد الكتلة للعنصر X في المعادلة النووية  
 الآتية:

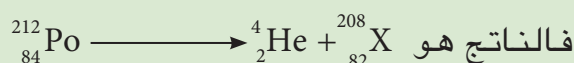


#### الحل :

عدد الكتلة لنظير عنصر البولونيوم يساوي 212 والعدد الذري  
 84 وعندما تنبعث دقيقة الفا ينتج العنصر X كما في المعادلة:

$$208 = 4 - 212 = X \text{ عدد الكتلة للعنصر}$$

$$82 = 2 - 84 = X \text{ العدد الذري للعنصر}$$



## 11-5 أنواع التفاعلات النووية

يمكن تقسيم التفاعلات النووية الى أربعة أقسام وهي :

1. الانحلال النووي التلقائي Spontaneous Unclear disintegration.
2. التفاعل النووي غير التلقائي Nonspontaneous nuclear reaction.
3. الانشطار النووي Nuclear Fission.
4. الاندماج النووي Nuclear Fusion.

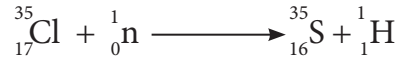
### 1-11-5 الانحلال النووي التلقائي

يمثل انحلال أنوية العناصر الثقيلة غير المستقرة تلقائياً الى أنوية اخف واكثر استقراراً وينبعث منها دقائق الفا وبيتا او اشعة كاما بالانحلال الاشعاعي كما ورد ذكره سابقاً ، ومن امثلة ذلك تحول نظير اليورانيوم تلقائياً الى نظير الثوريوم واطلاق دقائق الفا.

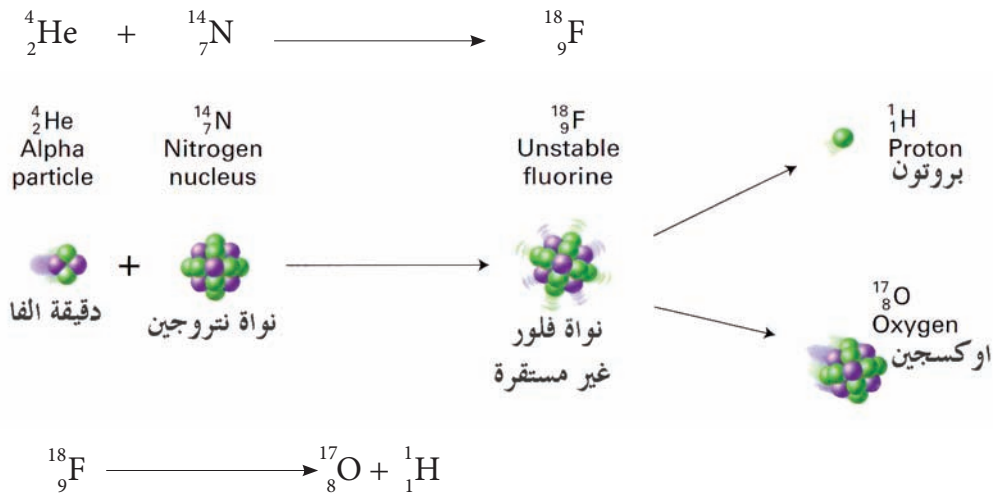
### 2-11-5 التفاعل النووي غير التلقائي

ويتم بقصف النواة بجسيمات او نوى خفيفة

- 1 - قصف نواة بنيوترون ( انبعث بروتون ) كما في المعادلة الاتية :



- 2 - قصف نواة بدقيقة الفا كما في المعادلة الاتية :

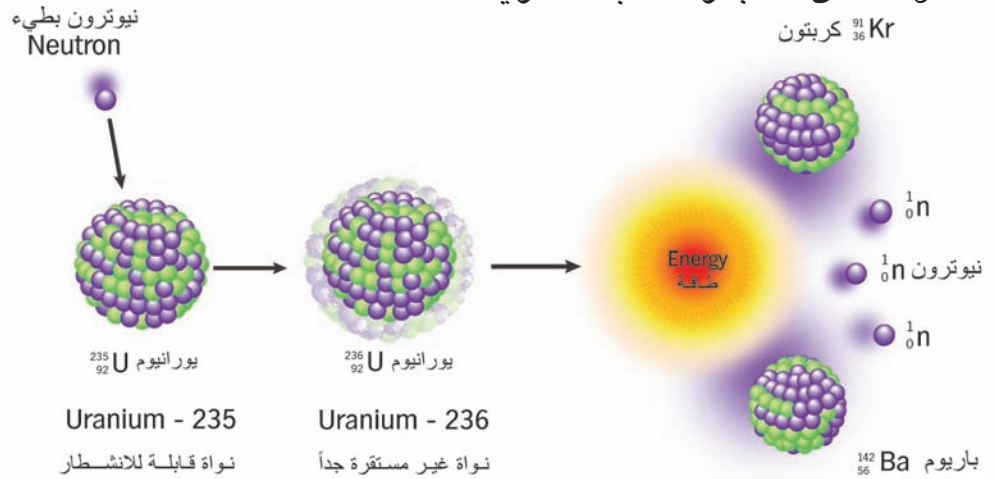


## 5-11-3 الانشطار النووي Nuclear fission



لوتأملت الصورة اعلاه هل فكرت بضخامة هذا الانفجار وكيف يحدث؟

في عام 1934 اكتشف عالم الماني ان انشطار نرة اليورانيوم يحدث بسرعة مولداً كمية هائلة من الطاقة يمكن استخدامه باحداث انفجاراً هائلاً فالانشطار النووي هو انشطار نواة ثقيلة الى نواتين متوسطتي الكتلة وتكوين عناصر جديدة مع تولد كميات ضخمة من الطاقة الحرارية والاشعاعية ويستخدم نظيري اليورانيوم  $^{235}_{92}\text{U}$  والبلوتونيوم  $^{239}_{94}\text{Pu}$  كمواود نووية انشطارية كما في الشكل (5-12). وقد يؤدي الانشطار النووي اذاترك بدون سيطرة الى انفجار هائل وهذا ما يحصل في انفجار القنبلة الذرية، والصورة اعلاه تبين الطاقة الهائلة المتولدة من انفجار القنبلة الذرية.



الشكل(5-12) انشطار نواة  
نظير اليورانيوم  $^{235}_{92}\text{U}$ .



من تطبيقات الانشطار النووي المفاعل النووي لانتاج الطاقة الكهربائية من خلال السيطرة على كمية الطاقة المتولدة اثناء حدوث الانشطار، والشكل (5-13) يوضح احدى المحطات النووية لتوليد الطاقة الكهربائية.

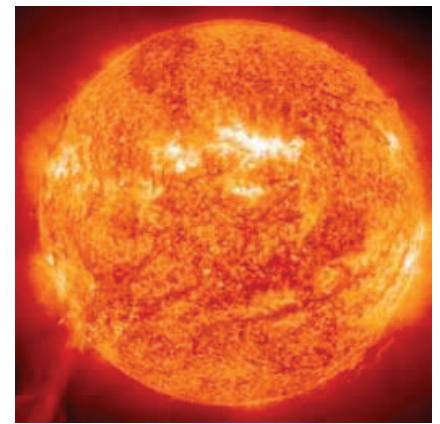


الشكل (5-13) محطة نووية لتوليد الطاقة الكهربائية.

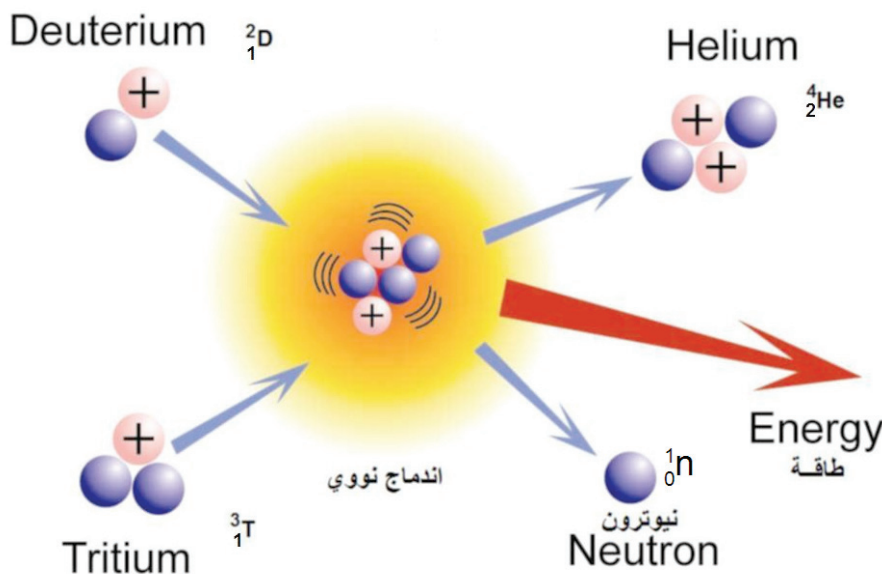
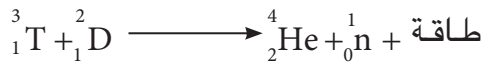
### 5-11-4 الاندماج النووي Nuclear fusion :

كلنا يعرف ان الشمس تمدنا بالطاقة اللازمة للحياة ولكن كيف تتكون هذه الطاقة؟

تحدث في الشمس تفاعلات عديدة ومنها تفاعل يسمى (الاندماج النووي) فمثلاً نجد ان بعض الانوية الثقيلة قابلة على الانشطار فأن بعض الانوية الخفيفة قابلة على الاندماج فالاندماج النووي هو تفاعل يتم فيه اندماج نوى خفيفة لتكوين نوى اثقل ويحدث الاندماج للانوية الخفيفة لنظائر الهيدروجين الديوتيريوم  $^2_1\text{D}$  والتريتيوم  $^3_1\text{T}$  لانتاج نواة الهيليوم  $^4_2\text{He}$  مع تحرر طاقة هائلة جداً وكما موضح في الشكل (5-14).



التفاعلات الحاصلة في الشمس



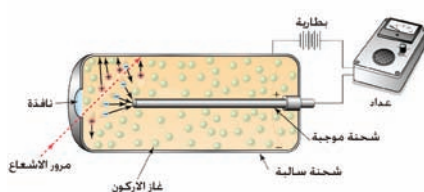
الشكل (5-14) الاندماج النووي وتكوين نواة نواة الهيليوم  $^4_2\text{He}$ .

يحتاج الاندماج النووي الى طاقة عالية لحدوثه وعندما يحدث هذا الاندماج ينتج عنه انطلاق طاقة هائلة تظهر على شكل حرارة واشعاع كما يحدث في الشمس التي تمدنا بالحرارة والنور والحياة فبدون هذا التفاعل ما وجدت الشمس وما وجدت النجوم ولا حياة من دون تلك الطاقة المسماة طاقة الاندماج النووي ، والتي تكون اكبر بكثير مما يطلقه الانشطار النووي . والقنبلة الهيدروجينية تعتبر مثال على الاندماج النووي .

## 12-5 الكشف عن الاشعاع

يتم الاستدلال على وجود النشاط الاشعاعي للمواد المشعة بوسائل عديدة منها :

### 1-12-5 عداد كاير Geiger Counter



يستعمل هذا العداد للكشف عن النشاط الاشعاعي للمواد المشعة في مختلف المجالات، الشكل (5-15) و اساس عمل هذا الجهاز هو ان الاشعة النووية ذات الطاقة العالية تسبب تأين الغاز (غاز الارگون) الموجود في الجزء الحساس من هذا الجهاز وهذا التاين يتحول الى نبضات كهربائية تدير عداداً رقمياً او تولد صوتاً متقطعاً يشير الى النشاط الاشعاعي الصادر من المادة المشعة.

### 2-12-5 الفلم الفوتوغرافي ( الفلم باج ) Film badge

عبارة عن شريحة من البلاستيك مغطاة بمادة بروميد الفضة  $AgBr$  التي تتأثر بكمية الاشعاع المار بالشريحة ويمكن قياس كمية الاشعاع من شدة تأثير هذه الشريحة بالمواد المشعة . ان هذه الشريحة تحفظ في علبة خاصة، الشكل (5-16) وتعلق في ملابس العاملين في الاماكن التي يوجد فيها النشاط الاشعاعي.

الشكل (5-15)

- أ - جهاز عداد كاير .
- ب - اجزاء جهاز عداد كاير .



الشكل (5-16) احد العاملين في الاماكن التي فيها اشعاع يضع الفلم باج .

## 13-5 الجرعة الاشعاعية Radiation Dose

تمثل كمية الطاقة الاشعاعية الممتصة في وحدة الكتلة من الجسم وتقاس بوحدة الغري ( Gy ) ( Gray )

$$1 \text{ Gy} = 1 \text{ J / kg}$$

وفي نظام اخر تقاس بوحدة الراد ( Rad ) حيث :

$$1 \text{ Gy} = 100 \text{ Rad}$$

## 14-5 الاشعاع المؤين Ionizing Radiation

ان جميع انواع الاشعاعات النووية ذات طاقة عالية جداً ولها قدرة على تأين المواد التي تمر بها. وعليه تعتبر اشعاعات مؤينة اضافة الى الاشعة السينية. ان الاشعاع المؤين هو شكل من اشكال الطاقة تكمن خطورته في انه لا يمكن رؤيته بالعين المجردة لكي يمكن تجنب التعرض له كما انه لا يمكن للانسان ان يحس به كاحساسه بحرارة الشمس او النار مثلاً فيمكنه الابتعاد عنه وانما تتسلل الاشعاعات المؤينة الخفية الى الجسم وتنقل طاقتها اليه والتي قد تؤدي الى اضرار تتراوح بين عدة ساعات وعشرات السنين حسب الجرعة التي يتعرض لها الجسم ولهذه الاسباب كان من الضروري وضع مبادئ الوقاية من هذه الاشعاعات والتي منها اشعة اكس وكاما والاشعة الكونية وجسيمات بيتا والفا .

## 15-5 فعل الاشعاع المؤين على الجزيئات في الكائن الحي

1. **مخاطر جسدية :** تعمل على احداث انواع عديدة من السرطانات مثل سرطان الدم وسرطان النخاع وسرطان الغدة الدرقية وسرطان العظام وأورام خبيثة اخرى ، كما يعتبر هذا النوع من الاشعاع من العوامل التي تؤدي الى قصر العمر كما يؤدي الى اضعاف قابلية الاشخاص على مقاومة الامراض الاخرى او الالتهابات وثبت ان تعرض الجنين الى جرعة اشعاع مقدارها (1-5 Rad) تعتبر مسببة لسرطان الدم بعد الولادة .
2. **مخاطر وراثية :** يؤدي التعرض للاشعاعات المؤينة الى اضعاف القابلية على الاخصاب وربما العقم التام وكذلك حدوث الطفرات الوراثية كما ان التعرض للاشعاعات المؤينة يؤثر على نسبة الذكور من المواليد .

## 16-5 التحلل الاشعاعي للماء

يعتبر الماء المكون الاساسي للحياة والمذيب الاكثر توفراً في الطبيعة . وان تحلل الماء بوساطة الاشعاع سوف يؤدي الى تكوين ايونات الماء الموجبة والسالبة ثم تتحلل هذه الايونات

الى ايونات اخرى وجذور حرة ذات طاقة عالية تجعلها فعالة تعمل على الاتحاد مع مكونات الخلية محدثة تغييراً في مركباتها العضوية والاجزاء الحساسة في الخلايا (الكروموسومات). ولايعني حدوث الضرر الاشعاعي في الخلية او الانسجة بالضرورة الى تعطيل كل وظائف الخلية حيث للنسيج الحي او الخلايا القدرة على اصلاح الضرر الاشعاعي .

## 17-5 ارشادات الوقاية من الاشعاع

هناك ثلاث مفاهيم اساسية لحماية الانسان من الاشعاعات المؤينة التي يتعرض لها :

1. **الزمن** : مقدار التعرض الاشعاعي للشخص يزداد بزيادة زمن التعرض للمصدر الاشعاعي .

2. **المسافة** : يقل مقدار التعرض الاشعاعي للشخص بزيادة المسافة بين الشخص والمصدر المشع وتحديد المسافة الآمنة يعتمد على مقدار طاقة الاشعاع ومقدار النشاط الاشعاعي للمصدر .

3. **الدرع الواقي** : يقلل التعرض الاشعاعي بزيادة سمك الدرع الواقي حول الاشعاعات ويكون سمك الدرع تبعاً لنوع وطاقت الاشعاع .

## اسئلة الفصل الخامس

7.5 ينحل النظير المشع لعنصر الرصاص Pb ليعطي نظير عنصر البزموت Bi مع انبعاث دقائق بيتا . أكمل معادلة الانحلال واوجد العدد الذري وعدد الكتلة المفقودين ؟

$${}^{210}_{83}\text{Pb} \rightarrow {}^?_{83}\text{Bi} + {}^0_{-1}\text{e}$$

8.5 اكتب رمز وشحنة كل من :

1. دقائق الفا
2. دقائق بيتا
3. اشعة كاما

9.5 العناصر المشعة الآتية تنحل بانبعاث دقائق بيتا السالبة، اكتب معادلة نووية موزونة لعملية انحلال :

1. كاربون  ${}^{14}_6\text{C}$

2. سترونتيوم  ${}^{90}_{38}\text{Sr}$

3. بوتاسيوم  ${}^{40}_{19}\text{K}$

4. نتروجين  ${}^{13}_7\text{N}$

10.5 كيف يتأثر العدد الذري وعدد الكتلة للنواة في حالة انبعاث ؟

1. دقيقة الفا
2. دقيقة بيتا
3. اشعة كاما

11.5 بين الاختلاف بين النظائر المشعة وغير المشعة ؟

12.5 شخص النظير الاكثر استقراراً في كل من الازواج الآتية :

1.  ${}^{14}_6\text{C}$  ,  ${}^{12}_6\text{C}$

2.  ${}^1_1\text{H}$  ,  ${}^3_1\text{H}$

3.  ${}^{18}_8\text{O}$  ,  ${}^{16}_8\text{O}$

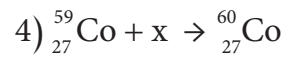
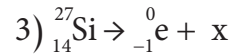
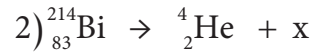
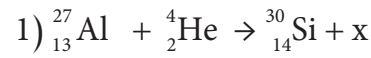
4.  ${}^{15}_7\text{N}$  ,  ${}^{14}_7\text{N}$

1.5 عمر النصف للبولونيوم-210 هو 138.4 يوماً , ما كتلة البولونيوم-210 بـ ( mg ) المتبقية بعد 415.2 يوماً , اذا ابتدأت بـ 2 mg من النظير ؟

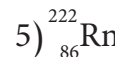
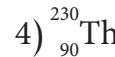
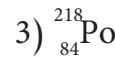
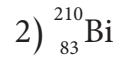
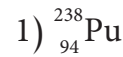
2.5 عمر النصف للكوبلت-60 هو 5.27 سنوات ، ما كتلة الكوبلت 60 المتبقية له بوحدة (mg) بعد 52.7 سنة اذا ابتدأت بـ 10 mg منه ؟

3.5 لماذا تكون دقائق الفا ذات الشحنة والكتلة الكبيرتين اقل اختراقاً من دقائق بيتا واشعة كاما ؟

4.5 أكمل ثم وازن المعادلات النووية الآتية ووجد قيم اعداد الكتلة والعدد الذري للعنصر X في كل منها :

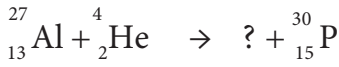


5.5 فيما يأتي نظائر مشعة تنحل بانبعاث دقيقة الفا، اكتب ناتج هذا الانحلال لكل نظير بمعادلات موزونة ؟

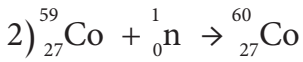
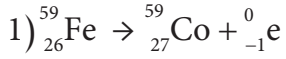


6.5 احسب طاقة الارتباط النووية لنواة عنصر البولونيوم  ${}^{218}_{84}\text{Po}$  علماً أن كتلة البروتون 1.00728 amu وكتلة النيوترون 1.00866 amu والكتلة الذرية للبولونيوم 219.213 amu .

19.5 ما هي الدقيقة التي تحتاجها المعادلة التالية لموازنتها :



20.5 سمي الدقيقة المنبعثة او القاصفة في كل تفاعل في المعادلات الآتية :



21.5 كيف يتم الحصول على الماء الثقيل؟

22.5 ما الفرق بين الخواص الكيميائية والخواص النووية ؟

23.5 اختر الجواب الصحيح من بين الاقواس:

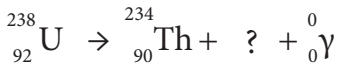
1. في الرمز  ${}_Z^AX$  ان A يمثل ( العدد الذري او عدد الكتلة او عدد النيوترونات او عدد الالكترونات)

2. اليورانيوم  ${}^{238}\text{U}$  يمثل الرقم 238(عدد النيوترونات , عدد الكتلة، عدد البروتونات، العدد الذري)

3.  ${}_1^2\text{D}$  يمثل نظير الهيدروجين (الاعتيادي او الاثقل او الثقيل او ليس له علاقة)

4. يمكن ايقاف دقائق بيتا بواسطة ( الورق او الهواء او قطعة من الخشب )

5. في المعادلة النووية



ان العلامة ؟ تمثل ( ${}_1^1\text{H}$  أو  ${}_1^3\text{T}$  أو  ${}_0^1\text{n}$  أو  ${}_2^4\text{He}$ )

6. عمر النصف للبولونيوم  ${}_{84}^{218}\text{Po}$  هو 3 دقائق فاذا كان لديك كمية من البولونيوم 218 كتلتها 60 g فكم سيبقى منها(بوحدتها g) بعد مرور 9 دقائق . ( 60 او 7.5 او 15 او 30 ) .

13.5 لماذا تستخدم النظائر المشعة ذات اعمار النصف القصيرة في التشخيص والمعالجة ( في الطب ) ؟

14.5 اعطي مريض جرعة مقدارها 20 mg من اليود 131 ( ${}^{131}\text{I}$ ) كم سيبقى من هذا النظير في الجسم بعد 40 يوما اذا علمت ان عمر النصف له 8 يوم ؟

15.5 اشرح تفاعل الانشطار النووي وكيفية حدوثه ؟

16.5 ماهو الفرق بين التفاعل النووي الحاصل في الشمس والتفاعل النووي الحاصل في المفاعل النووي ؟

17.5 ما الفائدة او الغرض من استخدام الفلم باج عند العمل مع المصادر المشعة المؤينة؟

18.5 اختر الجواب الصحيح :

1. اذا انحل عنصر مشع بانبعث دقائق بيتا:
  - أ . يتغير العدد الذري .
  - ب . يبقى عدد النيوترونات ثابتا .
  - ج . يفقد النظير بروتونا .
  - د . يتغير عدد الكتلة .

2. العنصر المشع رادون  ${}^{222}\text{Rn}$  له عمر نصف 3.8 يوم . ماهي الكمية المتبقية من 20g من هذا العنصر بعد 15.2 يوم ؟

- أ . 5.0 g
- ب . 12.5 g
- ج . 1.25 g
- د . 2.50 g

- 3 - تسمى عملية اتحاد نواتين خفيفتين لتكوين نواة ثقيلة .....
- 4 - ان معدل النشاط الاشعاعي لعينة مشعة لا يتأثر ..... ولكنه يتوقف فقط على .....
- 5 - تدعى عدد الانحلالات التي تحدث في الثانية من الزمن ..... وتقاس بوحدة .....
- 6 - تنحل النويات الاكثر استقراراً ..... ولها عمر نصف .....
- اما الاقل استقراراً فتحل ..... ويكون لها عمر نصف .....
- 27.5 اذكر اثنين من الأضرار الناتجة عن تعرض الجسم للإشعاعات النووية .
- 28.5 يشكل  $^{14}_7\text{N}$  نسبة 99.63 % من مجموع النيتروجين في الطبيعة اما  $^{15}_7\text{N}$  فيشكل ما نسبته 0.37 % . احسب الكتلة الذرية للنيتروجين ؟
- 29.5 ماعدد البروتونات و النيوترونات و الالكترونات في نرة كل نظير من النظائر الاتية :

- 1)  $^{38}_{19}\text{K}$
- 2)  $^{235}_{92}\text{U}$
- 3)  $^{68}_{31}\text{Ga}$
- 4)  $^{13}_7\text{N}$
- 5)  $^{59}_{26}\text{Fe}$

7. عندما تشع نواة عنصر ما جسيم بيتا السالب فان(عدد الكتلة ثابت و العدد الذري ينقص ، عدد الكتلة ثابت و العدد الذري يزيد - عدد الكتلة ثابت و العدد الذري ثابت - عدد الكتلة ينقص و العدد الذري ينقص) .

24.5 علل ماياتي :

- 1- تؤين دقيقة ألفا ذرات الهواء عند مرورها فيه
- 2 - تنحرف جسيمات الفا في المجالين الكهربائي و المغناطيسي
- 3 - لا تتأثر اشعة كاما بالمجالين الكهربائي و المغناطيسي و لاتسبب تأين الغازات .
- 4 - قدرة أشعة كاما على النفاذ اكبر بكثير من قدرة نفاذ جسيمات الفا أو بيتا
- 5 - وجود البروتونات الموجبة الشحنة ضمن النواة دون أن تتنافر .
- 6 - خطورة الجذور الحرة المتكونة نتيجة التحلل الاشعاعي للماء .

25.5 ما المقصود بكل من :

- 1) عمر النصف
- 2) النشاط الإشعاعي لعنصر مشع .
- 3) عنصر البنت الوليدة .

26.5 أكمل ما ياتي:

- 1 - من الأجهزة المستخدمة في الكشف عن الإشعاعات النووية .....
- 2 - يتحول نظير الرصاص  $^{210}_{82}\text{Pb}$  إلى نظير البزموت  $^{210}_{83}\text{Bi}$  عندما تشع نواته .....



SI Units and Conversion Factors		الوحدات وعوامل التحويل	الجدول (1)
الطول (Length)	SI Unit: meter	المتر (m)	الكتلة (Mass)
1 kilometer(km) =1000 meter(m)			SI Unit: kilogram (kg)
1 mile = 1.61 kilometer (km)			1 kilogram =1000 grams (1 kg = 1000 g)
1 meter(m)=100 centimeter (cm)			1 amu(وكت) = $1.66 \times 10^{-27}$ kg
			amu (وحدة كتلة ذرية)
			الزمن (Time)
			SI Unit: second (s)
			1 hour (h) = 60 minutes (min)
			1 hour (h)= 3600 seconds (s)
الحجم (Volume)	SI Unit: cubic meter	المتر <sup>3</sup> (m <sup>3</sup> )	الطاقة (Energy)
SI Unit: cubic meter			SI Unit : Joule(J)
1 liter (L) = 10 <sup>-3</sup> meter <sup>3</sup> (m <sup>3</sup> )			1 Joule (J) = 1 kg . m <sup>2</sup> /s <sup>2</sup> (exact)
1 liter(L) =1000 milliliter(mL)			1 calorie (cal)= 4.184 Joules (J)
1 liter(L)= 1000 centimeter <sup>3</sup> (cm <sup>3</sup> )			الضغط (Pressure)
1 milliliter (mL) =1centimeter <sup>3</sup> (cm <sup>3</sup> )			SI Unit: Pascal (Pa)
			1 atmosphere (atm) = 101.325 Pascal (Pa)
			1 atmosphere(atm) = 760 mm Hg = 760 Torr
			1 mmHg =1 Torr
درجة الحرارة (Temperature)	SI Unit: Kelvin (K)		
T Kelvin(K) =t Celsius (°C) +273			
F Fahrenheit = $\frac{9}{5} \times t$ Celsius (°C) +32			

## Other Symbols and abbreviations (المختصرات العلمية)

$\alpha$ alpha particles (دقائق ألفا)	h hour (ساعة)	mL milliliter (volume) (ملتر (حجم)
$\beta$ beta particles (دقائق بيتا)	J Joule(energy)(وحدة طاقة)(جول)	mm millimeter (length) (ملمتر (طول)
$\gamma$ gamma rays (اشعة كاما)	K Kelvin (temperature) (حرارة)	mole (amount) (كمية) (مول)
atomic mass unit (amu) (وحدة كتلة ذرية)	kg kilogram (mass) (كتلة)	(mp) melting point (نقطة انصهار)
(aq) aqueous solution (محلول مائي)	kPa kilopascal (pressure) (ضغط)	$n^{\circ}$ neutron (نيوترون)
(atm) atmosphere (pressure)(وحدة ضغط)	L liter (volume) لتر (حجم)	n number of moles (عدد المولات)
bp boiling point(النقطة الغليان)	(l) liquid (سائل)	n principal quantum number (عدد الكم الرئيسي)
$^{\circ}$ C degree Celsius (temperature)(درجة سيليزية)	M molar mass المولية (الكتلة المولية)	P pressure (ضغط)
C Speed of light in vacuum (سرعة الضوء)	m meter (length) (متر (طول)	$p^{+}$ proton (بروتون)
cm centimeter (length)(الطول)(سنتيمتر)	m mass كتلة	Pa pascal (pressure) (باسكال ضغط)
E energy(الطاقة)	V volume حجم	R ideal gas constant (ثابت الغاز المثالي)
$e^{-}$ electron(الالكترون)	$t_{1/2}$ half-life time (زمن عمر النصف)	s second (ثانية)
g gram (mass)(وحدة الكتلة)	T temperature درجة حرارة	(s) solid (صلب)
(g) gas (غاز)	STP Standard Temperature and Pressure	SI international System of Units (النظام الدولي للوحدات)

## العناصر ورموزها واعدادها الذرية واعداد كتلتها

عدد الكتلة	العدد الذري	الرمز	العنصر	عدد الكتلة	العدد الذري	الرمز	العنصر
254	99	Es	Einsteinium	227	89	Ac	Actinium
167	68	Er	Erbium	27	13	Al	Aluminium
152	63	Eu	Europium	243	95	Am	Americium
253	100	Fm	Fermium	122	51	Sb	Antimony
19	9	F	Fluorine	40	18	Ar	Argon
223	87	Fr	Francium	75	33	As	Arsenic
157	64	Gd	Gadolinium	210	85	At	Astatine
70	31	Ga	Gallium	137	56	Ba	Barium
53	32	Ge	Germanium	247	97	Bk	Berkelium
197	79	Au	Gold	9	4	Be	Beryllium
178	72	Hf	Hafnium	209	83	Bi	Bismuth
4	2	He	Helium	11	5	B	Boron
165	67	Ho	Holmium	80	35	Br	Bromine
1	1	H	Hydrogen	112	48	Cd	Cadmium
115	49	In	Indium	40	20	Ca	Calcium
127	53	I	Iodine	249	98	Cf	Californium
192	77	Ir	Iridium	12	6	C	Carbon
56	26	Fe	Iron	140	58	Ce	Cerium
84	36	Kr	Krypton	133	55	Cs	Cesium
139	57	La	Lanthanum	35	17	Cl	Chlorine
259	103	Lr	Lawrencium	52	24	Cr	Chromium
207	82	Pb	Lead	59	27	Co	Cobalt
7	3	Li	Lithium	63	29	Cu	Copper
175	71	Lu	Lutetium	245	96	Cm	Curium
24	12	Mg	Magnesium	163	66	Dy	Dysprosium

## العناصر ورموزها واعدادها الذرية واعداد كتلتها

عدد الكتلة	العدد الذري	الرمز	العنصر	عدد الكتلة	العدد الذري	الرمز	العنصر
101	44	Ru	Ruthenium	55	25	Mn	Manganese
150	62	Sm	Samarium	256	101	Md	Mendelevium
45	21	Sc	Scandium	201	80	Hg	Mercury
79	34	Se	Selenium	96	42	Mo	Molybdenum
28	14	Si	Silicon	144	60	Nd	Neodymium
108	47	Ag	Silver	20	10	Ne	Neon
23	11	Na	Sodium	237	93	Np	Neptunium
79	38	Sr	Strontium	59	28	Ni	Nickel
32	16	S	Sulfur	93	41	Nb	Niobium
181	73	Ta	Tantalum	14	7	N	Nitrogen
99	43	Tc	Technetium	253	102	No	Nobelium
128	52	Te	Tellurium	190	76	Os	Osmium
159	65	Tb	Terbium	16	8	O	Oxygen
204	81	Tl	Thallium	106	46	Pd	Palladium
232	90	Th	Thorium	31	15	P	Phosphorus
169	69	Tm	Thulium	195	78	Pt	Platinum
119	50	Sn	Tin	242	94	Pu	Plutonium
48	22	Ti	Titanium	210	84	Po	Polonium
184	74	W	Tungsten	39	19	K	Potassium
238	92	U	Uranium	141	59	Pr	Praseodymium
51	23	V	Vanadium	145	61	Pm	Promethium
131	54	Xe	Xenon	231	91	Pa	Protactinium
173	70	Yb	Ytterbium	226	88	Ra	Radium
89	39	Y	Yttrium	222	86	Rn	Radon
65	30	Zn	Zinc	186	75	Re	Rhenium
91	40	Zr	Zirconium	103	45	Rh	Rhodium