King Khalid University

College of Science

Chemistry Department

جامعة الملك خالد

كلية العلوم

قسم الكيمياء

مقرر

الكيمياء العامة

General Chemistry

(كيم 101)

اسم المقرر : الكيميـــــاء العامة

رقم المقرر : 101 كيم-6

الوحدات الدراسية (نظرى + عملي) : 6 (5 +1)

تعريف موجز بالمقرر

- يهدف هذا المقرر الى دراسة مقدمة للكيمياء العامة تشمل المفاهيم الأساسية والتي ستكون مهمة وتوفر الأساس للموضوعات التي تحتاجها في دراستك المستقبلية. وتشمل هذه المفاهيم مقدمة في علم الكيمياء، النظرية الذرية، الغازات، الحسابات الكيميائية التكافؤية، الروابط الكيميائية والقوى بين الجزيئات، الاتزان الكيميائي، الخواص الفيزيائية للمحاليل ومقدمة في الكيمياء العضوية.

التقيـــــــيم

اختبار فصلي (20 درجة) + واجبـات (15 درجة) + الجزء العملى (25 درجة) + اختبار نهائي (40 درجة)

المرجـــــع

الكيمياء العامة : المفاهيم الأساسية

ريمـــــوند تشانغ

سلسلة الكتب الجامعية المترجمة - العـلـــــوم الأسـاسـيـــــة (المجلد ٢)

محتويات المقـــرر

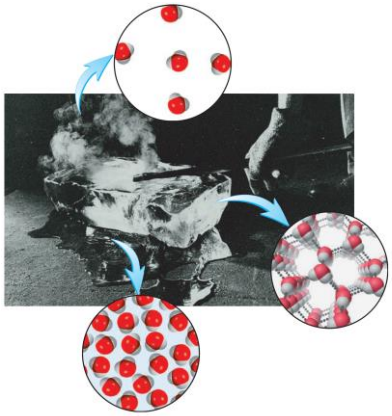
الفصـــــل الأول	مقدمة في الكيمـــــياء
الفصـــــل الثانى	الذرات والجزيئات والأيونات
الفصـــــل الثالث	الحسابات الكيميائية التكافئية
الفصـــــل الرابع	الغـــــــازات
الفصـــــل الخامس	البنية الإلكترونية للذرات
الفصـــــل السادس	الروابط الكيميائية والقوى الجزيئية البينية
الفصـــــل السابع	الاتزان الكيميائي
الفصـــــل الثامن	مقدمة في الكيمياء العضوية
الفصـــــل التاسع	الخواص الفيزيائية للمحاليل

الفصـــــــل الأول

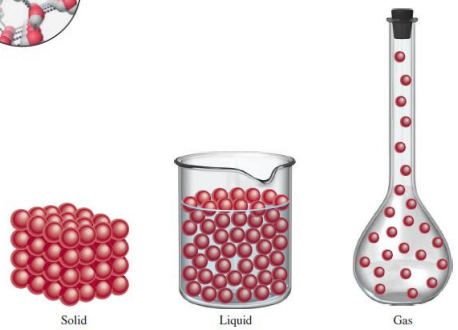
مقدمة في الكيمياء

❑ دراسة الكيمياء

- **الكيمياء**: هو العلم الذي يهتم **بدراسة خواص المادة والتغيرات التي تطرأ عليها**. علم الكيمياء من العلوم الرئيسية وذلك لأهميته وتطبيقاته في مختلف المجالات الطبية والدوائية والزراعية والبيئية والبوليمرات.



حالات المادة الثلاث، قضيب حديدي ساخنٌ يحول الثلج إلى ماء سائل وبخار



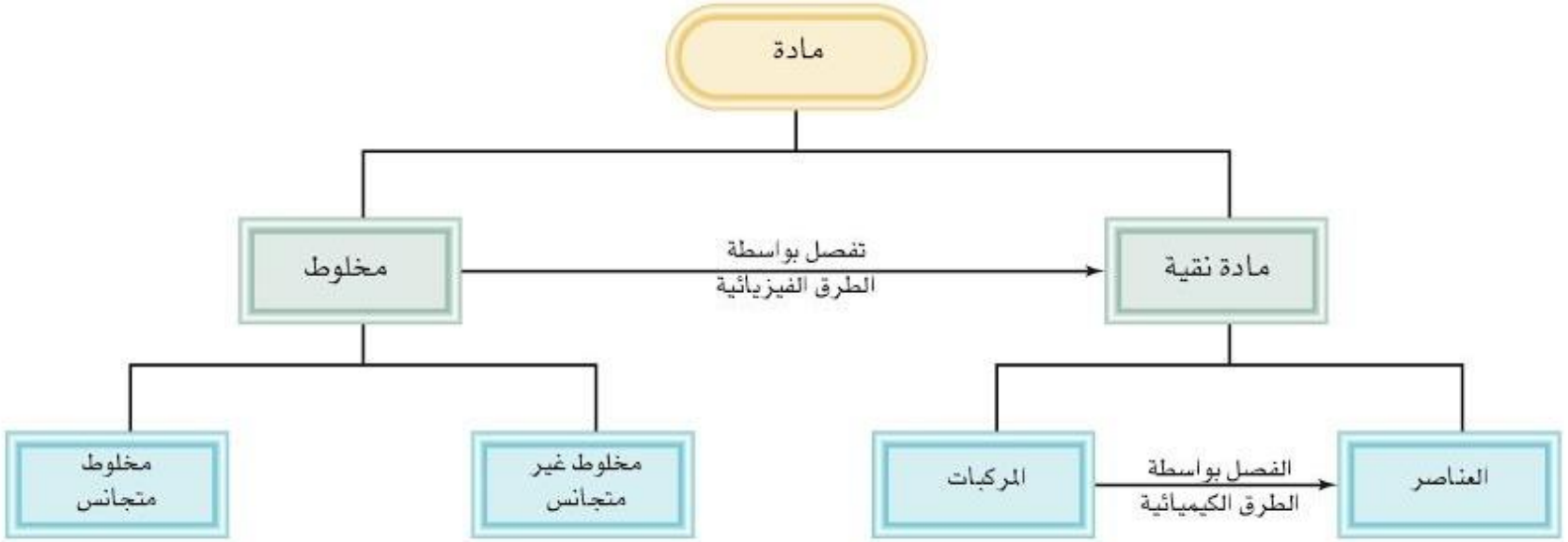
❑ تصنيفات المادة Classifications of Matter

- **المادة: هي أي شيء يشغل حيزا في الفراغ وله كتلة.**
- ويمكن أن توجد المادة في ثلاث حالات: الصلبة والسائلة والغازية

الخاصية	الحالة الغازية	الحالة السائلة	الحالة الصلبة
الشكل والحجم	ليس لها شكل أو حجم ثابت	لها حجم ثابت وشكل غير ثابت	لها شكل وحجم ثابتين
القابلية للإنضغاط	قابلة للإنضغاط	غير قابلة للإنضغاط	غير قابلة للإنضغاط
حركة الجزيئات	حركة عشوئية وسريعة	حركتها محدودة	حركتها مقيدة

- ويمكن أن تتحول المادة من حالة إلى أخرى دون حدوث أي تغير في مكوناتها.

- **تصنيف المادة والعلاقة بين العناصر والمركبات والأصناف الأخرى من المادة**



❑ **المادة النقية لها مكونات محددة وثابتة وكذلك لها خصائص مميزة.**

- **مثل: الماء – الفضة – ملح الطعام – ثانى اكسيد الكربون – الأيثانول.**
- **تختلف المواد عن بعضها فى مكوناتها ويمكن تميز المواد عن بعضها من خلال المظهر والرائحة والطعم وغيرها من الخصائص.**

❑ **الخليط**: عبارة عن مزيج من مادتين أو أكثر حيث تحتفظ المواد المكونة للخليط بخصائصها المميزة (مثل: الهواء - المشروبات الغازية – الحليب – الأسمنت). وتنقسم الى مخاليط متجانسة ومخاليط غير متجانسة

- **المخـــلوط المتجـــانس**: تكون مكونات المزيج متشابهة فى أجزاء المحلول كلها مثل اضافة السكر فى الماء.
- **المخلوط غير المتجانس**: يكون توزيع مكونات المزيج غير منتظم مثل خليط برادة الحديد والرمل وعند أضافة الزيت الى الماء.

- يتم فصل المجاليط المتجانسة وغير المتجانسة بطرق فيزيائية دون تغيير هوية المكونات (مثل التبخير لفصل السكر من محلول الماء واستخدام مفناطيس لفصل برادة الحديد من الرمل.

❑ العنصر والمركب

- وقد تكون المادة النقية عنصرا أو مركبا.

العنصر هو مادة لا يمكن تقسيمها الى مواد أصغر منها بالطرق الكيميائية (مثل: الحديد - الفضة - الكربون).

- تتكون العناصر من وحدات صغيرة متماثلة تسمى ذرات. يبلغ عدد العناصر المعروفة 118عنصر مرتبة ترتيباً خاصاً في جدول يسمى الجدول الدوري.
- لكل عنصر رمز خاص يعرف به. يكتب الحرف الأول من رمز العنصر دائما حرف كبير (Capital) أما الحرف الثاني يكتب حرف صغير (small).

الجدول 1.1 أسماء بعض العناصر الشائعة ورموزها

الرمز	الاسم	الرمز	الاسم	الرمز	الاسم
Al	ألمنيوم	F	فلور	O	الأكسجين
As	زرنيخ	Au	ذهب	P	فوسفور
Ba	باريوم	H	هيدروجين	Pt	بلاتين
Br	بروم	I	يود	K	بوتاسيوم
Ca	كالسيوم	Fe	حديد	Si	سيلكون
C	كربون	Pb	رصاص	Ag	فضة
Cl	كلور	Mg	ماغنسيوم	Na	صوديوم
Cr	كروم	Hg	زئبق	S	كبريت
Co	كوبالت	Ni	نيكل	Sn	قصدير
Cu	نحاس	N	نيتروجين	Zn	زنك

- تتفاعل معظم العناصر مع عنصر أخر أو أكثر لتكوين **المركبات**.

المركب هو مادة تتكون من اتحاد عنصرين أو أكثر اتحادا كيميائيا بنسب ثابتة (مثل: الماء - ثاني اكسيد الكربون - الإيثانول).

- تختلف خصائص المركب الناتج من التفاعل كليا عن خصائص مكوناته الأصلية .**وبعكس المخاليط يمكن فصل المركبات الى مكوناتها النقية بطرق كيميائية**.

تدريب: صنف المواد التالية إلى عناصر ومركبات ومخاليط

المادة	عنصر	مركب	مخلوط متجانس	مخلوط غير متجانس
الماء				
الهواء				
الشاي				
النحاس				
أكسيد الصوديوم				
ذهب				
بلاتين				
كحول				
سكر				

الخواص الفيزيائية والكيميائية للمادة

خواص المادة

الخاصية الفيزيائية

الخاصية التي يمكن قياسها أو ملاحظتها دون احداث تغير على مكونات المادة

مثل: اللون – الطول– درجة الانصهار – درجة الغليان– الكثافة.

الخاصية الكيميائية

خاصية مرتبطة بالتفاعلات الكيميائية للمادة مع المواد الأخرى (يجب اجراء تغير كيميائي للمادة لملاحظة هذه الخاصية)

مثل: يحترق غاز الهيدروجين بغاز الأكسجين لتكوين الماء

تدريب: أى من العبارات التالية يصف خصائص كيميائية وأى منها يصف خصائص فيزيائية للمادة:

الخاصية	كيميائية	فيزيائية
(١) غاز الأكسجين يساعد على الاحتراق		
(٢) غاز الهليوم أخف من الهواء		
(٣) غلى البيضة		
(٤) يغلى الماء عند درجات حرارة أقل من 100 درجة مئوية على قمم الجبال		
(٥) يعتمد نمو النباتات على طاقة الشمس في عملية البناء الضوئي		

خواص المادة

الخاصية الكمية

اذا كانت الخاصية المقاسة تعتمد على كمية المادة الموجودة تكون خاصية كمية

(مثل: الكتلة والطول والحجم).

الخاصية اللاكمية

اذا كانت الخاصية المقاسة لاتعتمد على كمية المادة الموجودة تكون خاصية لاكمية

(مثل: درجة الحرارة والكثافة)

تدريب: أى الخصائص الأتية كمية وأيها لا كمية:

الخاصية	كمية	لا كمية
الكتلة		
درجة الانصهار		
المساحة		
اللون		

القياس Measurement

- تعتمد دراسة الكيمياء على القياس بشكل كبير حيث يستخدم الكيميائيون القياسات لمقارنة خواص المواد المختلفة والتعامل مع نتائج التجارب.
- هناك الكثير من الأدوات الشائعة تمكننا من اجراء قياسات لخواص المواد مثل الشريط المتري لقياس الطول والميزان لقياس الكتلة.
- تكتب عادة الكميات المقيسه كرقم مع وحدة مناسبة ولذلك تعد الوحدات ضرورية لإعطاء قياسات صحيحة.

❑ وحدات SI

- يستخدم النظام العالمي للوحدات ويشار له بالرمز SI (System International d'Units) ويحتوي هذا النظام على 7 وحدات أساسية موضحة بالجدول الأتى

الجدول 2.1 وحدات SI الأساسية

الكمية الرئيسية	اسم الوحدة	الرمز
الطول	المتر	m
الكتلة	كيلوجرام	kg
الزمن	الثانية	s
التيار الكهربائي	الأمبير	A
درجة الحرارة	كلفن	K
كمية المادة	المول	mol
شدة الضوء	كاندلا	cd

- ويمكن اشتقاق وحدات أخرى للقياسات من هذه الوحدات الأساسية (**الوحدة المشتقة** هي الوحدة التي تتكون من حاصل ضرب أو قسمة وحدتين أو أكثر متشابهتين أو مختلفتين من الوحدات الأساسية، مثل g/cm^3 و m^3).
- تستخدم البادئات المبينة بالجدول التالي في وحدات SI

الجدول 3.1 تستعمل البادئات في وحدات المقاسات العالمية (SI)

المقطع البدائي	الرمز	القياس	مثال
تيرا	T	1,000,000,000,000, or 10^{12}	1 terameter (Tm) = 1×10^{12} m
جيجا	G	1,000,000,000, or 10^{9}	1 gigameter (Gm) = 1×10^{9} m
ميجا	M	1,000,000, or 10^{6}	1 megameter (Mm) = 1×10^{6} m
كيلو	k	1,000, or 10^{3}	1 kilometer (km) = 1×10^{3} m
ديسي	d	1/10, or 10^{-1}	1 decimeter (dm) = 0.1 m
سنتي	c	1/100, or 10^{-2}	1 centimeter (cm) = 0.01 m
ميلي	m	1/1,000, or 10^{-3}	1 millimeter (mm) = 0.001 m
مايكرو	μ	1/1,000,000, or 10^{-6}	1 micrometer (μm) = 1×10^{-6} m
نانو	n	1/1,000,000,000, or 10^{-9}	1 nanometer (nm) = 1×10^{-9} m
بيكو	p	1/1,000,000,000,000, or 10^{-12}	1 picometer (pm) = 1×10^{-12} m

❑ الكتلة والوزن Mass and Weight

- **الكتلة هي مقياس لكمية المادة في الجسم.**
- الكتلة والوزن تشيران الى كميات مختلفة **فالوزن هو القوة التي تؤثر بها الجاذبية الأرضية في الجسم.** **فالكتلة ثابته لا تعتمد على الموقع ولكن الوزن يعتمد على الموقع.**
- وحدة الكتلة الأساسية هي **كيلوجرام (kg)** ولكن وحدة الجرام الصغيرة تعد أكثر قبولا.

$$1\ kg = 1000\ g = 1 \times 10^3\ g$$

❑ الحجم Volume

- **الحجم هو مقياس للحيز ثلاثي الابعاد الذى تشغله المادة.**
- الحجم وهو مكعب الطول، لذلك الحجم من الوحدات المشتقة ووحدة الحجم هي **متر مكعب** (m^3)، سنتيمتر مكعب(cm^3)، ديسيمتر مكعب (dm^3). وهناك وحدات شائعة من غير نظام SI هي اللتر (L)، المليلتر(mL).

$$1\ L = 1000\ mL = 1000\ cm^3 = 1\ dm^3$$

$$1\ mL = 1\ cm^3$$

❑ الكثافة Density

- **الكثافة هي كتلة الجسم (m) مقسومة على حجمه (V).**

$$d = \frac{m}{V}$$

$$\text{الكثافة} = \frac{\text{الكتلة}}{\text{الحجم}}$$

- الوحدة المشتقة للكثافة بحسب نظام SI هي كيلوجرام لكل متر مكعب (kg/m^3) . وهذه الوحدة كبيرة جدا لمعظم التطبيقات الكيميائية، لذا يشيع استخدام **g/mL** أو **g/cm^3** لقياس المواد الصلبة والسائلة.

- **الكثافة هي خاصية لا كمية** حيث انها لا تعتمد على كمية الكتلة الموجودة، لأن الحجم يزداد عندما تزداد الكتلة، لذلك تبقى نسبة الكميتين نفسها دائما لمادة معينة.

مثـــــال 1.1: الذهب معدن نفيس، وغير نشط كيميائيا. يستخدم بشكل رئيسي في الجواهر والأجهزة الالكترونية وطب الأسنان. فاذا كانت هناك قطعة من سبيكة ذهبية كتلته 301 g وحجمها $15.6\ cm^3$ ، احسب كثافة الذهب؟

الحـــــل:

$$d = \frac{m}{V} = \frac{301\ g}{15.6\ cm^3} = 19.3\ g/cm^3$$

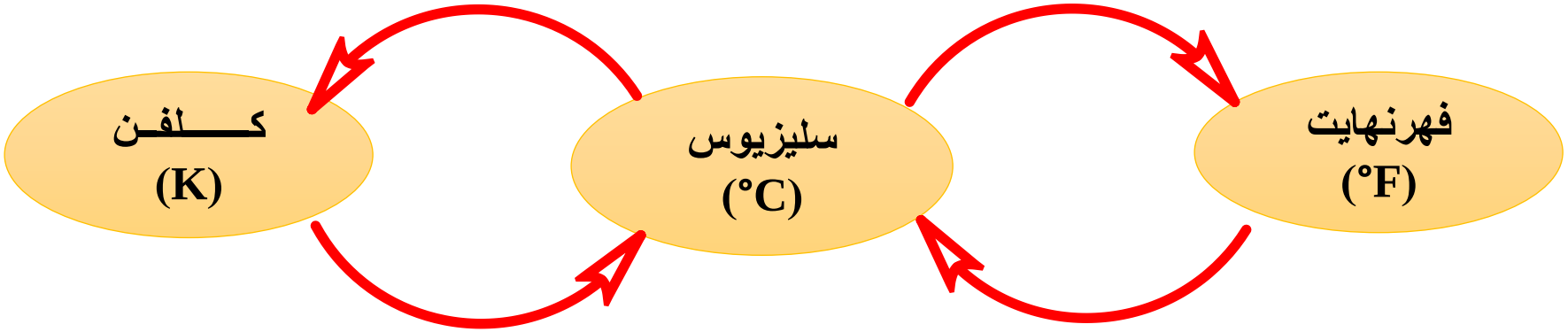
تمرين تطبيقي: قطعة من معدن البلاتين كثافتها $21.5\ g/cm^3$ وحجمها $4.49\ cm^3$. ما كتلتها؟

❑ مقاييس درجة الحرارة Temperature Scales

توجد ثلاث مقاييس مستخدمة لتحديد درجة الحرارة

$$؟\ K = {}^\circ C + 273.15$$

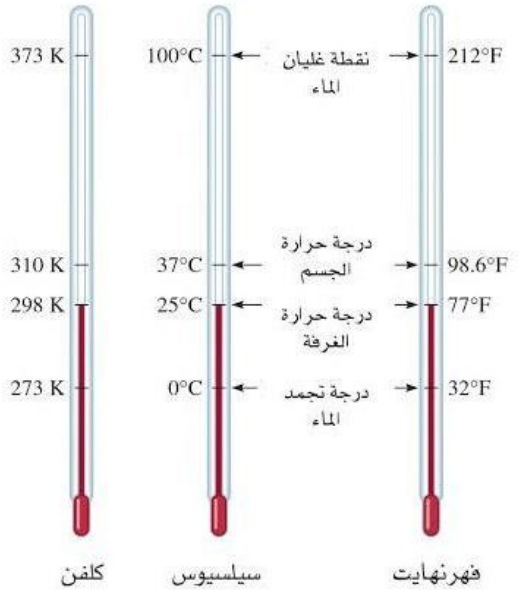
$$؟\ {}^\circ F = \left({}^\circ C\ x\ \frac{9}{5}\right) + 32$$



$$؟\ {}^\circ C = K - 273.15$$

$$؟\ {}^\circ C = ({}^\circ F - 32)\ x\ \frac{5}{9}$$

الصفر المطلق على مقياس كلفن
يكافئ –273.15 °C



مثـــــال 2.1:

(أ) نستخدم سبيكة مصنعة من القصدير والنحاس في لحام الدوائر الكهربائية. تبلغ درجة انصهار سبيكة معينة 224 °C، ما هي درجة الانصهار بدرجات فهرنهايت؟

$$\left(224\ ^\circ\text{C}\ \text{x}\ \frac{9\ ^\circ\text{F}}{5^\circ\text{C}}\right) + 32\ ^\circ\text{F} = 435\ ^\circ\text{F}$$

(ب) درجة غليان الهيليوم هي الأقل بين العناصر، وتبلغ 452 °F–، حول هذه الدرجة الى درجات سليزيوس؟

$$(-452\ ^\circ\text{F} - 32^\circ\text{F}\ )x\ \frac{5^\circ\text{C}}{9\ ^\circ\text{F}} = -269\ ^\circ\text{C}$$

(جـ) الزئبق هو المعدن الوحيد الذي يوجد في شكل سائل عند درجة حرارة الغرفة، وهو ينصهر عند 38.9– °C، حول درجة انصهاره الى درجات كلفن؟

$$(-\ 38.9\ ^\circ\text{C} + 273.15\ ^\circ\text{C})x\ \frac{1\ K}{1\ ^\circ\text{C}} = 234.3\ K$$

تمرين تطبيقي: حول الاتي:

١. **327.5 °C (درجة انصهار الرصاص) الى درجات فهرنهايت.**
٢. **172.9 °F (درجة غليان الايثانول) الى درجات سليزيوس.**
٣. **77 K (درجة غليان سائل النيتروجين) الى درجات سليزيوس.**

التعامل مع الأعداد Handling Numbers

من مهارات التعامل مع الأرقام المصاحبة للقياسات: **الترميز العلمي - الأرقام المعنوية - صحة القياس ودقته**

❑ الترميز العلمي Scientific Notation

- **يتعامل الكيميائيون غالبا بالأرقام الكبيرة جدا أو الصغيرة جدا. فمثلا:**

✓ **يحتوى 1 g من عنصر الهيدروجين على 602,200,000,000,000,000,000,000 ذرة هيدروجين.**

✓ **كتلة ذرة الهيدروجين الواحدة هى 0.000000000000000000000166 g**

- **هذة الأرقام مرهقة فى التعامل ومن ثم عند التعامل مع الأرقام الكبيرة جدا أو الصغيرة جدا فأننا نستخدم نظام**

في الترميز العلمي يتم كتابة العدد مضروباً في الرقم ١٠ ومرفوعاً إلى أس سالب أو موجب

$N \times 10^{n}$

عدد بين 1 و 10

الأس وهو رقم صحيح يعبر عن عدد المنازل التي تتحركها النقطة العشرية

الى اليسار (موجب، الأرقام الكبيرة جدا)

$40335675 = 4.03 \times 10^{7}$

n= 7

الى اليمين (سالب، الأرقام الصغيرة جدا)

$0.0000072 = 7.72 \times 10^{-6}$

n= – 6

مثال: عبر عن الأرقام الأتية باستخدام الترميز العلمي؟ 0.0000000027 568.762 – 35675 – 0.00000772

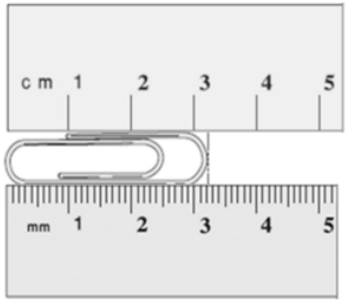
$568.762 = 5.68762 \times 10^{2}$

$35675 = 3.5675 \times 10^{4}$

$0.00000772 = 7.72 \times 10^{-6}$

$0.0000000027 = 2.7 \times 10^{-9}$

❑ الأرقام المعنوية Significant Figures



3.2 ± 0.1 cm

3.22 ± 0.01 cm

- تستخدم الأرقام المعنوية **لوصف مدى دقة القياسات** حيث تشير الى نسبة الخطأ في القياسات وذلك عن طريق التحديد الواضح لعدد **الأرقام المعنوية** (**الأرقام ذات المعنى في الكمية المحسوبة أو المقيسه**).
- عند استعمال الأرقام المعنوية، فأن **الرقم الأخير يعد غير مؤكد**

- ويتم تحديد **عدد الأرقام المعنوية للقيم المقيسه** من خلال اتباع القواعد الأتية:

(١) جميع الأرقام غير الصفر هي أرقام معنوية

مثـــال: 845 cm (ثلاثة أرقام معنوية) 1.234 kg (أربعة أرقام معنوية)

(٢) الأصفار الواقعة بين الأرقام غير الصفرية تعتبر أرقام معنوية

مثـــال: 6006 m (أربعة أرقام معنوية) 40.204 g (خمسة أرقام معنوية)

(٣) الأصفار الواقعة على يسار أول رقم غير الصفر لا تعد معنوية

مثـــال: 0.08 L (رقم معنوي واحد) 0.000349 g (ثلاثة أرقام معنوية)

(٤) الأصفار الواقعة على يمين الرقم تحسب أرقام معنوية عند وجود العلامة عشرية فقط، ماعدا ذلك لا تعتبر أرقام معنوية

مثـــال: 2.0 mg (رقمان معنويان) 0.090 g (رقمان معنويان)

- بالنسبة الى **الأرقام التي لا تحتوي على علامات عشرية** فأن الأصفار الواقعة على يمين الرقم قد تعد وقد لا تعد. فمثلا، 400 قد تحتوي على رقم معنوي واحد (4) أو اثنين (40) أو ثلاثة (400). ويمكن تجنب الالتباس من خلال استخدام الترميز العلمي، وفى هذه الحالة يمكن كتابة الرقم كالاتي: 4×10^2 بحيث يحتوى على رقم معنوي واحد، أو 4.0×10^2 للدلالة على رقمين معنويين أو 4.00×10^2 للتعبير عن ثلاثة أرقام معنوية.

مثـــــال 3.1: حدد عدد الأرقام المعنوية في القياسات الأتية:

478 cm - 6.01 g - 0.825 m - 0.043 kg - 1.310×10^{22} atom - 7000 mL

الكمية المقيسه	عدد الأرقام المعنوية
478 cm	**ثلاثة أرقام معنوية** لعدم وجود صفر في بين هذه الارقام
6.01 g	**ثلاثة أرقام معنوية** لان الصفر يقع بين ارقام غير صفرية
0.825 m	**ثلاثة أرقام معنوية** لان الصفر يقع على يسار أول رقم غير الصفر
0.043 kg	**رقمان معنويان** لان الصفر يقع على يسار أول رقم غير الصفر
1.310×10^{22} atom	**أربعة أرقام معنوية** لان الصفريقع على يمين الرقم وتوجد علامة عشرية
7000 mL	حالة غير واضحة قد يحتوى على **أربعة أرقام معنوية** (7.000×10^3) أو **ثلاثة** (7.00×10^3) أو **رقمين** (7.0×10^3) أو **رقم واحد** (7×10^3).

تمرين تطبيقي: حدد عدد الأرقام المعنوية في القياسات الأتية:

24 mL - 6.3001 g - $0.0320\ m^3$ - 4×10^4 molecules - 560 kg

العمليات الحسابية باستخدام القيم المقيسه

- عند اجراء العمليات الحسابية باستخدام القيم المقيسه يرجى مراعاة القواعد التالية في التعامل مع الأرقام المعنوية حيث يجب أن لا تكون دقة القيمة المحسوبة (النهائية) أعلى من أقل دقة من الأرقام الموجودة

١. قاعدة الجمع و الطرح:- يتم تقريب الناتج بحيث تكون عدد الأرقام على يمين العلامة العشرية في النتيجة النهائية تساوي أقل عدد في أي من الأرقام الأصلية.

$$\begin{array}{r} 89.332 \\ +\ 1.1 \\ \hline 90.432 \end{array}$$

رقم واحد بعد العلامة العشرية ←

يتم تقريبه إلى 90.4 ←

$$\begin{array}{r} 2.097 \\ -\ 0.12 \\ \hline 1.977 \end{array}$$

رقمان بعد العلامة العشرية ←

يتم تقريبه إلى 1.98 ←

قواعد التقريب

١-إذا كان الرقم المراد إسقاطه أقل من 5يسقط وتسقط الأرقام التي تليه ويترك الرقم الأخير بدون تغيير، مثال: تقريب 5.643678 **الى ٣ أرقام معنوية** يكون الناتج 5.64

٢- إذا كان الرقم المراد إسقاطه يساوى أو أكبر من 5يسقط وتسقط الأرقام التي تليه ويضاف للرقم الأخير واحد، مثال: تقريب 7.24767**الى ٣ أرقام معنوية** يكون الناتج 7.25

٢. قاعدة الضرب و القسمة:- يتم تقريب الناتج بحيث يكون عدد الأرقام المعنوية في الناتج النهائي للضرب والقسمة يساوي عدد الأرقام المعنوية الأقل في الأرقام المضروبة أو المقسومة.

$$2.8 \times 4.5039 = 12.61092$$

↑ رقمان معنويان

↓ يتم تقريبه إلى 13

$$\frac{6.85}{112.04} = 0.0611388789$$

ثلاثة أرقام معنوية ←

↓ يتم تقريبه إلى 0.0611

مثـــــال 4.1:

قم بإجراء العمليات الحسابية الأتية مبينا العدد الصحيح من الأرقام المعنوية

(أ) 11,254.1 g + 0.1983 (ب) 66.59 L – 3.113 L (جـ) 8.16 m x 5.1355

(د) 0.0154 kg ÷ 88.3 mL (هـ) 2.64×10^3 cm + 3.27×10^2 cm

الحـــــل:

(أ)

$$\begin{array}{r} 11{,}254.1\ \text{g} \\ +\ 0.1983\ \text{g} \\ \hline 11{,}254.2983\ \text{g} \end{array} =$$

يتم تقريبه إلى 11,254.3 ← 11,254.3

(ب)

$$\begin{array}{r} 66.59\ \text{L} \\ -\ 3.113\ \text{L} \\ \hline 63.477\ \text{L} \end{array}$$

يتم تقريبه إلى 63.48 ← 63.48

(جـ) $8.16\ \text{m} \times 5.1355 = 41.90568\ \text{m}$ يتم تقريبه إلى 41.9 ← 41.9

(د) $\frac{0.0154\ kg}{88.3\ mL} = 0.000174405436\ kg/mL$ يتم تقريبه إلى 0.000174 ← 0.000174

(هـ) $2.64 \times 10^3\ \text{cm} + 3.27 \times 10^2\ \text{cm} = (2.64 + 0.327) \times 10^3$

$= 2.97 \times 10^3\ \text{cm}$

تمرين تطبيقي: قم بإجراء العمليات الحسابية الأتية :

(أ) $26.5862\ L + 0.17\ L$

(ب) $9.1\ g - 4.682\ g$

(جـ) $7.1 \times 10^4\ dm \times 2.2654 \times 10^2\ dm$

(د) $6.54\ g \div 86.5542\ mL$

(هـ) $(7.55 \times 10^4\ m) - (8.62 \times 10^3\ m)$

❑ صحة القياس ودقته Accuracy and Precision

صحة القياس

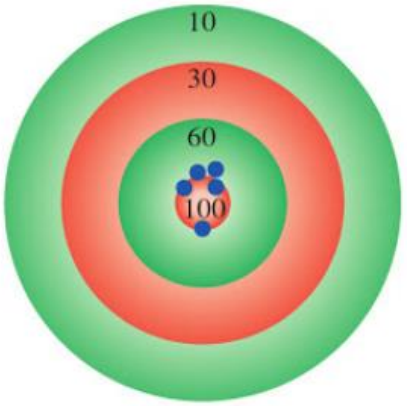
تدل **صحة القياس على مقدار قرب القيمة المقيسه من القيمة الحقيقية للكمية المقيسه**

(قياس مدى تباعد أو تقارب القياسات المختلفة من القيمة الحقيقية لتلك القياسات).

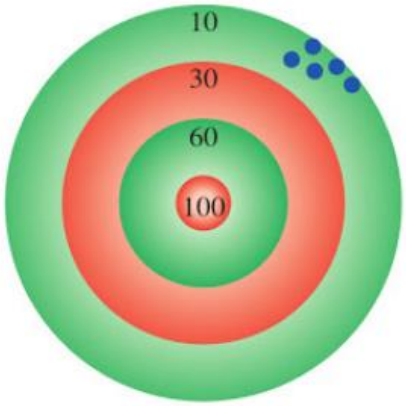
دقة القياس

تدل **دقة القياس على مدى تقارب قياسين او أكثر من بعضهما للكمية المقيسه نفسها**

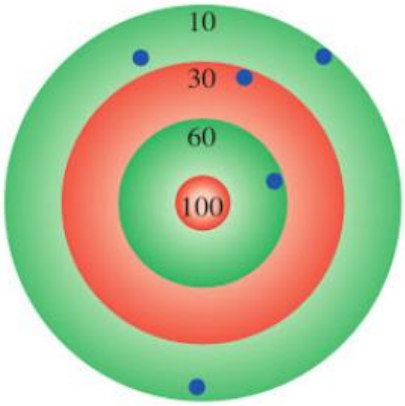
(قياس مدى تباعد أو تقارب القياسات المختلفة من بعضها).



صحيح و دقيق



غير صحيح ولكن دقيق



غير صحيح وغير دقيق

- الفرق بين صحة القياس ودقته مهم لنفترض مثلا أنه طلب من ثلاث طلاب تحديد كتلة سلك نحاسي وقد أجرى كل طالب عملية القياس مرتين والقيمة الحقيقية لكتلة السلك هي **2.000 g**. وكانت نتائج الطلاب كالاتي

	طالب أ	طالب ب	طالب ج
	1.964 g	1.972 g	2.000 g
	1.978 g	1.968 g	2.002 g
القيمة المتوسطة	1.971 g	1.970 g	2.001 g
	غير صحيحة وغير دقيقه	غير صحيحة ولكن اكثر دقه من أ	أكثر صحة و دقه من أ و ب

١- أى من التالي يصنف على انه مخلوط؟

a)أوكسيد الصوديوم b) ماء البحر c) النحاس d)ملح الطعام

٢- أي من الظواهر التالية تعتبر خاصية كيميائية

a)غاز الاكسجين يساعد على الاحتراق b) يغلي الماء عند درجات حرارة اقل من ١٠٠ درجة مئوية

c) غاز الهليوم اخف من الهواء d) يميل عنصر الهليوم الموجود في البالون للتسرب الى الخارج بعد عدة ساعات

٣- أى من الخواص التالية تعتبر خاصية لا كمية

a) الكثافة b) الكتلة c) الطول d) الحجم

٤- ما هي وحدة قياس كمية المادة وفقا للنظام العالمي للوحدات (SI)؟

a)مول b) كيلوجرام c) جرام d)سنتيمتر

٥- تبلغ كثافته الزئبق 13.6 g/mL . أحسب جرامات الزئبق التي تحتل حجما مقداره 5.80 mL ؟

a) 2.34 g b) 78.9 g c) 23.4 g d) 7.89 g

٦- تم تسخين عينة من الماء حتى 75.0 درجة سيلزيوس. ما هي درجة الحرارة بمقياس الفهرنهايت ؟

a) 177 °F b) 167 °F c) 193 °F d) 107 °F

٧- يمكن التعبير عن الرقم 0.00043 بطريقة الترمز العلمي بـ.....

a) $4.3x10^{-4}$ b) $4.3x10^{4}$ c) $0.43x10^{-3}$ d) $4.3x10^{3}$

٨- ما هو عدد الأرقام المعنوية فى ناتج العملية 12.3540 x 0.08312 ؟

a) 3 b) 4 c) 2 d) 5

٩- طلب من ثلاثة طلاب قياس حجم كمية من الماء وقد أجرى كل طالب عملية القياس مرتين وكانت النتائج كما في الجدول، اذا كانت القيمة الحقيقية لحجم لكمية الماء هي 100 mL . فان قراءة الطالب جـ.....

	الطالب أ	الطالب ب	الطالب ج
القراءة الاولى	99.95	95.50	98.90
القراءة الثانية	100.00	98.50	98.95
القيمة المتوسطة	99.975	97	98.425

a)صحيحة وغير دقيقه b) غير صحيحة وغير دقيقه

c) دقيقه وغير صحيحة d)دقيقه وصحيحة

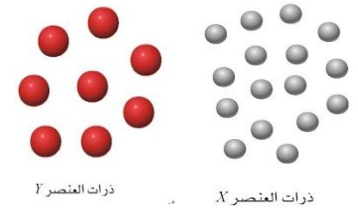
الفصـــــــل الثاني

الذرات والجزيئات والأيونات

❑ النظرية الذرية

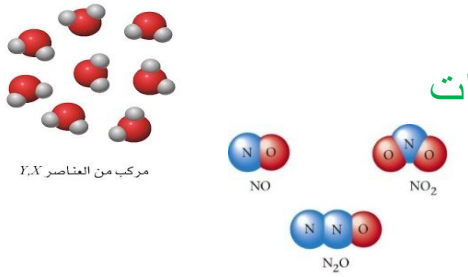
- فكرة ديمقراطس للذرة: جميع المواد تتكون من أجزاء أو جسيمات متناهية في الصغر غير قابلة للانقسام أطلق عليها atoms التي تعني حرفيا باللغة اليونانية *الشيء غير القابل للانقسام*

- **فرضيات النظرية الذرية لدالتون (يعد عمل دالتون بداية الكيمياء الحديثة):**



١- تتكون العناصر من جسيمات صغيرة جدا تسمى الذرات.

٢- الذرات في العنصر الواحد جميعها متماثلة في الحجم والكتلة والخواص الكيميائية وتختلف ذرات أي عنصر عن ذرات عنصر آخر.



٣- تتكون المركبات من اتحاد ذرات أكثر من عنصر وفي أي مركب تكون نسبة أعدد الذرات لأي عنصرين موجودين عددا صحيحا أو كسرا بسيطا (قانون النسب المضاعفة).

٤- يتضمن التفاعل الكيميائي فصل الذرات أو اتحادها أو اعادة ترتيبها (قانون حفظ المادة).

- **قانون النسب المضاعفة**: إذا اتحد عنصران لتكوين أكثر من مركب فان كتلة العنصر الأول المتحدة مع كتلة محددة من العنصر الاخر هي بنسب عددية من ارقام صغيرة صحيحة.
- **قانون النسب الثابتة**: العينات المختلفة من المركب نفسه تحتوي دائما على العناصر المكونة له بالنسب الكتليه نفسها (أي أن المركبات تحتوي على نسب ثابتة من العناصر المكونة لها).
- **قانون حفظ المادة**: هو ان المادة لا تفنى ولا تستحدث

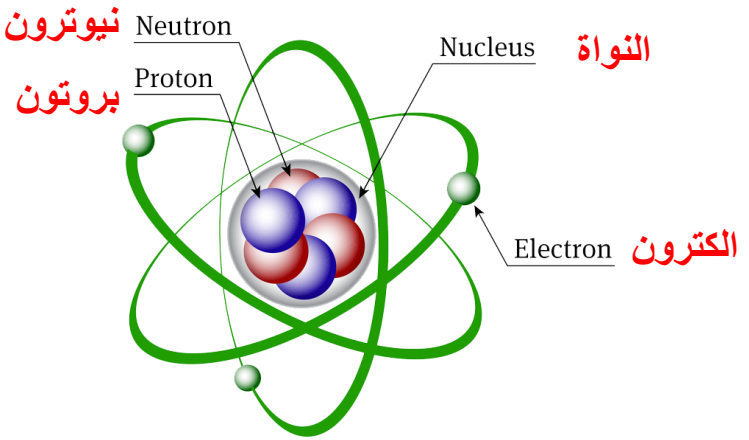
- بالاعتماد على نظرية دالتون الذرية، **الذرة** هي **الوحدة الأساسية للعنصر التي تدخل في التركيب والتفاعل الكيميائي**.

❑ بنية الذرة

- أن **للذرة تركيب داخلي** بمعنى أنها تتكون من جسيمات أصغر منها تسمى **الجسيمات تحت الذرية** (Subatomic Particles). وأدت هذه الدراسات الى اكتشاف ثلاث جسيمات هي: **الإلكترونات والبروتونات والنيوترونات** .
- تتكون الذرة من **نواة مركزية كثيفة جدا بها بروتونات ونيوترونات وتوجد الألكترونانت تدور حول النواة على مسافة كبيرة نسبيا منها.**

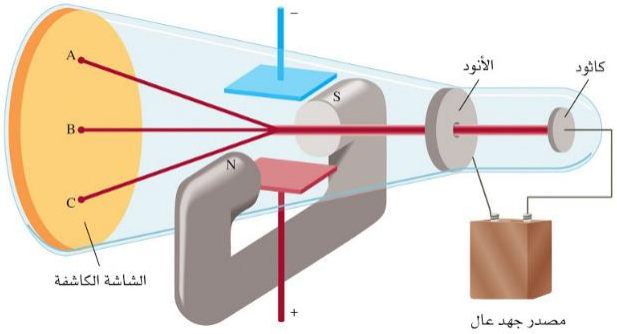
الذرة تتكون من

الألكترونات (e)	البروتونات (p)	النيوترونات (n)
جسيمات سالبة الشحنة تدور حول النواة	جسيمات موجبة الشحنة توجد داخل النواة	جسيمات غير مشحونة توجد داخل النواة



❑ الإلكترون The Electron

- تم اكتشاف الإلكترونات من قبل العالم **طومسون** عام 1897 في تجربته **أشعة المهبط** (الكاثود).
- **تجربة طومسون:** استخدم طومسون أنبوب أشعة المهبط وهي عبارة عن أنبوب زجاجي مفرغ من الهواء تحتوي داخلها على صفيحتين معدنيتين. وعند توصيل هاتين الصفيحتين بمصدر عالي الجهد فأن الصفيحة سالبة الشحنة (الكاثود) تصدر **أشعة غير مرئية (أشعة المهبط)** وتنطلق نحو الصفيحة موجبة الشحنة (الأنود).



وعند تطبيق مجال كهربي أو مغناطيسي حول الأنبوبة فأنه يؤدي إلى انحراف أشعة المهبط حيث تنجذب للصفيحة موجبة الشحنة وتتنافر مع الصفيحة سالبة الشحنة عند تطبيق المجال الكهربائي.

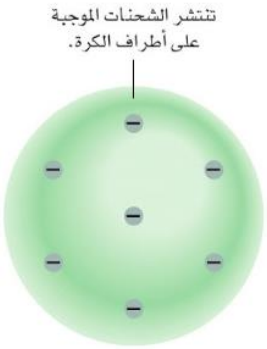
الاستنتاجات :-

١) أشعة المهبط مكونة من جسيمات دقيقة جدا مشحونة بشحنات سالبة أطلق عليها الإلكترونات.

٢) تعيين نسبة شحنة الإلكترون الى كتلته $(e/m = -1.76 \times 10^{8})$.

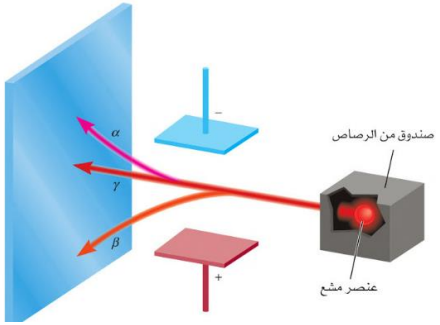
٣) إثبات أن هذه النسبة ثابتة لا تعتمد على نوع الغاز بالأنبوبة أو على نوع مادة المهبط.

٤) قيمة e/m كبيرة وتعنى أن كتلة الإلكترون صغيره للغاية.



- **نموذج طومسون**: اعتمادا على أن الذرة تحتوي على إلكترونات وأنها متعادلة كهربيا، اقترح طومسون أن **الذرة تتكون من كرة متجانسة تحمل عدد من الشحنات الموجبة تنغرس فيها الإلكترونات** تماما كما تنغرس حبات الزبيب في قطعة الكعك.

- ظاهرة **النشاط الإشعاعي** هي خاصية تمتلكها أنواع معينة من العناصر (اليورانيوم على سبيل المثال)، وتتمثل في **انبعاث الاشعاعات بشكل تلقائي وهي تعتبر ناتجة من تحلل نواة الذرة غير المستقرة بشكل تلقائي، لتصبح أكثر استقراراً**. ومن أشهر أنواع هذه الاشعاعات هي:



a) **أشعة ألفا (α):** تتكون من جسيمات تحمل شحنتين موجبتين وتسمى جسيمات ألفا، وقد وجد أنها تنحرف بفعل مجال كهربي ناحية القطب السالب

b) **أشعة بيتا (β):** عبارة عن إلكترونات (ولكنها صادرة من النواة) حيث إنها تنحرف ناحية القطب الموجب.

c) **اشعاعات جاما (γ):** اشعاعات عالية الطاقة وليست جسيمات ولا تحمل أي شحنات.

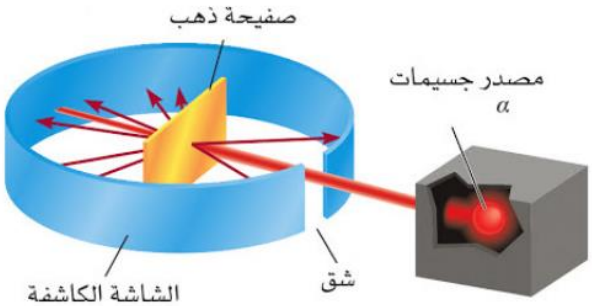
❑ البروتون والنواة

- **تجربة رذرفورد (**استخدام جسيمات ألفا لدراسة بنية الذرة**):** وتتضمن تجربة رذرفورد استخدام صفيحة رقيقة من الذهب كأهداف لقذائف من جسيمات ألفا الصادرة من مصدر مشع وقد لاحظ الاتي:

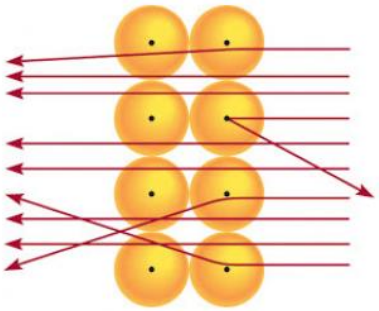
١- أن معظم جسيمات ألفا تمر من الصفائح دون انحراف.

٢- جزء صغير من جسيمات ألفا تمر بانحراف قليل (أي بزوايا كبيرة).

٣- نسبة ضئيلة جداً من جسيمات ألفا ارتدت إلى الخلف في نفس الاتجاه الذي انطلقت منه



ولتفسير نتائج تجربة تشتت أشعة ألفا، استنبط رذرفورد نموذجا جديدا للتركيب الذرى واقترح الاتي:



١- **أن معظم الذرة يجب أن تكون مساحة فارغة.**

٢- **تتركز شحنات الذرة الموجبة كلها في النواة.**

٣- **تشكل كتلة النواة معظم كتلة الذرة.**

❑ النيوترون

- وقد قام الفيزيائي **شادويك** باستخدام جسيمات الفا لقذف صفائح رقيقة من البريليوم فانطلقت جسيمات متعادلة الشحنة لها كتلة أكبر قليلا من كتلة البروتون. وهذه الجسيمات سماها شادويك **النيوترونات**.

$$\alpha + {}^{9}\mathrm{Be} \rightarrow {}^{12}\mathrm{C} + {}^{1}\mathrm{n}$$

يوضح الجدول الاتي كتل وشحنات الجسيمات الأساسية الموجودة في الذرة، البروتونات والنيوترونات والإلكترونات.

الجدول 1.2 كتل الجسيمات المكونة للذرة وشحناتها

الجسيم	الكتلة (g)	الشحنة	
		كولومب	وحدة شحنة
*إلكترون	9.10938×10^{-28}	-1.6022×10^{-19}	-1
بروتون	1.67262×10^{-24}	$+1.6022 \times 10^{-19}$	$+1$
نيوترون	1.67493×10^{-24}	0	0

❑ العدد الذري وعدد الكتلة والنظائر

- يتم التمييـــــز بين العناصر باستخـــــدام **العدد الذرى** (Atomic Number; A) و**العـــدد الكتلى** (Mass Number; Z).

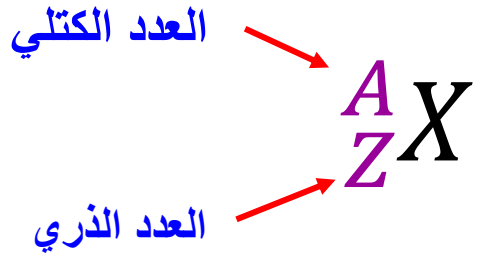
- **العدد الذري (Z):** **هو عدد البروتونات في نواة ذرة العنصر**. وبما أن الذرة متعادلة كهربيا، فأن عدد البروتونات يساوى عدد الإلكترونات وبذلك يمكن استخدام العدد الذري لمعرفة عدد الإلكترونات الموجودة في الذرة.
- **العدد الكتلي (A):** **هو العدد الكلى للبروتونات والنيوترونات الموجودة فى نواة ذرة العنصر.**

العدد الكتلي = عدد النيوترونات + عدد البروتونات

= عدد النيوترونات + العدد الذري

- لأحظ ان العدد الذرى والعدد الكتلي يجب أن تكون أرقاما صحيحة موجبة. وتتم الاشارة الى العدد الذرى والعدد الكتلي لذرة العنصر X كما يأتي

$^{23}_{11}Na$ $^{12}_{6}C$



- وقد وجد أن ذرات نفس العنصر لا تمتلك بالضرورة دائما نفس الكتلة، لها العدد الذرى نفسه، ولكن تختلف في أعدادها الكتليه تسمى **نظائر** (Isotopes).

النظائر عبارة عن ذرات من عنصر معين لها نفس العدد الذرى، ولكنها تختلف في العدد الكتلي

- ولا تختلف الخواص الكيميائية للذرة ونظيرها، ذلك لأن الخواص الكيميائية للذرة تعتمد على الإلكترونات التي تدور حول النواه. فمثلا، يوجد للهيدروجين ثلاث نظائر:

$^{1}_{1}H$	$^{2}_{1}H$	$^{3}_{1}H$
هيدروجين	**ديوتيريوم**	**تريتيوم**
1 بروتون	**1** بروتون	**1** بروتون
لا يمتلك نيوترونات	**1** نيوترون	**2** نيوترون

مثـــــال 1.2: حدد عدد كل من البروتونات والنيوترونات والإلكترونات فيما يأتي:

(أ) $^{17}_{8}O$ (ب) $^{199}_{80}Hg$ (جـ) $^{200}_{80}Hg$

الحـــــل: (أ) لأن العدد الذرى **8**، فإن عدد البروتونات =**8** وعدد الإلكترونات = **8**. ولان العدد الكتلي 17، فأن عدد النيوترونات= 8–17=9.

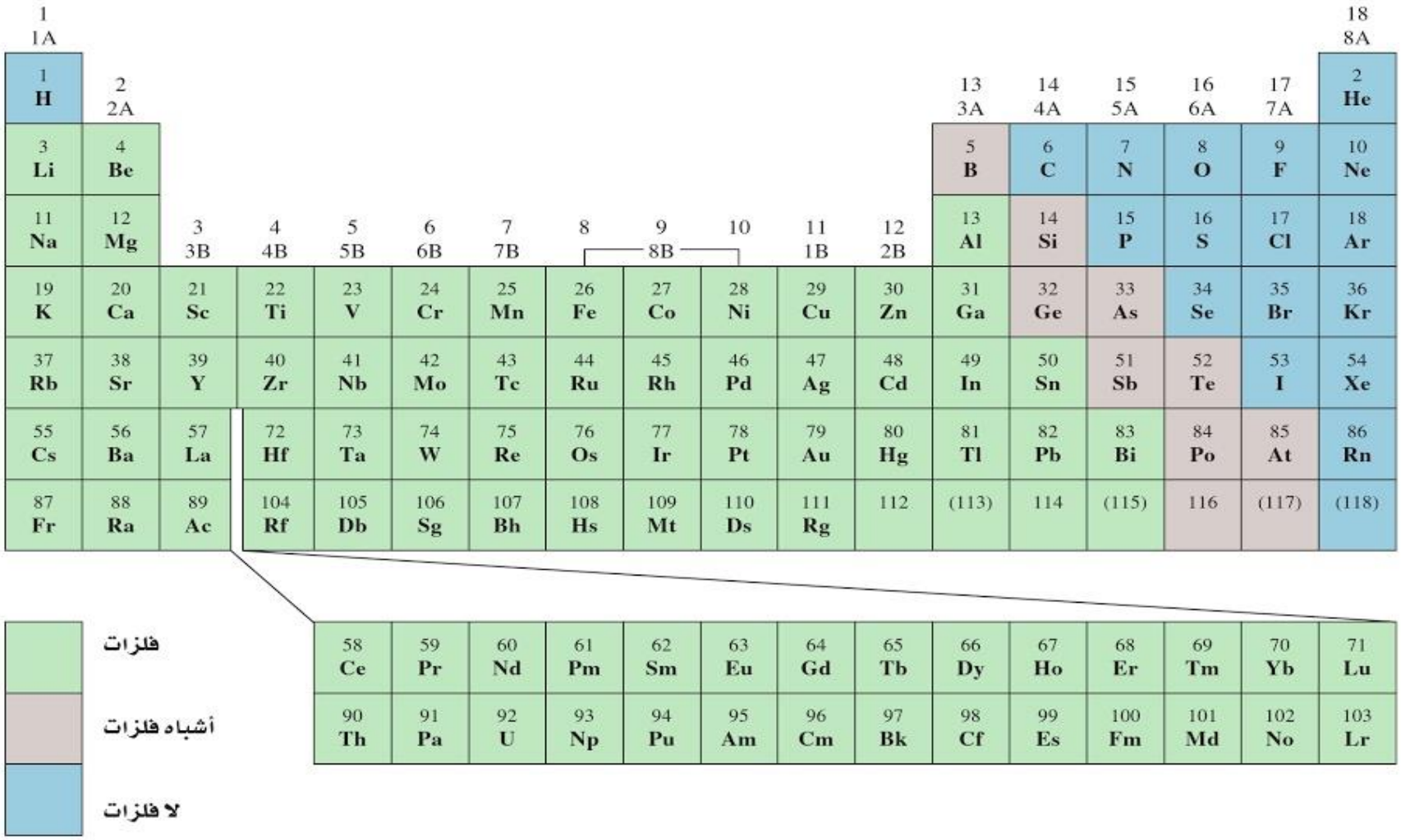
(ب) بالمثل، عدد البروتونات =**80** وعدد الإلكترونات = **80** وعدد النيوترونات= 80–199=**119**.

(جـ) عدد البروتونات =**80** وعدد الإلكترونات = **80** وعدد النيوترونات= 80– 200=**120**.

تمرين تطبيقي: ما عدد البروتونات والنيوترونات والإلكترونات لنظير النحاس $^{63}_{29}Cu$؟

❑ الجدول الدوري

- الانتظام الدوري في السلوك الكيميائي والفيزيائي للعناصر قاد الى تطوير **الجدول الدوري** الذى يتم فيه وضع العناصر التي لها خصائص كيميائية وفيزيائية متشابهة في مجموعات. ويوضح الشكل الاتي الجدول الدوري الحديث حيث **رتبت فيه العناصر اعتمادا على العدد الذري**.



- يتم ترتيب العناصر فى صفوف افقية تسمى **دورات (periods)** وفى أعمدة رأسية تسمى **مجموعات (groups)**.

- يمكن تقسيم العناصر في الجدول الدوري أيضا إلى ثلاث فئات،

١- الفلزات : معظم عناصر الجدول الدورى فلزات تقع يسار الجدول وهى عناصر موصله جيده للحرارة والكهرباء.

٢- لافلزات (١٧ عنصر): تقع أقصى يمين الجدول وهى عناصر رديئة التوصيل للحرارة والكهرباء.

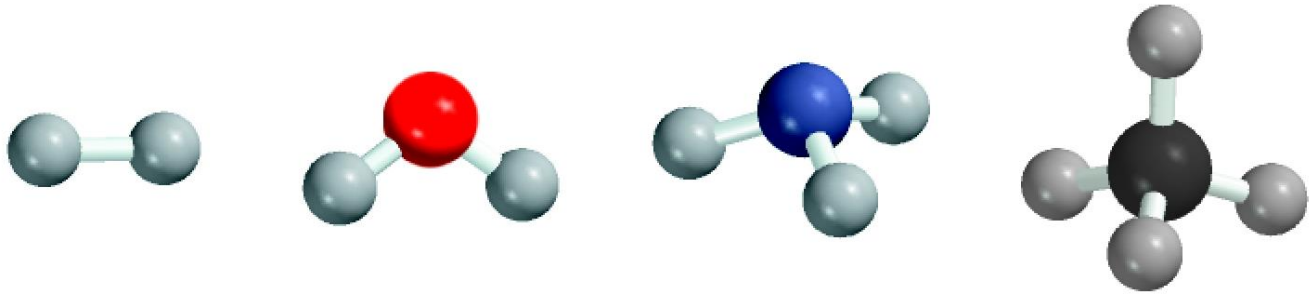
٣- أشباه الفلزات (٨ عناصر): تقع بين الفلزات واللافلزات ويملك خواص بين الفلزات واللافلزات.

- يتم الإشارة إلى العناصر كمجموعة بحسب المجموعة الرأسية التي تنتمي إليها. (المجموعة 1Aو المجموعة 2A وهكذا)
- بعض المجموعات لها أسماء شائعة:
  - عناصر المجموعة الأولى (1A) تسمى **الفلزات القلوية** Alkali metals
  - عناصر المجموعة الثانية (2A) تسمى **الفلزات القلوية الأرضية** Alkaline earth metals
  - عناصر المجموعة السابعة (7A) تسمى **الهالوجينات** Halogens
  - عناصر المجموعة الثامنة (8A) تسمى **الغازات النبيلة أو النادرة** noble or rare gases

- تتميز الغازات النبيلة في المجموعة 8A عن باقي العناصر جميعا في أنها الوحيدة التي توجد في الطبيعة على هيئة جزيئات وحيدة الذرة أي أنها غازات أحادية الذرة. وفيما عدا ذلك فإن جميع المواد الأخرى تتكون من جزيئات أو أيونات عديدة الذرات.

❑ الجزيئات والأيونات

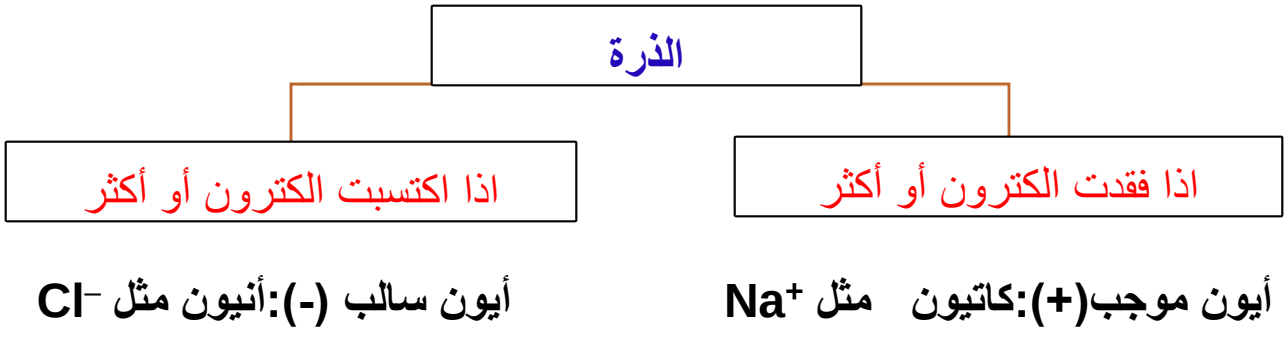
- **الجزيء**: هو **تجمع ذرتين أو أكثر بترتيب محدد ترتبط مع بعضها عن طريق روابط كيميائية**. ويمكن أن يتكون الجزئ من ذرات من نفس العنصر أو ذرات من عناصر مختلفة تجتمع مع بعضها بنسب ثابتة



H_2 H_2O NH_3 CH_4

يسمى الجزيء الذى يتكون من ذرتين بجزيء ثنائي الذرة (مثل N_2, O_2, Br_2, HCl, CO) أما الجزيئات التى تتكون من أكثر من ذرتين تسمى جزيئات متعددة الذرات (مثل H_2O, NH_3, O_3)

- **الأيون**: **ذرة أو مجموعة من الذرات تحمل شحنة موجبة أو سالبة**. ويتكون الأيون عن طريق فقد أو اكتساب الإلكترونات (أى يبقى عدد البروتونات الموجبة الشحنة فى النواة ثابت كما هو)



ذرة Na	أيون Na^+	ذرة Cl	أيون Cl^-
11بروتون	11بروتون	17بروتون	17بروتون
11الكترون	**10الكترون**	**17الكترون**	**18الكترون**

- يمكن للذرة أن تفقد أو تكتسب أكثر من إلكترون مثل Mg^{2+}, Fe^{3+}, S^{2-}, N^{3-} . وتوصف هذه الأيونات بأنها أحادية الذرة.
- وتحتوى الأيونات متعددة الذرات على أكثر من ذرة واحدة مثل أيون الهيدروكسيد (OH^-) وأيون الأمونيوم (NH_4^+) وأيون السيانيد (CN^-).

مثال: أحسب عدد البروتونات والإلكترونات والنيوترونات الموجودة في العناصر والأيونات الأتية؟

S, Na^+, Mg^{2+}, N^{3-}, Cl^- $\left({}^{32}_{16}S, {}^{23}_{11}Na, {}^{24}_{12}Mg, {}^{14}_{7}N, {}^{35}_{17}Cl\right)$

الحـــــــل

S $\Rightarrow$ $\#p = 16$, $\#e = 16$ and $\#n = 32 - 16 = 16$

Na^+ $\Rightarrow$ $\#p = 11$, $\#e = 11-1 = 10$ and $\#n = 23 - 11 = 12$

Mg^{2+} $\Rightarrow$ $\#p = 12$, $\#e = 12-2 = 10$ and $\#n = 24 - 12 = 12$

N^{3-} $\Rightarrow$ $\#p = 7$, $\#e = 7+3 = 10$ and $\#n = 14 - 7 = 7$

Cl– $\Rightarrow$ $\#p = 17$, $\#e = 17+1 = 18$ and $\#n = 35 - 17 = 18$

❑ الصيغ الكيميائية

- يستخدم الكيميائيون الصيغ الكيميائية للتعبير عن تركيب الجزيئات والأيونات باستخدام رموز كيميائية. ويوجد ثلاث أنواع من الصيغ:

الصيـــغ الكيميائية

الصيغة الجزيئية (Formula Molecular)

الصيغة التي توضح العدد الحقيقي من ذرات كل عنصر في الجزيء. فمثلا، الصيغة الجزيئية للهيدروجين H_2، وللأكسجين O_2، وللأوزون O_3، وللماء H_2O.

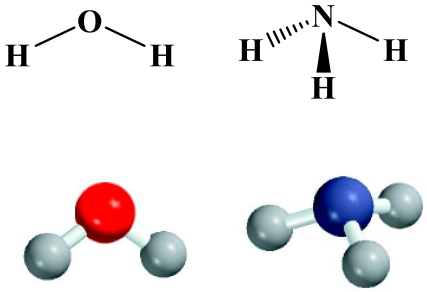
الصيغة الأولية او التجريبية (Empirical Formula)

الصيغة التي تبين أبسط نسبة عددية صحيحة بين ذرات كل عنصر في الجزيء. تعتبر الصيغ الأولية أبسط صورة لصيغة كيميائية وتكتب باختزال الأرقام الممثلة لعدد الذرات في الجزيء إلى أبسط رقم صحيح.

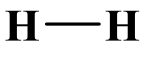
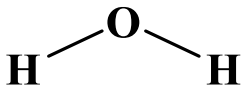
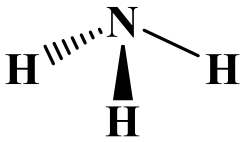
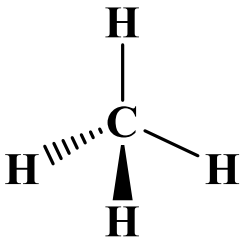
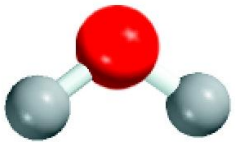
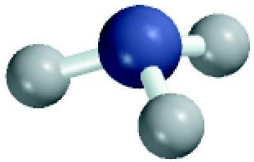
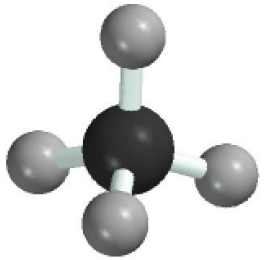
فمثلا، الصيغة التجريبية لفوق اكسيد الهيدروجين هي HO. وفى كثير من الأحيان تكون الصيغة الجزيئية هي نفسها الصيغة التجريبية ومن أمثلة ذلك الماء (H_2O) والأمونيا (NH_3).

الصيغة البنائية أو التركيبية (Structural Formula)

هي الصيغة التي توضح طريقة ترتيب وارتباط ذرات العناصر في الجزيء.



الجزيء	الصيغة الجزيئية	الصيغة الأولية
فوق اكسيد الهيدروجين	H_2O_2	HO
الهيدرازين	N_2H_4	NH_2
جلوكوز	$C_6H_{12}O_6$	CH_2O
الماء	H_2O	H_2O

	هيدروجين	ماء	أمونيا	ميثـــان
الصيغة الجزيئية	H_2	H_2O	NH_3	CH_4
الصيغة البنائية				
نموذج كرات وقضبان				

مثـــــال 3.2: أكتب الصيغة التجريبية للجزيئات الأتية:

أ- الأسيتيلين (C_2H_2) الذى يستخدم في شعلة اللحام.

ب- الجلكوز ($C_6H_{12}O_6$) مادة تعرف بسكر الدم.

ت- اكسيد النيتروز (N_2O) غاز يستخدم في التخدير

الحـــــل:

لكتابة الصيغة التجريبية، يختصر الرقم اسفل كل رمز في الصيغة الجزيئية الى أبسط عدد صحيح.

(أ) CH (ب) CH_2O (جـ) N_2O

تمرين تطبيقى:

اكتب الصيغة التجريبية للكافين ($C_8H_{10}N_4O_2$) وهو مادة منبهه موجودة في الشاي والقهوة.

❑ صيغ المركبات الأيونية

- تتكون المركبات الأيونية من اتحاد أيونات موجبة (كاتيونات) مع أيونات سالبة (أنيونات).
- **صيغ المركبات الأيونية هي عادة الصيغ التجريبية نفسها** بسبب أن المركبات الأيونية لا تتكون من وحدات جزيئية منفصلة.

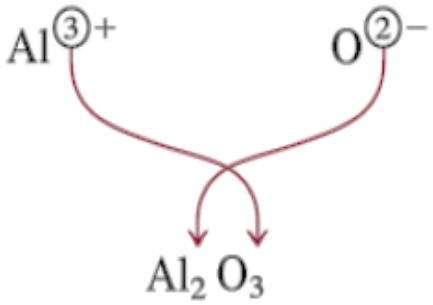
- **ويجب مراعاة الاتي عند كتابة صيغة المركبات الأيونية:**

١) الشحنات للكاتيون والأنيون لا تكتب على الصيغة للمركب الأيوني.

٢) حتى يكون المركب الأيوني **متعادلا** يجب أن يكون مجموع الشحنات على الكاتيون والأنيون مساويا للصفر.

أ. فإذا كانت شحنة الأنيون مساوية لشحنة الكاتيون تكون النسبة 1:1 مثل فوسفات الألومنيوم ($AlPO_4$) وكبريتات الماغنسيوم ($MgSO_4$) و كلوريد الصوديوم ($NaCl$).

ب. إذا كانت شحنة الأنيون مختلفة عن شحنة الكاتيون فإننا نطبق القاعدة التالية: **لكى تكون الصيغة متعادله كهربيا: توضع قيمة الشحنة على الكاتيون مكان عدد الذرات الخاص بالأنيون وتوضع قيمة شحنة الأنيون مكان عدد الذرات الخاص بالكاتيون**



مجموع الشحنات

$2(+3) + 3(-2)=0$.

لذلك تكون صيغة اكسيد الألومنيوم

هي Al_2O_3

تدريب: قم بكتابة الصيغة الكيميائية للأملاح الناتجة من اتحاد الأيون السالب و الأيون الموجب:

الايون السالب (الانيون)	الايون الموجب (الكاتيون)	الصيغة الكيميائية
CO_3^{-2}	NH_4^+	
NO_3^-	Ba^{+2}	
Cl^-	Fe^{+3}	
SO_4^{-2}	Cd^{+2}	
PO_4^{-3}	Ni^{+2}	
$S_2O_3^{-2}$	Al^{+3}	
Cl^-	Zn^{+2}	

❑ تسمية المركبات

- طور الكيميائيون نظاما لتسمية المواد على أساس مكوناتها من خلال تقسيم المواد الى ثلاث فئات: **المركبات الأيونية**، و**المركبات الجزيئية**، و**الأحماض والقواعد**.

المركبات الأيونية

- تتكون **المركبات الأيونية** من كاتيونات (أيونات موجبة) وأنيونات (أيونات سالبة).
- **الكاتيونات**: فيما عدا أيون الأمونيوم (NH_4^+)، فإن جميع الكاتيونات تشتق من ذرات الفلزات وتأخذ كاتيونات **الفلز** أسمائها من عناصرها.

العناصر		اسم الكاتيون	
صوديوم	Na	أيون الصوديوم (أو كاتيون الصوديوم)	Na^+
بوتاسيوم	K	أيون البوتاسيوم (أو كاتيون البوتاسيوم)	K^+
ماغنسيوم	Mg	أيون الماغنسيوم (أو كاتيون الماغنسيوم)	Mg^{2+}
ألمنيوم	Al	أيون الألمنيوم (أو كاتيون الألمنيوم)	Al^{3+}

- **الأنيونات:** لتسمية **الأنيونات احادية الذرة** نضع النهاية **"يد"** على اسم **العنصر اللافلزي** فيصبح الكلور **كلوريد**.

الجدول 2.2 تسمية "يد" بعض الأنيونات أحادية الذرة الشائعة وفقاً لموقعها في الجدول الدوري

مجموعة 4A	مجموعة 5A	مجموعة 6A	مجموعة 7A
C كاربيد (C^{4-})*	N نايتريد (N^{3-})	O أكسيد (O^{2-})	F فلوريد (F^-)
Si سليكيد (Si^{4-})	P فوسفيد (P^{3-})	S كبريتيد (S^{2-})	Cl كلوريد (Cl^-)
		Se سيلنيد (Se^{2-})	Br بروميد (Br^-)
		Te تيلريد (Te^{2-})	I أيوديد (I^-)

- النهاية **"يد"** تستخدم أيضا لمجموعات الأنيون التي تحتوي على عناصر مختلفة، مثل هيدروكسيد (OH^-) وسيانيد (CN^-).

ويحتوى الجدول الاتي على قائمة بأسماء عدد من الكاتيونات والأنيونات الشائعة

الكاتيونات		الأنيونات	
هيدروجين	H^+	هيدريد	H^-
ليثيوم	Li^+	فلوريد	F^-
صوديوم	Na^+	بروميد	Br^-
بوتاسيوم	K^+	يوديد	I^-
سيزيوم	Cs^+	اكسيد	O^{-2}
فضة	Ag^+	بيروكسيد	O_2^{-2}
روبيديوم	Rb^+	كربونات	CO_3^{-2}
امونيوم	NH_4^+	كربونات هيدروجين او بيكربونات	HCO_3^-
باريوم	Ba^{+2}	كلوريد	Cl^-
كادميوم	Cd^{+2}	كلورات	ClO_3^-
كالسيوم	Ca^{+2}	كرومات	CrO_4^{-2}
كوبلت	Co^{+2}	ثنائي كرومات	$Cr_2O_7^{-2}$
رصاص	Pb^{+2}	سيانيد	CN^-
ماغنيسيوم	Mg^{+2}	ثيوسينات	SCN^-
منجنيز(II)	Mn^{+2}	فوسفات	PO_4^{-3}
سترانشيوم	Sr^{+2}	فوسفات هيدروجين	HPO_4^{-2}
قصدير(II)	Sn^{+2}	فوسفات ثنائي هيدروجين	$H_2PO_4^-$
زنك	Zn^{+2}	كبريتيد	S^{-2}
المونيوم	Al^{+3}	كبريتات	SO_4^{-2}
كروم (III)	Cr^{+3}	كبريتيت	SO_3^{-2}
نحاس (I)	Cu^+	كبريتات هيدروجين او بيكبريتات	HSO_4^-
نحاس(II)	Cu^{+2}	هيدروكسيد	OH^-
حديد (II)	Fe^{+2}	نترات	NO_3^-
حديد (III)	Fe^{+3}	نيتريد	N^{-3}
زئبق (I)	Hg_2^{+2}	نيتريت	NO_2^-
زئبق(II)	Hg^{+2}	برمنجينات	MnO_4^-

- **المركب الأيونى :** عند التسمية، **يسمى أولا الأنيون ثم يتبعه اسم الكاتيون** (نعكس الترتيب للتسمية في اللغة الأنجليزية فنحن نقول كلوريد الصوديوم وبالإنجليزية يقال sodium chloride).

بروميد البوتاسيوم **KBr** يوديد الزنك **ZnI_2** أكسيد الألومنيوم **Al_2O_3**

- تستطيع فلزات معينة تكوين أكثر من نوع من الكاتيونات، فالحديد ممكن أن يكون Fe^{2+}أو Fe^{3+}، فيتم التمييز بين الكاتيونات المختلفة للعنصر نفسة باستخدام الأرقام الرومانية. يستخدم **I** للشحنة الموجبة الواحدة ويستخدم **II** للشحنتين موجبتين، فمثلا يسمى $FeCl_2$ كلوريد حديد (II) ويسمى $FeCl_3$ كلوريد حديد (III)

أكسيد المنجنيز (II) Mn^{2+} : **MnO**

أكسيد المنجنيز (III) Mn^{3+} : **Mn_2O_3**

أكسيد المنجنيز (IV) Mn^{4+} : **MnO_2**

مثـــــال 4.2: سم المركبات الأتية: (أ) $Cu(NO_3)_2$ (ب) KH_2PO_4 (جـ) NH_4ClO_3

الحـــــل:

(أ) نترات النحاس(II) (ب) فوسفات ثنائى الهيدروجين بوتاسيوم

(جـ) كلورات الأمونيوم

تمرين تطبيقى: سم المركبين الأتيين: (أ) PbO (ب) Li_2SO_3

مثـــــال 5.2: أكتب الصيغ الكيميائية للمركبات الأتية:

(أ) نيتريت الزئبق (I)　　(ب) كبريتيد السيزيوم　　(جـ) فوسفات الكالسيوم

الحـــــل:

(أ) $Hg_2(NO_2)_2$　　(ب) Cs_2S　　(جـ) $Ca_3(PO_4)_2$

تمرين تطبيقي:

أكتب صيغ المركبين الايونين الأتيين: (أ) كبريتات الرابديوم　　(ب) هيدريد الباريوم

المركبات الجزيئية

- على عكس المركبات الأيونية، **المركبات الجزيئية تمتلك وحدات منفصلة وتتكون عادة من عناصر غير فلزية (لافلزات أو أشباه فلزات)**.
- العديد من المركبات الجزيئية تكون على هيئة مركبات ثنائية، لذلك فإن تسميتها تشبه طريقة تسمية المركبات الأيونية الثنائية. حيث يكتب في البداية أسم العنصر الثاني مضافا الية **"يد"**، ثم يتبعه اسم العنصر الأول. وفيما يأتي بعض الأمثلة

كـــربيد السيلكـــون SiC　　كلوريد الهيدروجين HCl　　بروميد الهيدروجين HBr

- بعض أزواج العناصر تكون أكثر من مركب. وللتمييز بين هذه الحالات، نستخدم البادئات الإغريقية الموجودة في الجدول الاتي للتعبير عن عدد ذرات العناصر الموجودة

البادئات	المعنى	البادئات	المعنى
أحادي	1	سداسي	6
ثنائي	2	سباعي	7
ثلاثي	3	ثماني	8
رباعي	4	تساعي	9
خماسي	5	عشاري	10

أحادي أكسيد الكربون CO

ثنائي أكسيد الكربون CO_2

ثلاثي أكسيد الكبريت SO_3

ثنائي أكسيد الكبريت SO_2

ثنائي أكسيد النيتروجين NO_2

رباعي أكسيد ثنائي النيتروجين N_2O_4

وفيما يأتي بعض الارشادات عند تسمية المركبات مع البادئات

١- البادئة (أحادي) قد تحذف للعنصر الأول: مثل المركب PCl_3 يسمى ثالث كلوريد الفوسفور.

٢- يستثنى من استخدام البادئات المركبات التي تحتوي على هيدروجين التي تعرف عادة بأسمائها الشائعة.

فوسفين PH_3 ماء H_2O كبريتيد الهيدروجين H_2S ميثان CH_4

داى بوران B_2H_6 سايلين SiH_4 أمونيا NH_3

مثـــــال 7.2: أكتب الصيغ الكيميائية للمركبين الجزيئيين الأتية:

(أ) ثاني كبريتيد الكربون **(ب)** سداسي بروميد ثنائي سيليكون

الحـــــل: (أ) CS_2 (ب) Si_2Br_6

تمرين تطبيقي: أكتب الصيغتين الكيميائيتين للمركبين:

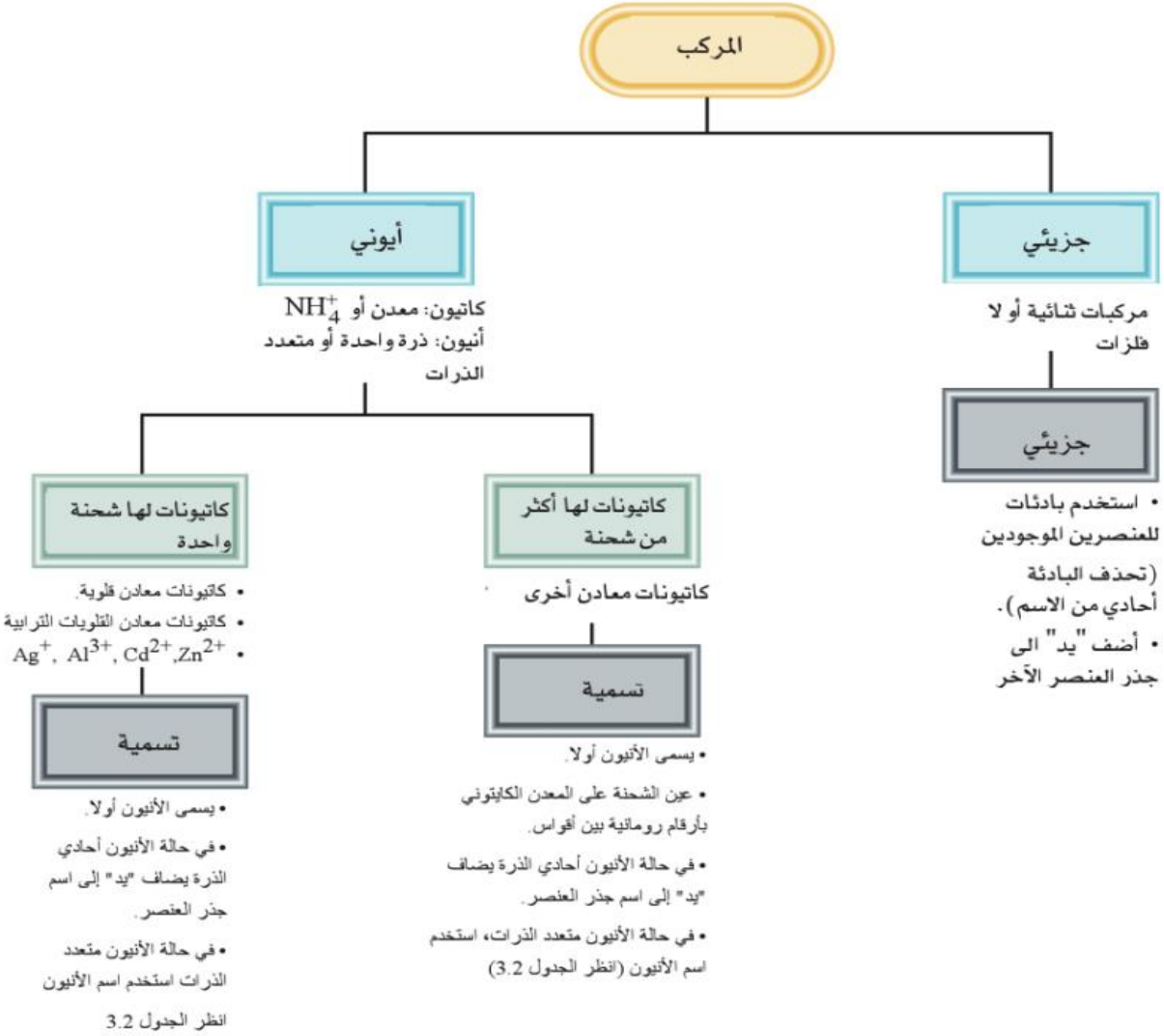
(أ) رباعي فلوريد الكبريت (ب) خماسي أكسيد ثنائي النيتروجين

مثـــــال 6.2: سم المركبات الجزيئية الأتية: (أ) $SiCl_4$ (ب) P_4O_{10}

الحـــــل: (أ) رباعي كلوريد السيلكون (ب) عشاري أكسيد رباعي فوسفور

تمرين تطبيقي: سم المركبين الجزيئيين الأتيين: (أ) NF_3 (ب) Cl_2O_7

ويلخص الشكل الاتي خطوات تسمية المركبات الأيونية والجزيئية



الأحماض والقواعد

(أ) تسمية الأحماض

- الحمض هي مادة تنتج أيون الهيدوجين (H^+) عندما تذوب فى الماء.
- تحتوى صيغ الأحماض على ذرة هيدروجين أو أكثر وجموعة أنيونية.
- الأيونات التى تنتهى بـ "يد" تسمى أحماضها بالبادئة " هيدرو" ويضاف "يك" الى اسم الأنيون

الجدول 5.2 بعض الأحماض البسيطة

الأنيون	الحمض
F^- (فلوريد)	HF حمض هيدروفلوريك
Cl^- (كلوريد)	HCl حمض هيدروكلوريك
Br^- (بروميد)	HBr حمض هيدروبروميك
I^- (أيوديد)	HI حمض هيدروايوديك
CN^- (سيانيد)	HCN حمض هيدروسيانيك
S^{2-} (كبريتيد)	H_2S حمض هيدروكبريتيك

- فى بعض الحالات يتم تخصيص اسمين مختلفين للصيغة الكيميائية:

يعتمد الاسم المستخدم على الحالة الفيزيائية

HCl

عنـــدما يكون

فى الحالة الغازية او السائلة النقية ← يسمى كلوريد الهيدروجين

يذاب فى الماء ← يسمى حمض الهيدروكلوريك

- **الأحماض الأكسجينية:** الأحماض التى تحتوى على الهيدروجين والأكسجين وعنصر أخر (عنصر مركزى). وتكتب صيغة هذة الأحماض بالهيدروجين أولا، تتبعها الذرة المركزية، ومن ثم الأكسجين.

H_2CO_3 حمض الكربونيك	$HClO_3$ حمض الكلوريك	HNO_3 حمض النيتريك
H_3PO_4 الفوسفوريك	H_2SO_4 حمض الكبريتيك	

- فى الغالب، يمتلك حمضان أو أكثر من الأحماض الأكسجينية الذرة المركزية نفسها، ولكن يكون الاختلاف في عدد ذرات الأكسجين. وفيما يتعلق بالأحماض التي ينتهى أسمها بـ "يك"، فأننا نستخدم القواعد الاتية في عند التسمية في هذه الحالات

١- اضافة ذرة اكسجين ← يسمى الحمض بحمض "بير.....يك"

$HClO_3$	$HClO_4$
حمض كلوريك	حمض بيركلوريك

٢- ازالة ذرة اكسجين ← يسمى الحمض بحمض "وز"

HNO_3	HNO_2
حمض النيتريك	حمض النيتروز

٣- ازالة ذرتى اكسجين ← يسمى الحمض بحمض "هايبو.....وز"

$HBrO_3$	$HBrO$
حمض بروميك	حمض هايبوبروموز

- أما القواعد المستخدمة لتسمية أنيونات الأحماض الأكسجينية فهي:

١- عندما تزال أيونات H من حمض "يك" ← أسم الأنيون ينتهى بـ "ات"

H_2CO_3	CO_3^{2-}
حمض كربونيك	أيون كربونات

٢- عندما تحذف أيونات H جميعها من حمض "وز" ← أسم الأنيون ينتهى بـ "يت"

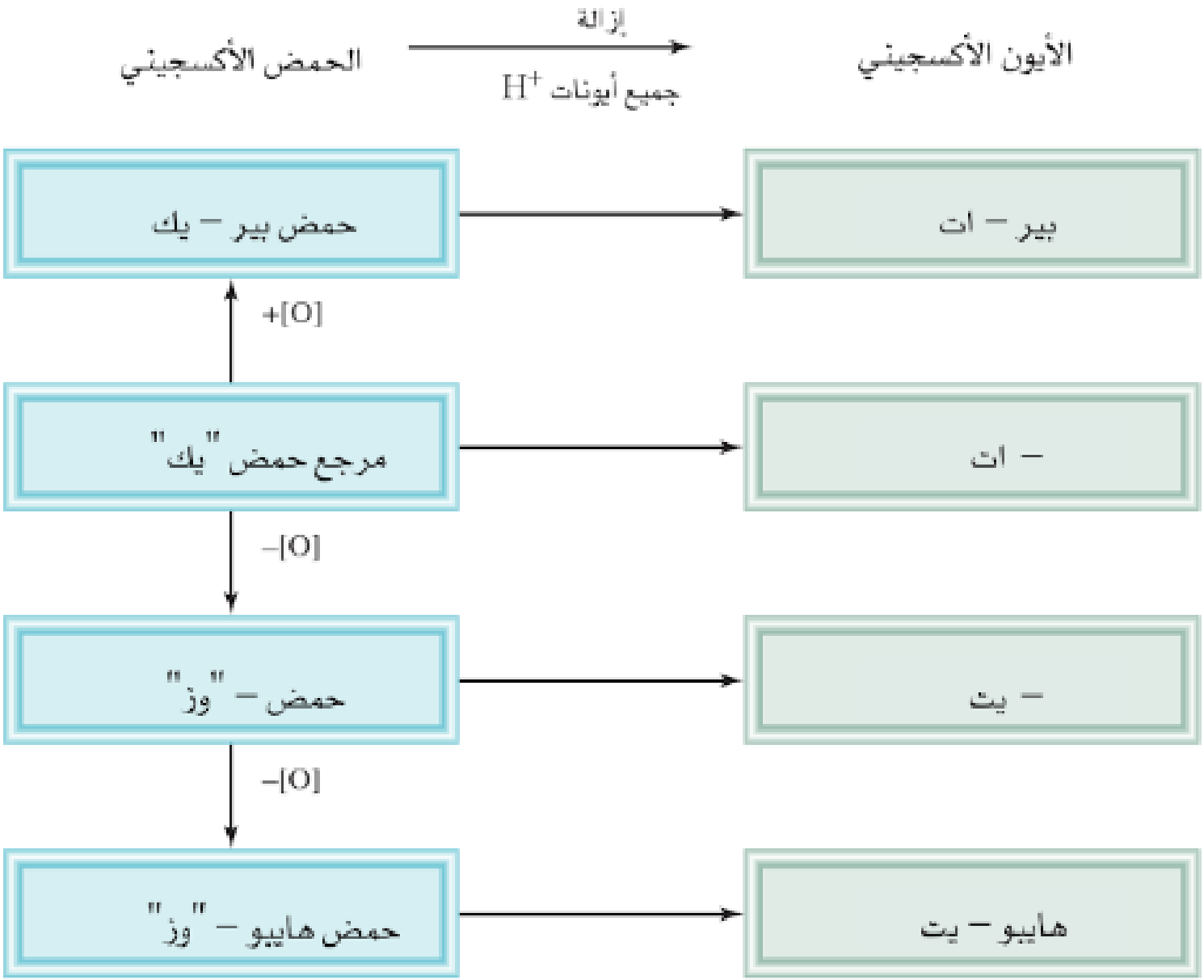
$HClO_2$	ClO_2^-
حمض كلوروز	أيون كلوريت

٣- الأنيونات التى يحذف منها أيون هيدروجين أو اثنان ولكن ليس كلها فيجب بيان عدد أيونات H الموجودة

H_3PO_4	$H_2PO_4^-$	HPO_4^{2-}	PO_4^{3-}
حمض الفوسفوريك	فوسفات ثنائى الهيدروجين	فوسفات هيدروجين	فوسفات

الجدول 6.2 أسماء الأحماض الأكسجينية والأيونات الأكسجينية المحتوية على الكلور

الحمض	الأنيون
$HClO_4$ (حمض بيركلوريك)	ClO_4^- (بيركلورات)
$HClO_3$ (حمض كلوريك)	ClO_3^- (كلورات)
$HClO_2$ (حمض كلوروز)	ClO_2^- (كلوريت)
$HClO$ (حمض هيبوكلورز)	ClO^- (هايبوكلوريت)


الحمض الأكسجيني
إزالة
جميع أيونات H^+
الأيون الأكسجيني
حمض بير – يك
بير – ات
+[O]
مرجع حمض "يك"
– ات
–[O]
حمض – "وز"
– يت
–[O]
حمض هايبو – "وز"
هايبو – يت

مثـــــال 8.2: سم الأحماض والأنيونات الأكسجينية الأتية:

(أ) H_3PO_3 (ب) IO_4^-

الحـــــل: (أ) حمض فوسفوروز (ب) أيون بيرايودات

تمرين تطبيقى: سم الأحماض والأنيونات الأكسجينية الأتية::

(أ) HBrO (ب) HSO_4^-

(ب) تسمية القواعد

- القاعدة هي مادة تنتج أيون الهيدوكسيد (OH^-) عندما تذوب فى الماء.

$Ba(OH)_2$	KOH	NaOH
هيدروكسيد الباريوم	هيدروكسيد البوتاسيوم	هيدروكسيد الصوديوم

- الأمونيا (NH_3) عندما ذوبانها فى الماء تعطى أيون الهيدوكسيد (OH^-) ولذلك تعتبر قاعدة .

$$NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$$

١- بالاعتماد على اسس النظرية الذرية ل ..... الذرة هي الوحدة الاساسية للعنصر التي تدخل في التركيب الكيميائي.

a)بور b) دالتون c) بلانك d)ليمان

٢- قام العالم طومسون باستخدام انبوب اشعة المهبط و كانت اهم الاستنتاجات لهذه التجربة هى ....؟

a) اكتشاف وجود جسيمات سالبة الشحنة وسماها الكترونات b) اكتشاف وجود البروتونات ذات الشحنة الموجبة
c) ان معظم الذرة عبارة عن مساحة فارغة d)اشعة جاما ذات طاقة عالية و لا تحمل شحنة

٣- النظائر هي ذرات عناصر تتفق في العدد الذرى وتختلف في عدد .....

a)البروتونات b) الالكترونات c) النيوترونات d) البروتونات و النيوترونات

٤- عدد الإلكترونات في أيون النحاس الثنائي $_{29}^{63}Cu^{2+}$ هو .....

29(a 31 (b 27 (c 34(d

٥- ينتمي عنصر الهليوم He الى مجموعة

a)الغازات النبيلة او النادرة b) الفلزات القلوية c) الفلزات القلوية الأرضية d)الهالوجينات

٦- أي من العناصر التالية يصنف على انه فلز؟

a) الفضة (Ag) b) الكلور(Cl) c) الكبريت (S) d) النيتروجين(N)

٧- الصيغة التجريبية للجلوكوز($C_6H_{12}O_6$) هي .....

CH_2O (a C_3H_6O (b C_2HO (c CHO (d

٨- ما هي صيغة المركّب الأيوني المتكون من أيون الكالسيوم وأيون النترات؟

Ca_3N_2(a $CaNO_3$ (b Ca_2NO_3 (c $Ca(NO_3)_2$ (d

٩- الاسم الكيميائي للحمض الاكسجيني HBrO بحمض ..... (علما بان حمض البروميك HBrO3) ؟

a)حمض هايبوبروموز b) حمض بيربروميك c) حمض بروموز d)بروميت

١٠- الاسم الكيميائي للمركب ZnI2 هو ؟

a)يوديد الزنك b) يوديد الزنك الثنائي c) ثنائي يوديد الزنك d)يود الزنك الثنائي

الفصـــــــل الثالث

الحسابات الكيميائية التكافئية

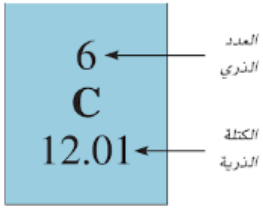
❑ الكتلة الذرية

الكتلة الذرية (يعرف أحيانا بالوزن الذرى) هي كتلة الذرة بوحدة الكتل الذرية (amu).

- وحدة الكتلة الذرية تعادل $\frac{1}{12}$ من كتلة ذرة كربون-12. حيث تعتبر نظير الكربون ذو الكتلة الذرية 12 مقياسا للكتل الذرية، وذلك لأنه من الصعب ايجاد كتلة ذرة واحدة لأنها متناهية في الصغر.

مثـــال: تبلغ كتلة ذرة الهيدروجين 8.400% من كتلة ذرة الكربون-12 ، ولذلك فأن كتلة ذرة الهيدروجين تساوى 0.084 x 12.0 amu =1.008 amu.

❑ متوسط الكتلة الذرية

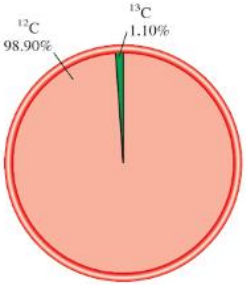


- الكتلة الذرية الموجودة بالجدول الدوري لمعظم العناصر ليست رقماً صحيحاً فمثلا الكتلة الذرية للكربون تجدها 12.01 amu وليس 12.00 amu

ويرجع ذلك الى أن غالبية العناصر الموجودة فى الطبيعة لها أكثر من نظير واحد.

- ولذلك فان الكتلة الذرية الموجودة بالجدول الدوري عبارة عن متوسط الكتلة الذرية (أو الكتلة الذرية النسبية) وهذا المتوسط يتم حسابه اعتمادا على نسبة تواجد نظائر العنصر في الطبيعة.

$$\text{متوسط الكتلة الذرية للعنصر} = \left(\text{كتلة النظير الأول} \times \text{نسبة وجوده في الطبيعة}\right) + \left(\text{كتلة النظير الثانى} \times \text{نسبة وجوده في الطبيعة}\right) + \cdots\cdots\cdots\cdots$$



مثـــال اذا كانت نسبة الوجود الطبيعى لكل من الكربون-12 هى 98.90% والكربون-13 هى 1.10%، فان

$$\text{متوسط الكتلة الذرية للكربون} = \left(12 \times \frac{98.9}{100}\right) + \left(13 \times \frac{1.10}{100}\right) = 12.01 \text{ amu}$$

مثـــال 1.3:

يستخدم النحاس (عنصر معروف منذ القدم) فى صناعة الكوابل الكهربائية والعملات المعدنية. إذا علمت أن الكتل الذرية لنظيرى النحاس $^{63}_{29}Cu$ (69.09 %) و $^{65}_{29}Cu$ (30.91 %)هى على الترتيب 62.93 amu و 64.9278 amu . احسب متوسط الكتلة الذرية للنحاس؟

الحـــل:

$$\text{متوسط الكتلة الذرية للنحاس} = \left(62.93 \times \frac{69.09}{100}\right) + \left(64.9278 \times \frac{30.91}{100}\right) = 63.55 \text{ amu}$$

تمرين تطبيقى: الكتلتان الذريتان لنظيرى البورون $^{10}_{5}B$ (19.78 %) و $^{11}_{5}B$ (80.22 %)هى على الترتيب 10.0129 amu و 11.0093 amu . احسب متوسط الكتلة الذرية للبورون؟

❑ عدد أفوجادرو والكتلة المولية للعنصر

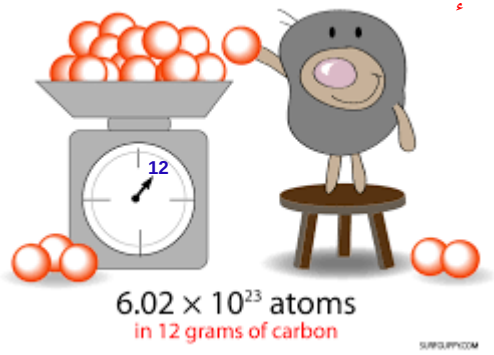
- **بسبب صغر كتل الذرات، فلا يوجد مقياس يمكن ابتكاره لوزن الذرات بوحدات الكتل الذرية المعيارية**. لذلك، الكيميائيون يقيسون الذرات والجزيئات بوحدة **المول**.

- **المول (mol) هو وحدة قياس كمية المادة في الكيمياء**. وهى وحدة أساسية في النظام الدولي للوحدات SI.
- **المول** عبارة عن **كمية المادة التى تحتوي على جسيمات (ذرات أو جزيئات أو جسيمات أخرى) نفس عدد الذرات الموجودة بالضبط فى 12 جرام من الكربون-12**. ولقد عين تجريبيا العدد الحقيقى للذرات فى 12 جرام من الكربون-12 وهو 6.022×10^{23}. ويسمى هذا **بعدد أفوجادرو (N_A)**.

$$N_A = 6.0221415 \times 10^{23}$$

فمثلا مول واحد من ذرات الهيدروجين يحتوى على 6.022×10^{23} ذرة هيدروجين

- **يصعب تخيل ضخامة عدد أفوجادرو** لان الذرات (والجزيئات) صغيرة جداً، لذلك فإننا نحتاج إلى عدد هائل منها لنتمكن من دراستها.



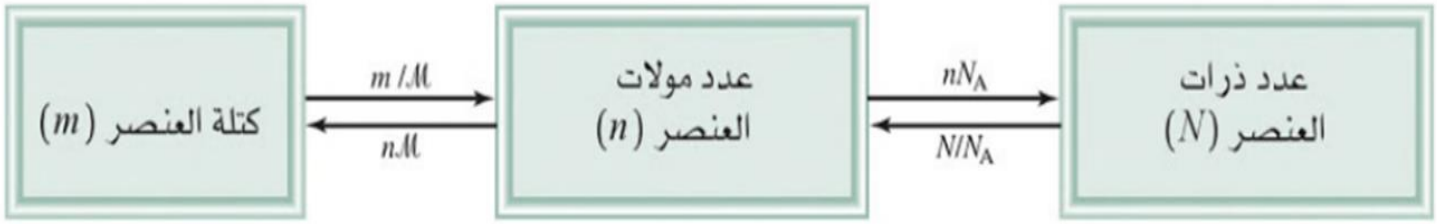
- كتلة مول واحد من ذرات الكربون-12 تساوى 12 جرام وتحتوى على 6.022×10^{23} ذرة. تسمى هذه الكتلة بالكتلة المولية.

الكتلة المولية (M) هى كتلة واحد مول من الوحدات (ذرات أو جزيئات) من المادة.

الكتلة المولية للعنصر بالجرامات تساوى الكتلة الذرية بـ amu رقميا

مثال: الكتلة الذرية للصوديوم Na تساوى 22.99 amu وكتلته المولية تساوى 22.99 g.

- باستخدام مفهوم **الكتلة الموليه وعدد أفوجادرو** يمكن التحويل بين الكتلة وعدد المولات من جهة وبين عدد المولات وعدد الذرات من جهة أخرى



عدد المولات = كتلة العنصر بالجرام / الكتلة المولية

عدد الذرات = عدد المولات X عدد أفوجادرو

مثـــــال 2.3: **الزنك (Zn) معدن فضى اللون يستخدم فى صناعة البرونز (مع النحاس) وكذلك فى طلاء الحديد لحمايته من التأكل. ما عدد المولات الموجودة فى 23.3 g Zn؟**

الحـــــل:

$$\text{عدد المولات} = \frac{\text{كتلة العنصر بالجرام}}{\text{الكتلة المولية}} = \frac{23.3}{65.39} = 0.356 \text{ مول}$$

تمرين تطبيقى: أحسب عدد جرامات الرصاص (Pb) الموجودة فى 12.4 مول من الرصاص؟

مثـــــال 3.3:

الكبريت (S) عنصر لامعدنى موجود فى الفحم الحجرى. وعند احتراق الفحم يتحول الكبريت الى ثانى أكسيد الكبريت ومن ثم الى حامض الكبريتيك الذى ينجم عنه ظاهرة المطر الحامضى. ما عدد الذرات الموجودة في 16.3 g من S؟

الحـــــل:

$$\text{عدد المولات} = \frac{\text{العنصر بالجرام كتلة}}{\text{الكتلة المولية}} = \frac{16.3}{32.07} = 0.508 \text{ مول}$$

عدد الذرات = عدد المولات x عدد أفوجادرو

$$0.508 \times 6.022 \times 10^{23} = 3.06 \times 10^{23} \text{ ذرة}$$

تمرين تطبيقى: احسب عدد الذرات فى 0.551 g بوتاسيوم (K) ؟

❑ الكتلة الجزيئية

الكتلة الجزيئية (الوزن الجزيئى) هى **مجموع كتل الذرات التى يتكون منها الجزئ**.

فالكتلة الجزيئية للماء (H_2O) هى

2×(الكتلة الذرية للهيدروجين) + الكتلة الذرية للأكسجين

أي: $2(1.008 \text{ amu}) + 16.00 \text{ amu} = 18.02 \text{ amu}$

مثـــــال 5.3: احسب الكتل المولية (بوحدات amu) لـ (أ) ثاني أكسيد الكبريت SO_2، (ب) الكافيين $C_8H_{10}N_4O_2$.

الحـــــل:

الكتلة المولية ل SO_2

$$2\ (16.00\ amu) + 32.07 = 64.07\ amu$$

الكتلة المولية للكافيين $C_8H_{10}N_4O_2$

$$8(12.01\ amu) + 10\ (1.008\ amu) + 4\ (14.01\ amu) + 2(16.00\ amu) = 194.20\ amu$$

تمرين تطبيقي: ما الكتلة الجزيئية للميثانول (CH_4O) ؟

الكتلة المولية لجزيء أو مركب (بالجرامات) تساوى عدديا كتلته الجزيئية (بوحدات amu).

فمثلا: الكتلة الجزيئية للماء هى 18.02 amu وبذلك كتلته المولية هي 18.02 g.

أى أن **مول واحد من الماء يزن 18.02 جرام ويحتوى على 6.022×10^{23} من جزيئات الماء**.

- باستخدام **الكتلة المولية لمركب أو جزئ** يمكن حساب عدد المولات وكذلك عدد الجزيئات والذرات (باستخدام عدد أفوجادرو) الموجودة فى كمية معلومة من ذلك المركب.

مثـــــال 6.3: إن الميثان (CH_4) هو المكون الرئيسى للغاز الطبيعى. ما عدد مولاته التى توجد فى 6.07 g من الميثان؟

الحـــــل:

الكتلة المولية لـ CH_4

$$(1 \times 12.01) + (4 \times 1.008) = 16.04 \text{ g/mol}$$

$$\text{عدد المولات} = \frac{\text{بالجرام الكتلة (m)}}{\text{الكتلة المولية (M)}} = \frac{6.07}{16.04} = 0.378 \text{ مول}$$

تمرين تطبيقى: احسب عدد مولات الكلوروفوم ($CHCl_3$) فى 198 g من الكلوروفورم؟

❑ التركيب المئوي للمركبات

- **التركيب المئوي** هو **النسبة المئوية بالكتلة لكل عنصر فى المركب** . يتم حسابة من خلال كتلة العنصر في مول واحد من المركب مقسوما على الكتلة المولية للمركب

$$\text{نسبة التركيب المئوي للعنصر} = \frac{\text{كتلة العنصر المولية} \times n}{\text{الكتلة المولية للمركب}} \times 100$$

حيث n عدد مولات العنصر فى المول الواحد من المركب

فمثلا: التركيب المئوى لفوق اكسيد الهيدروجين (H_2O_2) هو

$$\%H = \frac{2 \times 1.008\ g}{34.02\ g} \times 100\% = 5.926\% \qquad \%O = \frac{2 \times 16.00\ g}{34.02\ g} \times 100\% = 94.06\%$$

حيث أن الكتلة المولية لـ H_2O_2 هى 34.02 ولـ H هى 1.008 ولـ O هى 16.00 .

مثـــــال 8.3: حمض الفوسفوريك (H_3PO_4) سائل لزج عديم اللون، يستخدم فى المنظفات والأسمدة ومعجون الأسنان، وفى المشروبات الغازية ليضفى عليها مذاقا لاذعا. احسب نسبة التركيب المئوى لكل من H و P و O فى هذا المركب.

الحـــــل: الكتلة المولية لـ H_3PO_4

$$(3x\ 1.008) + (1\ x\ 30.97) + (4x\ 16.00) = 97.99\ g/mol$$

$$\%H = \frac{(3\ x1.008)}{97.99} x\ 100 = 3.086\ \%$$

$$\%P = \frac{(1\ x30.97)}{97.99} x\ 100 = 31.61\ \%$$

$$\%O = \frac{(4\ x16.00)}{97.99} x\ 100 = 65.31\ \%$$

تمرين تطبيقى: احسب نسبة التركيب المئوى لكل من العناصر فى حمض الكبريتيك H_2SO_4؟

مثـــــال 9.3: يعد خام الشالكوبايرايت ($CuFeS_2$) من خامات النحاس الرئيسية. احسب كم كيلو جرام نحاس (Cu) موجودا فى 3.71×10^3 kg من هذا الخام؟

الحـــــل: الكتلة المولية لـ $CuFeS_2$

$$(1X\ 63.55) + (1x\ 55.85) + (2x\ 32.1) = 183.5\ g/mol$$

نسبة النحاس المئوية في الخام

$$\%Cu = \frac{(1\ x63.55)}{183.5} x\ 100 = 34.63\ \%$$

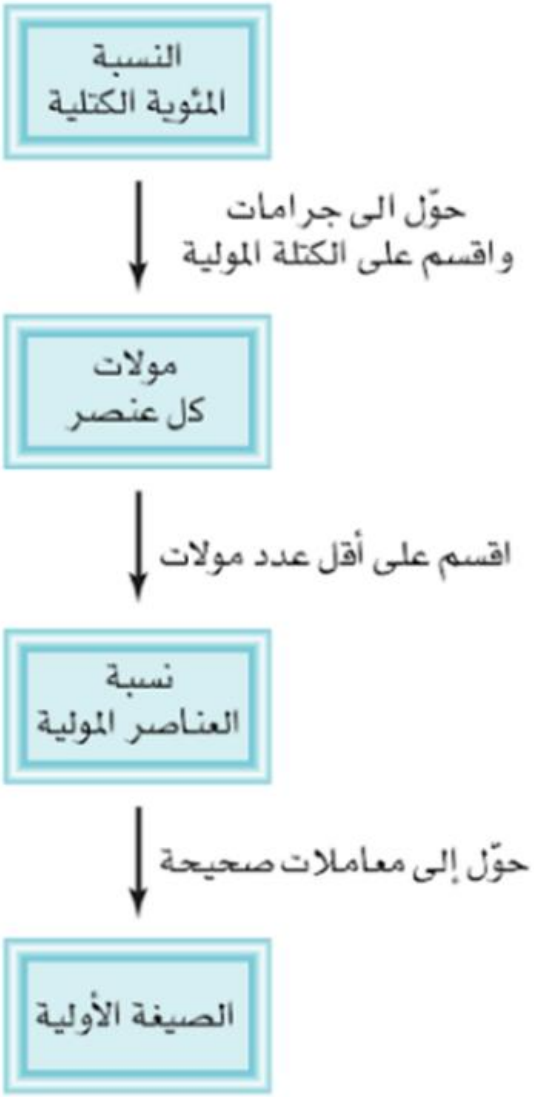
كتلة النحاس فى 3.71×10^3 kg من الخام

$$3.71\ x\ 10^3 x \frac{34.63}{100} = 1.28\ x\ 10^3\ kg$$

تمرين تطبيقي: احسب جرامات Al فى 371 g من Al_2O_3؟

❑ تعيين الصيغة الأولية

- اذا كان التركيب المئوى الكلى للمركب معلوما فهذا يمكننا من معرفة **صيغته الأولية**، ويتم كالاتى كما هو موضح فى الشكل الأتى:



أ- حساب كتلة كل عنصر.

ب- حساب عدد مولات كل عنصر.

ج- القسمة على أصغر المولات والتقريب (أو الضرب للحصول على نسبة صحيحة)

مثـــــال 10.3: يعالج حمض الأسكوربيك (فيتامين C) مرض الإسقـــربوط. وهو يتألف من 40.92 % كـربون (C) و 4.58%هيدروجين (H) و 54.50% أكسجين (O). ما صيغته الأولية؟

الحـــــل:

نفترض أن لدينا 100 g من المركب وبالتالي، فإن النسب المئوية تتحول مباشرة الى جرامات

العناصر	C	H	O
الكتلة بالجرامات	40.92	4.58	54.50
عدد المولات	$\frac{40.92}{12.01} = 3.407$	$\frac{4.58}{1.008} = 4.54$	$\frac{54.50}{16.00} = 3.406$
النسبة المولية	$\frac{3.407}{3.406} = 1.0003$	$\frac{4.54}{3.406} = 1.33$	$\frac{3.406}{3.406} = 1$
للتقريب (نضرب في 3)	3	$3.99 \approx 4$	3
الصيغة الأولية	$C_3H_4O_3$		

تمرين تطبيقي: عين الصيغة الأولية لمركب له التركيب المئوي الاتي:

24.75 % بوتاسيوم (K) و 34.77 % منجنيز (Mn) و 40.51% أكسجين (O)

❑ تعيين الصيغة الجزيئية

- **الكتلة المولية للجزئ يجب أن تكون مضاعفات الكتلة المولية للصيغة الأولية**.
- لتحديد الصيغة الجزيئية، فإنه يتعين علينا معرفة الكتلة المولية للجزئ حتى لو كانت تقريبية، إضافة إلى معرفة الصيغة الأولية للمركب.
- تستخرج الصيغة الجزيئية من الصيغة الأولية بعد معرفة الكتلة الجزيئية للمركب، باستخدام **الخطوات التالية**:

١) حساب الكتلة المولية للصيغة الأولية.

٢) حساب مضاعفات (**n**) الكتلة المولية للصيغة الأولية (عدد المرات التي تتكرر فيها الأرقام السفلية في الصيغة الأولية) .

$$n = \frac{\text{الكتلة المولية للجزئ}}{\text{الكتلة المولية للصيغة الأولية}}$$

٣) بضرب الأرقام السفلية للصيغة الأولية فى n نحصل على الصيغة الجزيئية.

مثـــــال 11.3: تحتوى عينة من مركب على 1.52 g من النيتروجين (N)، و 3.47 g من الأكسجين (O). الكتلة المولية لهذا المركب تساوى 92.02 g/mol. ما الصيغة الجزيئية لهذا المركب؟

الحـــــل: أولا تعيين الصيغة الأولية للمركب

العناصر	N	O
الكتلة بالجرامات	1.52	3.47
عدد المولات	$\frac{1.52}{14.01} = 0.108$	$\frac{3.47}{16.00} = 0.217$
النسبة المولية	$\frac{0.108}{0.108} = 1.00$	$\frac{0.217}{0.108} = 2.009$
التقريب	1	≈2
الصيغة الأولية	NO_2	

الكتلة المولية للصيغة الأولية NO_2

$$(1 \times 14.01) + (2 \times 16) = 46.01 \text{ g/mol}$$

$$n = \frac{\text{الكتلة المولية للجزئ}}{\text{الكتلة المولية للصيغة الأولية}} = \frac{92.02}{46.01} = 2$$

الصيغة الجزيئية لهذا المركب هي N_2O_4

تمرين تطبيقي: عينه من مركب ما تحتوى على 6.444 g من البورون (B) و 1.803 g من الهيدروجين (H). ما الصيغة الجزيئية للمركب اذا علمت أن كتلتة المولية تساوى 30 g/mol.

❑ التفاعلات والمعادلات الكيميائية

- **التفاعل الكيميائى** هو التغير الذى تتحول فية المادة (أو المواد) الى مادة (أو مواد) جديدة. ويستخدم الكيميائيون المعادلة الكيميائية للتعبير عن التفاعلات الكيميائية.
- **المعادلة الكيميائية** هي طريقة وصف مختصرة للتفاعل حيث توضع المواد المتفاعلة على اليسار والمواد الناتجة على اليمين وبينهما سهم.

متفاعلات (reactants) ← نواتج (products)

- فى المعادلة الكيميائية يتم تحديد الحالة الفيزيائية للمتفاعلات والنواتج باستخدام الحرف كالأتى:

صلبة ← **(*s*)** **سائلة** ← **(*l*)** **غازية** ← **(*g*)** **وسطا مائيا** ← **(*aq*)**

$$2CO(g) + O_2(g) \longrightarrow 2CO_2(g)$$
$$2HgO(s) \longrightarrow 2Hg(l) + O_2(g)$$
$$NaCl(s) \xrightarrow{H_2O} NaCl(aq)$$

- لكى تتوافق المعادلة مع **قانون حفظ الكتلة**، ويجب أن يكون **عدد ذرات كل عنصر في طرفي المعادلة متساويا**ً لذلك نعمل **على وزن المعادلة** بأن نضع المعامل المناسب **(المعاملات الحسابية coefficients)** قبل الصيغ الكيميائية النسب التي للمواد المتفاعلة والناتجة .

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

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

2 جزيء	+ جزيء واحد	⟶ 2 جزيء
2 مول	+ 1 مول	⟶ 2 مول
2(2.02 g) = 4.04 g	+ 32.00 g	⟶ 2(18.02 g) = 36.04 g
متفاعلات 36.04 g		نواتج 36.04 g

توضح المعادلة الموزونة الأتى

تفاعل جزيئين من الهيدروجين مع جزئ من الأكسجين وتكوين جزيئين من الماء

التعبير بالمولات

مولين من جزيئات الهيدروجين يتفاعلان مع مول واحد من جزيئات الأكسجين لتكوين مولين من جزيئات من الماء

التعبير بالجرامات

4.04 g من الهيدروجين تتفاعل مع 32.00 g من الأكسجين لتعطى 36.04 g من الماء

❑ موازنة المعادلات الكيميائية

- يجب أن يكون عدد ذرات كل عنصر في المواد المتفاعلة مساويا تماما لعددها في المواد الناتجة وذلك بالتحكم في المعاملات الحسابية التي تسبق الصيغ الكيميائية في طرفي المعادلة الكيميائية.
- يتم وزن المعادلات المعادلات البسيطة **بالطريقة التجريبية (طريقة الصح والخطأ) حيث يتم اختبار معاملات مختلفة تسبق المواد المتفاعلة والناتجة بحيث يكون عدد الذرات لعنصر ما متساوية عددياً في كلا الطرفين**.

١) حدد المتفاعلات والنواتج وأكتب عدد ذرات كل عنصر من عناصر التفاعل على جهتي المعادلة.

٢) ابدأ بوزن العناصر المنفردة (التي تظهر مرة واحدة فقط في كل من طرفي المعادلة) وذلك باختبار معاملات مختلفة بهدف مساواة عدد الذرات من كل عنصر في طرفي المعادلة. بإمكاننا تغيير هذه المعاملات (الأعداد التي في مقدمة الصيغة الجزيئية) ولكن لا نستطيع تغيير المعاملات السفلية (subscripts) لأن ذلك من شأنه أن يغير طبيعة المادة.

٣) اوزن ذرات الهيدروجين بعد الانتهاء من موازنة جميع الذرات الأخرى غير الأكسجين والهيدروجين.

٤) اوزن ذرات الأكسجين.

٥) تأكد أن وزن المعادلة تم بالشكل الصحيح، وأن لديك أعداداً متساوية من الذرات بين كل طرف للعنصر نفسه.

مثال: تحضير غاز الاكسجين في المختبر عن طريق تسخين كلورات البوتاسيوم $KClO_3$

$$KClO_3 \longrightarrow KCl + O_2$$

$$2\,KClO_3 \longrightarrow KCl + 3\,O_2 \leftarrow$$ لوزن ذرات الأكسجين، نضع 2 أمام KCO_3 و 3 أمام O_2

$$2\,KClO_3 \longrightarrow 2\,KCl + 3\,O_2 \leftarrow$$ أصبحت ذرات K و Cl غير متساوية، لذلك نضع 2 أمام KCl

متفاعلات	نواتج
K(2)	K(2)
Cl(2)	Cl(2)
O(6)	O(6)

مثال: احتراق الأيثان (C_2H_6)

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

$$C_2H_6 + O_2 \longrightarrow 2\,CO_2 + H_2O \leftarrow$$ أبدأ بوزن ذرات C، نضع 2 أمام CO_2

$$C_2H_6 + O_2 \longrightarrow 2\,CO_2 + 3\,H_2O \leftarrow$$ لوزن ذرات H، نضع 3 أمام H_2O

$$C_2H_6 + \frac{7}{2}\,O_2 \longrightarrow 2\,CO_2 + 3\,H_2O \leftarrow$$ لوزن ذرات O، نضع $\frac{7}{2}$ أمام O_2

$$2\,C_2H_6 + 7\,O_2 \longrightarrow 4CO_2 + 6\,H_2O \leftarrow$$ بضرب كامل المعادلة فى 2

تفاعلات	نواتج
C (4)	C (4)
H (12)	H (12)
O (14)	O (14)

مثـــــال 12.3:

عندما يتعرض معدن الألومنيوم للهواء، تتشكل طبقة واقية على سطحه من أكسيد الألومنيوم (Al_2O_3). تحول هذه الطبقة دون استمرار تفاعله مع الأكسجين، والى ذلك يعود السبب فى عدم تعرض عبوات المشروبات المصنعة من الألومنيوم للتأكل. أكتب معادلة موزونة لتكون Al_2O_3؟

الحـــــل:

$$Al + O_2 \longrightarrow Al_2O_3$$

$$2\,Al + O_2 \longrightarrow Al_2O_3$$

$$2\,Al + 3\,O_2 \longrightarrow 2\,Al_2O_3$$

$$4Al + 3O_2 \longrightarrow 2Al_2O_3$$

تمرين تطبيقي: أكتب معادلة موزونة للتفاعل بين أكسيد الحديد (III) Fe_2O_3 وأول أكسيد الكربون CO ليعطى الحديد Fe وثاني اكسيد الكربون CO_2.

❑ كميات المتفاعلات والنواتج

- لمعرفة مقدار الناتج الذي سوف يتشكل من كمية المادة المتفاعلة في أي تفاعل كيميائي وكذلك لتحديد كم يجب ان نستخدم من المادة البادئة من اجل الحصول على كمية محددة من الناتج، فإننا نحتاج الى استخدام مفهوم المول والكتلة المولية

الحسابات التكافئية (Stoichiometry) **تدرس العلاقة الكمية (المولية) بين المواد المتفاعلة والموادة الناتجة مستخدما المعادلة الكيميائية الموزونة.**

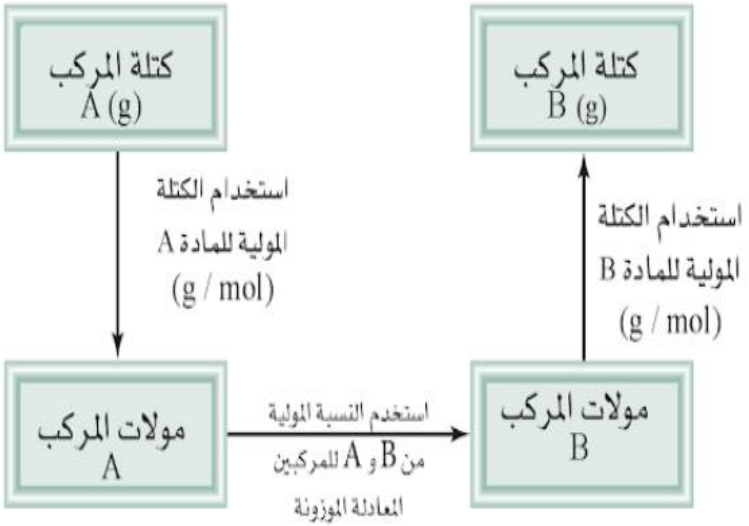
- **المعاملات** التى تظهر فى المعادلة الكيميائية الموزونة تدل على **عدد المولات كل مادة شاركت فى التفاعل وكل مادة نتجت من التفاعل.** فمثلا فى التفاعل التالي:

$$2CO_{(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2CO_{2(g)}$$

أى : يتفاعل 2 مول من CO مع مول واحد O_2 من ليتكون 2 مول من CO_2 أو بمعنى أخر مولين من CO يكافئان مولين من CO_2 .

$$2 \text{ mol CO} \simeq 2 \text{ mol } CO_2$$

وبالتالي يمكن استخدام هذه المعاملات التي تكتسب من المعادلات الموزونة في **حساب عدد المولات وعدد الجرامات**.



- **طريقة المول (mole method):**

١) تحويل كمية المادة A (جرامات أو وحدات أخرى) الى مولات.

٢) استخدم النسبة المولية من المعادلة الموزونة لحساب مولات الناتج B.

٣) تحويل مولات الناتج الى جرامات من الناتج.

مثـــــال 13.3: يتحلل الطعام الذى نتناوله ليزودنا بالطاقة التي تحتاج اليها أجسامنا للنمو والوظائف الأخرى، يمكن تمثيل هذه العملية بشكل مبسط بمعادلة تفكك الجلوكوز ($C_6H_{12}O_6$) الى ثاني أكسيد الكربون (CO_2) والماء (H_2O). ما كتلة CO_2 الناتجة من استهلاك 856 g من $C_6H_{12}O_6$ بواسطة شخص ما؟

$$C_6H_{12}O_6 + 6\,O_2 \longrightarrow 6CO_2 + 6H_2O$$

الحـــــل:

$$\text{moles of } C_6H_{12}O_6 = \frac{856\text{ g}}{180.2\text{ g/mol}} = 4.750\text{ mol } C_6H_{12}O_6$$

$$C_6H_{12}O_6 + 6\,O_2 \longrightarrow 6CO_2 + 6H_2O$$

1 mol — 6 mol

4.750 mol — ?? mol

$$\text{moles of } CO_2 = 4.750\text{ mol } C_6H_{12}O_6 \text{ x} \frac{6\text{ mol } CO_2}{1\text{ mol } C_6H_{12}O_6} = 28.5\text{ mol } CO_2$$

$$\text{grams } CO_2 = 28.5\text{ mol x } 44.01\frac{\text{g}}{\text{mol}}\ CO_2 = 1.25\text{ X } 10^3\ \text{g } CO_2$$

تمرين تطبيقي: يحترق الميثانول (CH_3OH) في الهواء وفقا للمعادلة

$$2CH_3OH + 3\,O_2 \longrightarrow 2CO_2 + 4H_2O$$

ما كتلة الماء الناتجة عن احتراق 209 g من الميثانول؟

مثـــــال 14.3: تتفاعل المعادن القلوية جميعها مع الماء مطلقة غاز الهيدروجين ومكونة هيدروكسيداتها. وفيما ياتى تفاعل الليثيوم مع الماء بوصفه مثالا؟ كم جراما من الليثيوم نحتاج الى إنتاج 9.89 g من H_2 ؟

$$2Li_{(s)} + 2\,H_2O_{(l)} \longrightarrow 2\,LiOH_{(aq)} + H_{2\,(g)}$$

الحـــــل:

$$\text{moles of } H_2 = \frac{9.89\text{ g}}{2.016\text{ g/mol}} = 4.906\text{ mol } H_2$$

$$2Li_{(s)} + 2\,H_2O_{(l)} \longrightarrow 2\,LiOH_{(aq)} + H_{2\,(g)}$$

2 mol — 1 mol

?? mol — 4.906 mol

$$\text{moles of Li} = 4.906\text{ mol } H_2 \times \frac{2\text{ mol Li}}{1\text{ mol } H_2} = 9.812\text{ mol Li}$$

$$\text{grams Li} = 9.812\text{ mol} \times 6.941\frac{\text{g}}{\text{mol}}\text{Li} = 68.1\text{ g Li}$$

تمرين تطبيقي: التفاعل بين أكسيد النيتريك (NO) والأكسجين لتكوين ثاني أكسيد النيتروجين (NO_2) هو خطوه أساسية في تشكل الدخان الضبابي

$$2\,NO_{(g)} + O_{2\,(g)} \longrightarrow 2NO_{2\,(g)}$$

إلى كم جرام من O_2 نحتاج لكى ننتج 2.21 g من NO_2 ؟

١- الكتلتان الذريتان لنظيري البورون $^{10}_{5}B$ (19.78 %) و $^{11}_{5}B$ (80.22 %)هى على الترتيب 10.0129 و 11.0093 وحدة كتل ذرية . احسب متوسط الكتلة الذرية للبورون؟

a) 10.81 b) 10.21 c) 10.51 d) 11.01

٢- عدد مولات الزنك (Zn-65.39) الموجودة فى 23.3 g منه يساوى:

a) 0.365 مول b) 0.536 مول c) 0.653 مول d) 0.243 مول

٣- كتلة 0.045 mol من الكروم- Cr (الكتلة المولية للكروم ٥١.٩٩٦) تساوى .....

a) 0.34 g b) 1.34 g c) 2.34 g d) 3.34 g

٤- عدد ذرات الزنك (Zn) في 2.5 mol منه تساوى.....

a) 1.505×10^{24} b) 2.505×10^{24} c) 3.505×10^{24} d) 4.505×10^{24}

٥- إذا كانت الكتلة المولية لمركب صيغته الأولية CH تساوى 26.04 g/mol. فان صيغته الجزيئية هي .....

a) C_2H_2 b) C_3H_4 c) C_2H_4 d) CH

٦- يتألف مركب من الكلور 79.8 % (Cl) و المنيوم.% 20.2 (Al) اوجد صيغته الأولية لهذا المركب:

a) $AlCl_3$ b) $AlCl_2$ c) Al_2Cl_3 d) AlCl

٧- الوزن الصحيح للمعادلة الأتية $P_4O_{10} + H_2O \longrightarrow H_3PO_4$.

a) $2P_4O_{10} + H_2O \longrightarrow 8H_3PO_4$

b) $P_4O_{10} + 6H_2O \longrightarrow H_3P_4O_4$

c) $P_4O_{10} + 6H_2O \longrightarrow 4H_3PO_4$

d) $P_4O_{10} + 4H_2O \longrightarrow 4H_3PO_4$

الغـــــــــــــازات

❑ المواد الموجودة في حالتها الغازية

- **الغاز** هو المادة التي تكون موجودة في حالتها الغازية تحت درجات الحرارة والضـــغوط الاعتيادية **(1 atm و 25 °C)**.

هناك أحد عشر عنصراً فقط تكون في حالتها الغازية تحت الظروف الجوية الاعتيادية.

- **تتميز جميع الغازات بالخواص الفيزيائية التالية:**

١) تأخذ شكل وحجم الإناء الموجودة فيه.

٢) أن جميع الغازات قابلة للضغط.

٣) تمتزج الغازات مع بعضها البعض بشكل تام عند وجودها في إناء واحد.

٤) كثافة الغازات أقل بكثير من كثافة المواد الصلبة والسائلة.

الجدول 1.5 بعض المواد الموجودة في حالتها الغازية تحت 1 atm و 25°C

عناصر		مركبات	
H_2	(هيدروجين جزيئي)	HF	(فلوريد الهيدروجين)
N_2	(نيتروجين جزيئي)	HCl	(كلوريد الهيدروجين)
O_2	(أكسجين جزيئي)	HBr	(بروميد الهيدروجين)
O_3	(أوزون)	HI	(يوديد الهيدروجين)
F_2	(فلور جزيئي)	CO	(أحادي أكسيد الكربون)
Cl_2	(كلور جزيئي)	CO_2	(ثنائي أكسيد الكربون)
He	(هيليوم)	NH_3	(أمونيا)
Ne	(نيون)	NO	(أكسيد النيتريك)
Ar	(أرجون)	NO_2	(ثنائي أكسيد النيتروجين)
Kr	(كربتون)	N_2O	(أكسيد النيتروز)
Xe	(زينون)	SO_2	(ثنائي أكسيد الكبريت)
Rn	(رادون)	H_2S	(كبريتيد الهيدروجين)
		HCN	(سيانيد الهيدروجين) *

(*) درجة غليان HCN هي 25°C، لكنه مؤهل تقريبًا ليعدّ غازًا عند الظروف الاعتيادية.

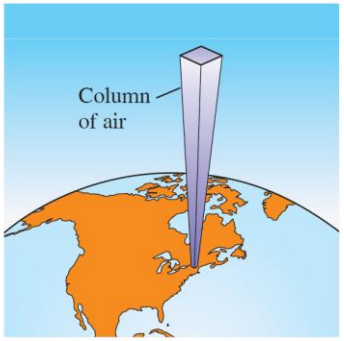
❑ ضغط الغاز

- يعتبر الضغط خاصية هامة يمكن قياسها للغازات. **الضغط** يعرف بأنه **القوة المؤثرة على وحدة المساحات**

$$\text{الضغط} = \frac{\text{القــوة}}{\text{المساحة}}$$

- وحدة الضغط حسب النظام الدولي SI هي **الباسكال** (**Pascal, Pa**)

$$1\ Pa = 1\ N/m^2$$

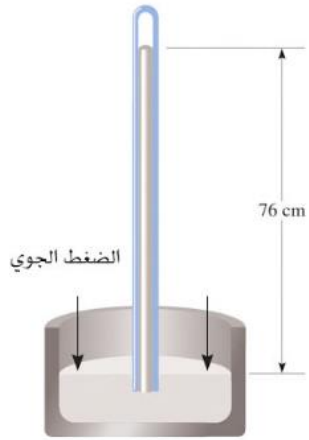


- **الضغط الجوي**

- للغلاف الجوي المحيط بالأرض ضغط يعرف بـ**الضغط الجوي** (الضغط المسلط بواسطة الهواء الجوي) وهي القوة المؤثرة في أي مساحة معرضة للهواء الجوي وتساوى **وزن عمود من الهواء مسلط فوق هذه المساحة** (أي أنّها كتلة من الهواء فوق منطقة ما).

- تعتمد القيمة الحقيقية للضغط الجوي على عوامل المكان ودرجة الحرارة وظروف الطقس. فمثلا، في المناطق المرتفعة، تقل كثافة الهواء بشكل كبير وبالتالي يكون الضغط الجوي في هذه المناطق أقل من الضغط الجوي في المناطق عند سطح البحر.

- **كيف يتم قياس الضغط الجوي؟**



(1) **البارومتر** هو أدة قياس الضغط الجوي الشائعة. يتكون الجهاز من أنبوبة زجاجية طويلة مغلقة من أحد طرفيها يتم ملؤها بالزئبق ثم تغمر هذه الأنبوبة عموديا في حوض من الزئبق فيندفع جزء قليل من الزئبق تاركاً فراغاً في أعلى الأنبوبة. وزن عمود الزئبق المتبقى فى الأنبوبة يمثل الضغط الجوى المسلط على سطح الزئبق فى الأناء.

- **الضغط الجوي القياسي (1 atm) يساوى ضغط عمود من الزئبق ارتفاعه 76 cm أو 760 mm عند درجة حرارة 0° C عند مستوى سطح البحر**. بمعنى آخر، الضغط الجوي القياسي يساوى ضغط 760 mmHg. mmHg تمثل الضغط المسلط بواسطة عمود من الزئبق ارتفاعه 1 mmHg. ووحدة mmHg تسمى أيضا تور (torr).

وحدات قياس الضغط

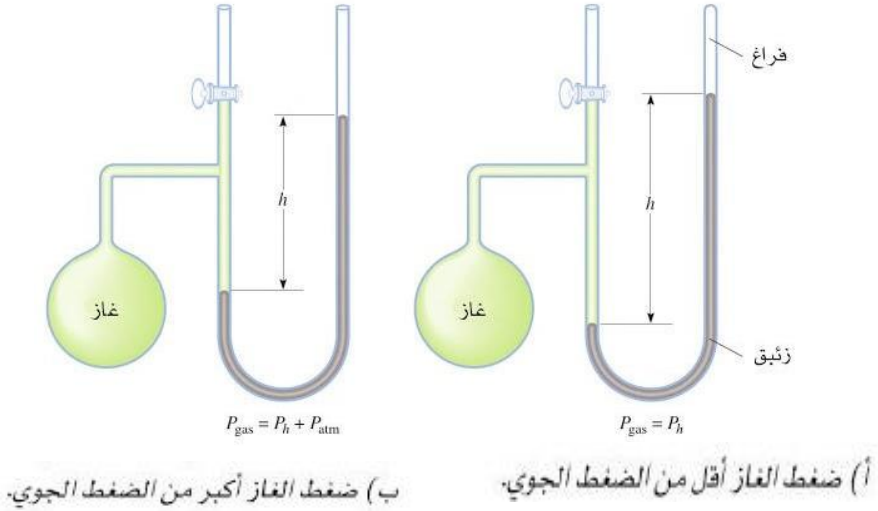
- الوحدة الدولية (SI) لقياس الضغط هي **الباسكال (pa)** وتساوي **1 نيوتن / متر^2**
- وحدة قياس الضغط الجوي فهي **ضغط جوي (atm)** و **mmHg** وكذلك **التور (torr)**

1 torr = 1 mmHg

1 atm = 760 mmHg= 760 torr

$1\ atm = 1.013 \times 10^5\ Pa = 1.013 \times 10^2\ kPa = 760\ torr = 760\ mmHg$

(2) المانومتر: هو جهاز يستخدم لقياس ضغط الغازات وليس الضغط الجوي وهو مشابه لألية عمل البارومتر.وهو عبارة عن أنبوبة على شكل حرف U تملأ بالزئبق ويوصل أحد طرفيها بالوعاء الذي يحوي الغاز المراد قياسه.



هناك نوعان من المانومتر كما موضح بالشكل حيث يستخدم ذو الطرف المغلق عادة لقياس ضغط الغازات التي تملك ضغطا أقل من الضغط الجوي. أما المانومتر ذو الأطراف المفتوحة يستخدم عندما يكون الضغط أكبر من الضغط الجوي .

- عادة يتم استخدام الزئبق في البارومتر و المانوميتر **ويعود ذلك للكثافة العالية للزئبق** والتي تعتبر من أعلى الكثافات للسوائل حيث تبلغ 13.6 جرام/مل.

مثـــــال 1.4: يقل الضغط داخل طائرة تطير فى أعالي الجو كثيرا عن الضغط الجوي. لذا، لابد أن يعادل الضغط داخل مقصورة الطائرة لحماية المسافرين. ما قيمة الضغط بالجو (atm) داخل مقصورة الطائرة إذا كانت قراءة البارومتر تساوى 688 mmHg؟

الحـــــل:

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

$$? \text{ atm} = 688 \text{ mmHg}$$

$$\text{الضغط} = \frac{688 \; x \; 1}{760} = 0.905 \text{ atm}$$

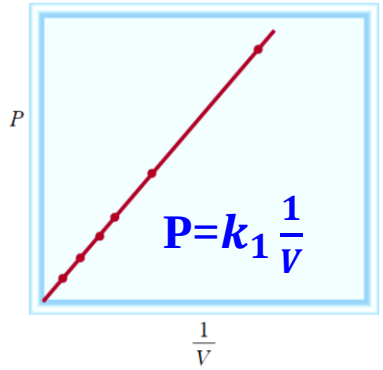
تمرين تطبيقى: حول 749 mmHg الى وحدة الجو (atm) ؟

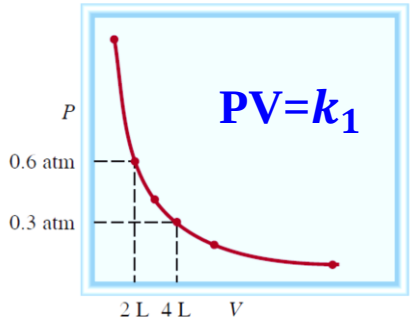
❑ قوانين الغاز

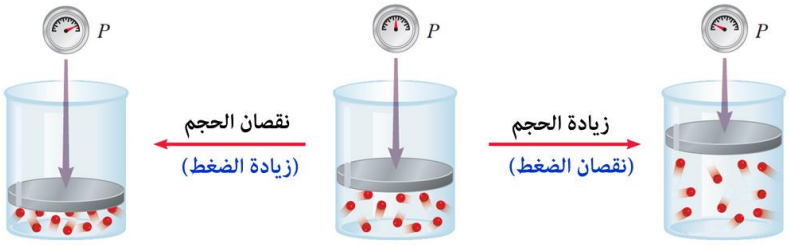
(ا) قانون بويل (العلاقة بين الضغط والحجم)

ضغط كمية ثابتة من غاز يتناسب عكسياً مع حجمة عند ثبوت درجة الحرارة

$$P \propto \frac{1}{V} \Rightarrow P = k_1 \frac{1}{V}$$







- ولعينة من غاز تحت ظرفين مختلفين بثبوت درجة الحرارة، يكون:

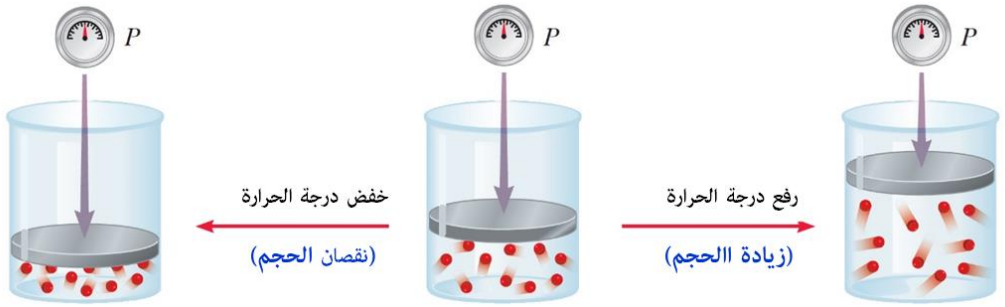
$$PV = k_1 \quad \Rightarrow \quad P_1V_1 = P_2V_2$$

حيث V_1 ، V_2 يمثلان حجم الغاز عند ضغط P_1 و P_2 على التوالى

(2) قانوني شارلز وجاي لوساك (العلاقة بين درجة الحرارة والحجم)

حجم كمية معينة من غاز تحت ضغط ثابت يتناسب طرديا مع درجة الحرارة المطلقة للغاز

$$V \propto T$$



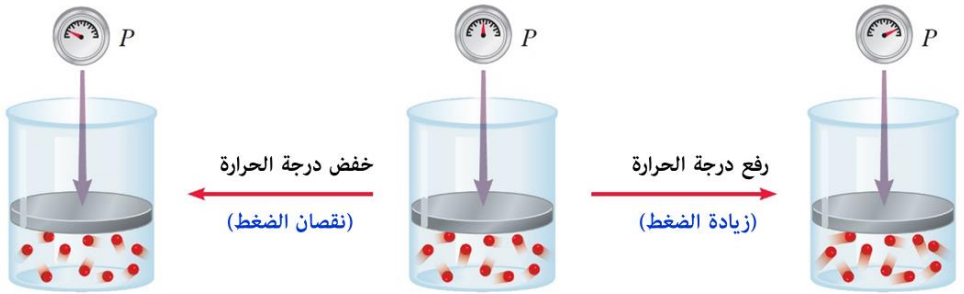
$$V = k_2\,T \quad \Rightarrow \quad \frac{V}{T} = k_2$$

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

حيث V_1 ، V_2 حجما غاز معين عند درجتى حرارة T_1 و T_2 على التوالى

- كما يوضح قانون **شارلز** أنه **بثبوت كمية معينة و حجمها من غاز يتناسب ضغط الغاز طرديا مع درجة الحرارة.**

$$P \propto T$$

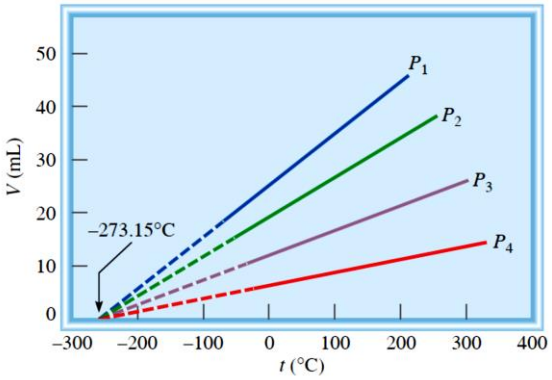


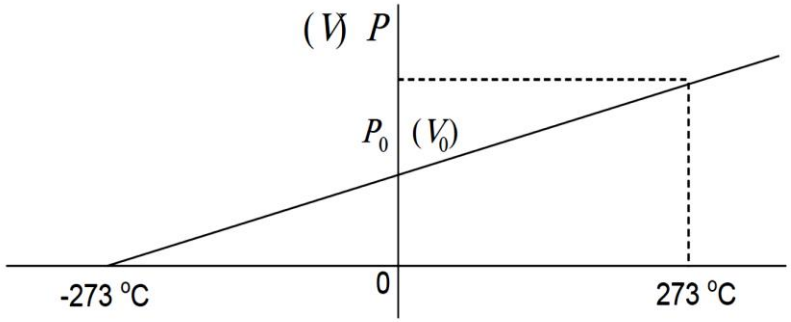
$$P = k_2\,T \quad \Rightarrow \quad \frac{P}{T} = k_2 \quad .$$

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

حيث P_1 ، P_2 ضغطا الغاز عند درجتي حرارة T_1 و T_2 على التوالي

- ولقد وجد أنه برسم العلاقة بين درجة الحرارة وحجم الغاز (أو ضغط الغاز) نحصل على خط مستقيم وعند توصيلة الى الحجم صفر أو الضغط صفر نجده يقطع محور درجة الحرارة عند –273.15 °C



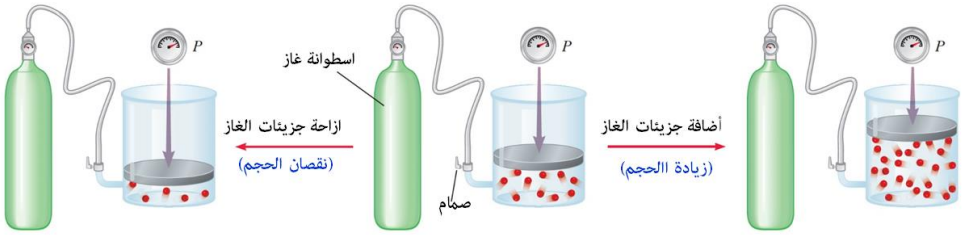


- أوضح العالم لورد كلفن أن –273.15 °C تمثل **درجة حرارة الصفر المطلق** وهى أقل درجة حرارة يمكن الوصول إليها، وعندها لا يشغل الغاز أي حجم ولا يؤثر على جدران الوعاء (الحيز) الموجود فيه بأي ضغط. على هذا الأساس وضع كلفن مقياس درجة الحرارة المطلقة الذي يبدأ بدرجة الصفر المطلق

(3) قانون أفوجادرو (العلاقة بين الحجم والكمية)

- عند ثبوت كل من الضغط ودرجة الحرارة فأن الحجوم المتساوية من الغازات المختلفة تحتوي على نفس العدد من الجزيئات (أو الذرات فى حالة الغازات احادية الذرة) ويتبع ذلك أن حجم غاز معين يتناسب طرديا مع عدد مولات جزيئات الغاز الموجودة (n).

بثبوت الضغط ودرجة الحرارة فأن حجم أى غاز يتناسب طرديا مع عدد مولات ذلك الغاز



$$V \propto n$$

$$V = k_4\, n$$

❑ معادلة الغاز المثالي

- دعنا نلخص قوانين الغاز التي تعرفنا إليها:

قانون بويل : $V \propto \frac{1}{P}$ (بثبوت n و T)

قانون شارلز : $V \propto T$ (بثبوت n و P)

قانون أفوجادرو: $V \propto n$ (بثبوت P و T)

ويمكن جمع هذه القوانين في معادلة رئيسية تصف سلوك الغازات

$$V \propto \frac{nT}{P} \quad \Rightarrow \quad V = R\frac{nT}{P}$$

$$\boxed{PV = nRT}$$ معادلة الغاز المثالى

حيث R هو ثابت التناسب يسمى ثابت الغاز. تسمى هذه المعادلة بـ **معادلة الغاز المثالى** وهى تصف العلاقة بين المتغيرات الأربعة: P و V و T و n .

- **الغاز المثالى** هو غاز افتراضى تنطبق عليه معادلة الغاز المثالي ويتميز الغاز المثالي بالأتى:

أ) جزيئات الغاز المثالى لا تتجاذب أو تتنافر مع بعضها

ب) يعتبر حجم الغاز المثالى مهملا مقارنة بحجم الأناء الذى يحتويه.

- ## قيمة ثابت الغاز (R)

- عند درجة حرارة (273.15 K) 0°C وضغط جوي واحد 1 atm،فإن أغلب الغازات غير المثالية تقترب من سلوك الغاز المثالي.

الظروف القياسية (STP) للغاز هو أن يكون عند درجة الصفر المئوي **(0°C, 273.15 K)** وضغط جوي واحد **(1 atm)** وقد أثبتت التجارب أن حجم واحد مول من أي غاز عند الظروف القياسية يساوي **22.4 L** وأيضاً يحتوي على **6.02×10^{23}** من جزيئات أو ذرات الغاز (عدد أفوجادرو).

- من معادلة الغاز المثالي عند **STP**، يمكن حساب ثابت الغاز كالاتي

$$R = \frac{PV}{nT}$$

$$= \frac{(1\ \text{atm})(22.414\ \text{L})}{(1\ \text{mol})(273.15\ \text{K})}$$

$$= 0.082057\ \frac{\text{L} \cdot \text{atm}}{\text{K} \cdot \text{atm}}$$

$$= 0.082057\ \text{L} \cdot \text{atm/K} \cdot \text{mol}$$

- وعند تغير الظروف (حدوث تغير في كل من الضغط والحجم ودرجة الحرارة)، لا بد لنا من استخدام الشكل المعدّل بمعادلة الغاز المثالي لنأخذ في الحسبان الظروف الابتدائية والنهائية. نشتق المعادلة المعدّلة على النحو الآتي:

$$R = \frac{P_1V_1}{n_1T_1} \text{ (قبل التغير)} \quad \text{و} \quad R = \frac{P_2V_2}{n_2T_2} \text{ (بعد التغير)}$$

$$\frac{P_1V_1}{n_1T_1} = R = \frac{P_2V_2}{n_2T_2} \Rightarrow \frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$$

مثـــــال 2.4: سداسي فلوريد الكبريت (SF_6) غاز عديم اللون والرائحة وغير فعال. أحسب الضغط (بوحدة atm) المسلط عن طريق 1.80 mol من هذا الغاز في وعاء حجمة 5.43 L وعند 45 °C ؟

الحـــــل:

$$PV = nRT$$

$$T = 45 + 273 = 318\ K$$

$$P = \frac{nRT}{V} = \frac{(1.82)(0.082)(318)}{5.43} = 8.74\ atm$$

تمرين تطبيقي: احسب الحجم (باللتر) الذي يحتله 2.12 mol من أكسيد النيتريك (NO) تحت 6.54 atm و 76 °C ؟

مثـــــال 3.4: احسب الحجم (باللتر) الذى يحتله 7.40 g من الأمونيا (NH_3) عند STP.

الحـــــل:

$$\text{STP} \Rightarrow \text{P} = 1\ atm\ , T = 0 + 273 = 273\ K$$

$$\text{عددالمولات(n)} = \frac{\text{بالجرام الكتلة}}{\text{الكتلة المولية}} = \frac{7.40}{17.03} = 0.435 \text{ مول}$$

$$\text{PV} = \text{nRT}$$

$$\text{V} = \frac{\text{nRT}}{\text{P}} = \frac{(0.435)(\ 0.082)(273)}{1} = 9.74\ \text{L}$$

تمرين تطبيقي: ما الحجم (باللتر) الذى يحتله 49.8 g من HCl تحت STP ؟

مثـــــال 4.4: ترتفع فقاعة صغيرة من قاع بحيرة، حيث تساوى درجة الحرارة والضغط 8 °C و 6.4 atm الى سطح الماء حيث درجة الحرارة 25 °C والضغط 1 atm. احسب الحجم النهائي بـ (mL) لهذه الفقاعة إذا كان حجمها الابتدائي يساوى 2.1 mL.

الحـــــل:

الحالة النهائية	الحالة الابتدائية
P_2= 1.0 atm	P_1= 6.4 atm
V_2 = ? mL	V_1 = 2.1 mL
T_2= 25 +273= 298K	T_1= 8 +273= 281K

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

$$\frac{(6.4)\ (2.1)}{281} = \frac{(1.0)\ V_2}{298}$$

$$V_2 = \frac{(6.4)(2.1)(298)}{(1.0)(281)} = 14.25\ \text{mL}$$

تمرين تطبيقي: يخضع غاز ابتدائيا عند 4.0 L و 1.2 atm و 66 °C الى تغيير ليصبح حجمة النهائي ودرجة حرارته 1.7 L و42°C على الترتيب. ما ضغطه النهائي؟ افترض ثبات عدد مولاته.

❑ حسابات الكثافة والكتلة المولية للمواد الغازية

- يمكن استخدام معادلة الغاز المثالي لحساب الكثافة والكتلة المولية للمواد الغازية، بإعادة ترتيب المعادلة

$$PV = nRT \quad \Rightarrow \quad \frac{n}{V} = \frac{P}{RT}$$

يعبر عن عدد مولات الغاز (n) بـ

$$n = \frac{m}{\mathcal{M}}$$

حيث m كتلة الغاز بالجرامات و $\mathcal{M}$ الكتلة المولية لة، لذا

$$\frac{m}{\mathcal{M}\,V} = \frac{P}{RT}$$

لحساب كثافة الغاز (d)

$$d = \frac{m}{V} = \frac{P\mathcal{M}}{RT} \quad \Rightarrow \quad P\mathcal{M} = dRT$$

يعبر عن كثافة الغاز بوحدة جم/لتر (g/L) ويمكن ترتيب هذه المعادلة لتمكننا من حساب **الكتلة المولية** ($\mathcal{M}$)

$$\mathcal{M} = \frac{m\,RT}{PV} = \frac{d\,RT}{P}$$

مثـــــال 5.4: حضر كيميائي مركب غازي أصفر مخضرا، يحتوى على الكلور والأكسجين وأوجد كثافته فكانت 7.71 g/L عند 36 °C و ضغط 2.88 atm . احسب الكتلة المولية لهذا المركب؟

الحـــــل:

$$\mathcal{M} = \frac{d\,RT}{P}$$

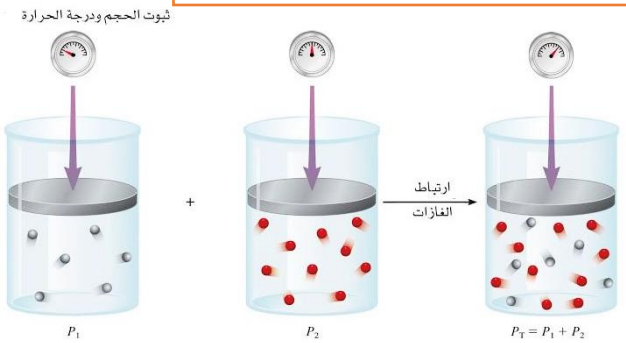
T =36+273 = 309 K

$$\mathcal{M} = \frac{(7.71)\,(0.0821)\,(309)}{2.88} = \frac{195.59}{2.88} = 67.9\ g/mol$$

تمرين تطبيقي: كثافة مركب عضوي غازي هي 3.38 g/L عند 40 °C و 1.97 atm . ما كتلته المولية؟

❑ قانون دالتون للضغوط الجزئية

الضغط الكلي لمزيج من الغازات يساوي مجموع الضغوط الجزئية لكل غاز، كما وكأنه موجود وحده



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

الضغط الجزئي عبارة عن ضغط كل مكون من الغازات الموجودة في الخليط.

- وإذا احتوى نظام على أكثر من غازين، فإن الضغط الجزئي للمكون يرتبط مع الضغط الكلي بواسطة:

$$P_i = X_i P_T$$

حيث X_i **الكسر المولي** (النسبة بين عدد مولات أي مكون إلى العدد الكلي لمولات المكونات الموجودة جميعها)

$$X_i = \frac{n_i}{n_T}$$

حيث n_i و n_T عدد مولات المكون i والعدد الكلي لمولات الغازات الموجودة على التوالي. والكسر المولي دائماً أقل من الواحد الصحيح

مثـــــال 7.4: يحتــوى مزيج من الغازات على 4.46 mol من النـــيون (Ne) و 0.74 mol من الأرجون (Ar) و2.15 mol من الزينون (Xe). احسب الضغط الجزئي لكل غاز إذا علمت أن الضغط الكلى يساوى 2.00 atm عند درجة حرارة ثابتة.

الحـــــل:

$$n_T = n_{Ne} + n_{Ar} + n_{Xe} = 4.46 + 0.74 + 2.15 = 7.35\,mol$$

$$X_{Ne} = \frac{n_{Ne}}{n_{Ne} + n_{Ar} + n_{Xe}} = \frac{4.46}{7.35} = 0.607 \Rightarrow P_{Ne} = X_{Ne}P_T = 0.607\ x\ 2.00 = 1.214\ atm$$

$$X_{Ar} = \frac{n_{Ar}}{n_{Ne} + n_{Ar} + n_{Xe}} = \frac{0.74}{7.35} = 0.1007 \Rightarrow P_{Ar} = X_{Ar}P_T = 0.102\ x\ 2.00 = 0.201\ atm$$

$$X_{Xe} = \frac{n_{Xe}}{n_{Ne} + n_{Ar} + n_{Xe}} = \frac{2.15}{7.35} = 0.293 \Rightarrow P_{Xe} = X_{Xe}P_T = 0.293\ x\ 2.00 = 0.586\ atm$$

تمرين تطبيقي: عينة من غاز طبيعي تحتوى على 8.24 mol من الميثان (CH_4) و 0.421 mol من الإيثان (C_2H_6) و0.116 mol من البروبان (C_3H_8). فإذا كان الضغط الكلى للغازات 1.37 atm . ما الضغوط الجزئية لهذه الغازات.

❑ انتشار الغاز وانسيابه

- **انتشار الغاز هو الامتزاج التدريجي لغازين بسبب حركة جزيئاتهما المستمرة والعشوائية**. على الرغم من سرعة الجزيئات العالية في الحالة الغازية لكن عملية الانتشار تأخذ وقتا طويلا لاكتمالها.
- في عام 1832 وجد العالم الأسكتلندي ثوماس جراهام علاقة عكسية بين سرعة الانتشار والجذر التربيعي للكتلة المولية للغاز **(قانون جراهام للانتشار)**

تحت الظروف نفسها من ضغط ودرجة حرارة فإن سرع انتشار الغازات تتناسب عكسيا مع الجذر التربيعي لكتلها المولية

ويعبر عنه رياضياً كالآتي

$$\frac{r_1}{r_2} = \sqrt{\frac{\mu_2}{\mu_1}}$$

حيث r_1 و r_2 سرعة انتشار الغازين 1 و 2 بكتلتين موليتين μ_1 و μ_2 على التوالي.

- حيث إن الانتشار عملية يختلط بها غاز معين تدريجيا مع غاز آخر، فإن **انسياب الغاز هو عملية المرور العشوائي لجزيئات غاز محصور في وعاء من خلال ثقوب صغيرة**.
- على الرغم من اختلاف طبيعة الانسياب عن الانتشار، لكن معدل الانسياب يمكن حسابه من قانون جراهام للانتشار.
- إن تفريغ بالون مطاطي مملوء بالهيليوم أسرع من تفريغ بالون مطاطي مملوء بالهواء؛ لأن سرعة الانسياب من خلال مسامات المطاط أسرع لذرات الهيليوم الأخف مقارنة مع جزيئات الهواء.

مثـــــال 8.4:

انتشار غاز قابل للاحتراق مكون فقط من الكربون والهيدروجين من خلال حاجز مسامى بزمن 1.50 min وتحت الظروف نفسها من الضغط ودرجة الحرارة، فإنه يحتاج الى حجم مساوى من بخار البروم للانتشار من خلال الحاجز 4.73 min نفسه. احسب الكتلة المولية للغاز المجهول؟

الحـــــل:

$$\frac{r_1}{r_2} = \frac{t_2}{t_1} = \sqrt{\frac{\mu_2}{\mu_1}}$$

الكتلة المولية لـ Br_2 $= 2x\ 79.904 = 159.808$

$$\frac{1.50}{4.73} = \sqrt{\frac{\mu_2}{159.8}}$$

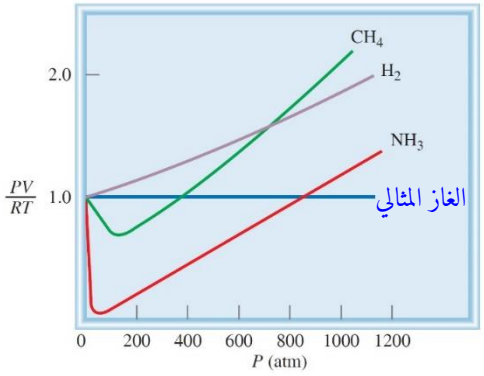
$$\left(\frac{1.50}{4.73}\right)^2 = \frac{\mu_2}{159.808}$$

$$\mu_2 = 16.072\ g/mol$$

تمرين تطبيقي: يستغرق غاز مجهول 192 s لينتشر من خلال جدار مسامى، في حين يستغرق الحجم نفسة من غاز N_2 لينتشر خلال الجدار المسامي ذاته تحت نفس الظروف من الضغط ودرجة الحرارة 84 s . ما الكتلة المولية للغاز المجهول؟

❑ الحيود عن سلوك الغاز المثالي

- تفترض قوانين الغاز والنظرية الحركية **عدم وجود قوى تجاذب أو تنافر لجزيئات الغاز مع بعضها البعض** والفرضية الأخرى هي **إهمال حجم الجزيئات بالمقارنة مع حجم الأناء الذى يحتويها**. الغاز الذى يطيع هاتين الفرضيتين يقال عنة: **أنه يسلك سلوكا مثاليا**.
- في **الغاز الحقيقي** يوجد قوى داخلية بين جزيئاته ولولا هذه القوى لما أمكن تكثيف الغازات إلى سوائل وأيضا لجزيئات الغاز الحقيقي حجم لا يمكن إهماله. لذا، يمكن افتراض أن الغاز الحقيقي يسلك سلوكا قريبا الغاز المثالي ولكن تحت ظروف معينه.

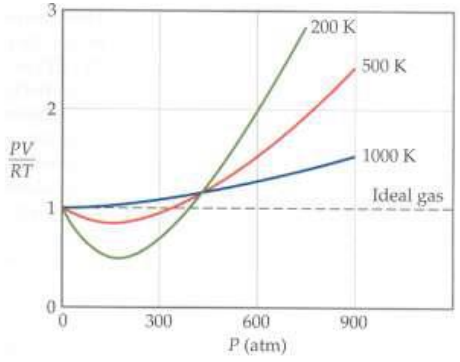


- **ما هي هذه الظروف التي يسلك فيها الغاز الحقيقي سلوك الغاز المثالي؟**

يبين الشكل العلاقة بين PV/RT مقابل P.

- بالنسبة للغاز المثالي، فإن قيمة PV/RT تساوى 1 بغض النظر عن قيمة الضغط.
- **وللغازات غير المثالية**، فإن هي $\frac{PV}{RT} \approx 1$ **فقط عند الضغوط المنخفضة** (≤ 5 atm)

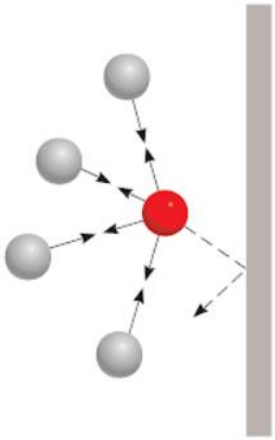
ويظهر انحراف حقيقي بزيادة الضغط. ايضا، **الحيود عن السلوك المثالي يقل مع ازدياد درجة الحرارة**



عند الضغوط العالية، تزداد كثافة الغاز، وتقترب الجزيئات من بعضها. القوى الجزيئية البينية عندئذ مؤثرة جداً بشكل كاف لتؤثر فى حركة الجزيئات، عندها لا يسلك الغاز سلوكاً مثالياً. وتبريد الغاز (خفض درجة الحرارة) يقلل متوسط الطاقة الحركية للجزيئات، وهذا منطقي يحرم الجزيئات من الدافع الذي تحتاج إليه لكسر قوى التجاذب المتبادلة فيما بينها.

- **معادلة فان درفالز للغاز الحقيقي**

- بالأخذ في الاعتبار وجود قوى مؤثرة بين الجزيئات وحجم الجزيئات، تمكن العالم فان درفالز من إجراء تعديل في معادلة الغاز المثالي حتى نتمكن من دراسة الغازات الحقيقية وذلك بإضافة حدين لمعادلة الغاز المثالي لتصحيح الضغط والحجم.



(1) تصحيح الضغط: قوة اصطدام الجزيء بجدار الإناء الحاوي له تقل نتيجة تعرضه لاصطدامات من قبل الجزيئات المجاورة مما يؤدي إلى أن تكون قيمة الضغط الناتج أقل من القيمة المتوقع الحصول عليها في حالة الغاز المثالي. وأقترح فان درفالز أن ضغط الغاز المثالي يساوي:

$$P_{ideal} = \underbrace{P_{real}}_{\text{الضغط الذى نلاحظة}} + \underbrace{\frac{an^2}{V^2}}_{\text{عامل تصحيح}}$$

حيث أن P_{real} ضغط الغاز الحقيقي (الملاحظ) و n عدد مولات الغاز و V حجم الإناء الموجود به الغاز و a ثابت فان در فالز

(2) تصحيح حجم جزيئات الغاز: في معادلة الغاز المثالي هو حجم الإناء وفى الحقيقة نجد أنه مهما كان حجم جزئ الغاز صغير، فإنه لا يمكن إهماله بل يجب أخذ حجم جزئ الغاز في الاعتبار وهذا يعني أن الحجم الفعلي للغاز لابد وأن يساوي

$$V_{ideal} = \underbrace{V_{real}}_{\text{الحجم الذى نلاحظة}} - \underbrace{nb}_{\text{عامل تصحيح}}$$

حيث أن n عدد مولات الغاز و b ثابت فان در فالز والحد nb يمثل الحجم الذي يحتله n مول من الغاز

وبالأخذ في الاعتبار هذين التصحيحين نجد أن معادلة الغاز المثالي تصبح في الصورة

$$\left(P + \frac{an^2}{V^2}\right)(V - nb) = nRT$$

الضغط الصحيح — الحجم الصحيح

وتعرف هذه المعادلة **بمعادلة فان درفالز** وثوابت فان در فالز a و b تم اختيارها لتعطى أحسن توافق بين هذه المعادلة وسلوك الغاز الملاحظ. يسطر الجدول المقابل قيم a , b لعدد من الغازات.

الجدول 3.5

ثوابت فان در فالز لبعض الغازات الشائعة.

b $\left(\frac{L}{mol}\right)$	a $\left(\frac{atm \cdot L^2}{mol^2}\right)$	الغاز
0.0237	0.034	He
0.0171	0.211	Ne
0.0322	1.34	Ar
0.0398	2.32	Kr
0.0266	4.19	Xe
0.0266	0.244	H_2
0.0391	1.39	N_2
0.0318	1.36	O_2
0.0562	6.49	Cl_2
0.0427	3.59	CO_2
0.0428	2.25	CH_4
0.138	20.4	CCl_4
0.0371	4.17	NH_3
0.0305	5.46	H_2O

١- يعرف الضغط بانة القوة المؤثرة على وحدة المساحات ويقاس بوحدة ..... حسب النظام العامي (SI).

a) Atm b) نيوتن/م c) باسكال d) م/ث

٢- ما قيمة الضغط بـ atm داخل مقصورة طائرة إذا كانت قراءة البارومتر تساوى 688 mmHg

a) 0.7 b) 0.8 c) 0.9 d) 1

٣- يمكن التعبير رياضيا عن قانون بويل بالمعادلة .....

a) $P_1V_1=P_2V_2$ b) $P_1T_2=P_1T_2$ c) $P_1V_2=P_2V_1$ d) $V_1T_1=V_2T_2$

٤- ينص قانون افوجادرو على انه عند ثبوت الضغط ودرجة الحرارة فان حجم كمية معينة من غاز يتناسب طرديا مع.....

a) الكتلة b) الكثافة c) عدد المولات d) سرعة الانتشار

٥- ينص قانون ..... على ان الضغط الكلى لمزيج من الغازات يساوى مجموع الضغوط الجزيئية لكل غاز.

a) بويل b) دالتون c) شارل d) افوجادرو

٦- تزن كمية من غاز 7.1 g عند ضغط 741 mmHg ودرجة حرارة 44 °C وتحتل حجم مقداره 5.4L . ما هي كتلته المولية؟

a) 4.87 b) 34.98 c) 48.70 d) 153.9

٧- يحتوي مزيج من غازات على 2 مول غاز نيون، 3 مول غاز ارجون و 1 مول غاز زينون. فاذا كان الضغط الكلى يساوى 4 atm فان الضغط الجزئي لغاز ارجون يساوى .....؟

a) 1 atm b) 2 atm c) 3 atm d) 4 atm

٨- عدد مولات غاز كبريتيد الهيدروجين (H_2S) الموجودة في 50 L من الغاز عند الظروف القياسية (STP) هو..... ؟

a) 2.23 mol b) 23.2 mol c) 232 mol d) 0.223 mol

٩- ما المادة الاقل كثافة من بين المواد التالية؟

a) CH_3OH (*l*) b) Fe_3O_4 (*s*) c) H_2O(*l*) d) Cl_2 (*g*)

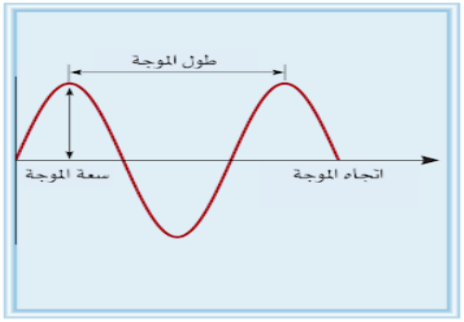
البنية الالكترونية للذرات

❑ من الفيزياء الكلاسيكية الى نظرية الكم

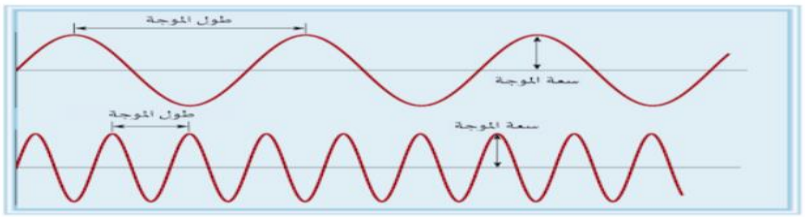
- سلوك هذه الجسيمات المتناهية الصغر ليس محكوماً بقوانين الفيزياء التي تفسر سلوك الأجسام الكبيرة.
- اكتشف **ماكس بلانك** أن **الذرات والجزيئات تبعث طاقة بكميات معينة سماها كمات الطاقة** (**نظرية الكم لبلانك**) ولفهم نظرية الكم، يجب أن نعرف شيئاً عن طبيعة الأمواج.

- **خواص الموجات (waves)**

الموجه هي **اضطراب يتحرك خلال الوسط الناقل يتم بموجبة انتقال الطاقة.** يتم وصف الموجة بـ الطول الموجي وتردد الموجة وسعة الموجة وسرعة الموجة



- **الطول الموجي (λ):** المسافة بين أي نقطتين متماثلتين في موجتين متعاقبتين. يعبر عن الطول الموجي باستخدام وحدات المتر (m) أو السنتمتر (cm) أو النانومتر (nm).
- **التـردد الموجة (ν):** عدد الموجات التي تمر في نقطة معينة خلال ثانية واحدة. ويعبر عن التردد بوحدات الهرتز (Hertz) التي تساوي مقلوب وحدة الزمن (s^{-1})
- **سعة المـــوجة :** المسافة العمودية من منتصف الموجة الى القمة أو القاع.



يبين الشكل المقابل موجتين لهما سعة واحدة، ولكنهما تختلفان بأطوالها الموجية وترددتها

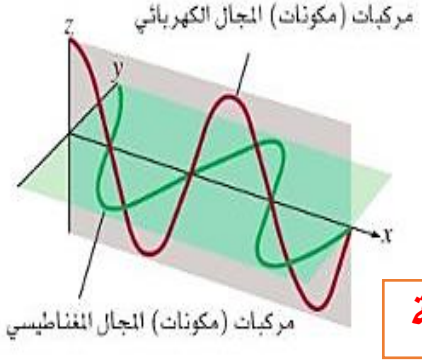
- **سرعة الموجة (u):** هي **حاصل ضرب الطول الموجي في التردد**. **تعتبر السرعة من الخواص المهمة للموجات وهذه الخاصية تعتمد على نوع الموجة وعلى طبيعة الوسط الذي تمر به الموجة.**

$$u = \nu \lambda$$

الإشعاع الكهرومغناطيسي

- هناك أنواع عديدة من الموجات مثل الموجات التي تتولد على سطح الماء أو الموجات الصوتية أو الموجات الضوئية.

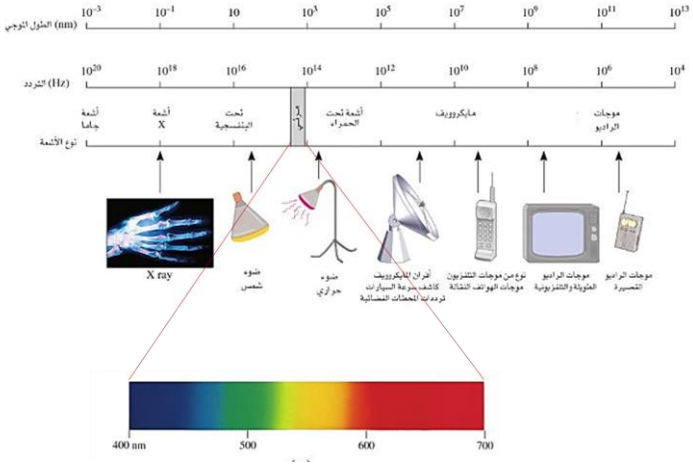
وقد اقترح العالم **ماكسويل** عام 1873 أن الضوء المرئي يتكون من موجات كهرومغناطيسية.



- **تتكون الموجة الكهرومغناطيسية من مجال كهربي ومجال مغناطيسي متعامدين على بعضهما** بحيث أن لهما نفس الطول الموجي والتردد. أي لهما نفس السرعة ولكنهما يسيران بمستويين متعامدين ومتبادلين.

الاشعة الكهرومغناطيسية هو انبعاث الطاقة وانتقالها على هيئة موجات كهرومغناطيسية

- تنتقل الأمواج الكهرومغناطيسية بسرعة **3.00×10^8 m/s** في الفراغ وتسمى **سرعة الضوء (c)**



- يبين الشكل الاتي الأنواع المختلفة من الإشعاعات الكهرومغناطيسية التي تختلف عن بعضها في الطول الموجي والتردد

مثـــــال 1.5:

يتركز الطول الموجي للضوء الأخضر الصادر عن الإشارة الضوئية حول 522 nm . ما تردد هذه الأشعة؟

الحـــــل:

$\lambda = 522\ nm = 522 \times 10^{-9}\ m$

$$c = \nu\,\lambda \quad \Rightarrow \quad \nu = \frac{c}{\lambda}$$

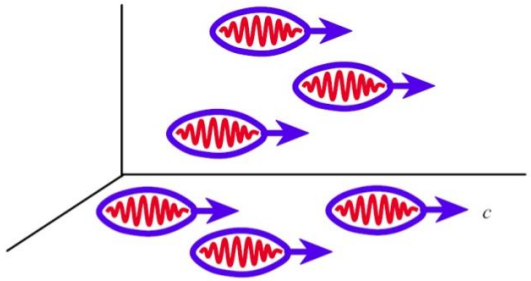
$$\nu = \frac{3.00\ x\ 10^{8}\ m/s}{522\ x\ 10^{-9}\ m} = 5.747\ x\ 10^{14}\ s^{-1}\ or\ 5.747\ x\ 10^{14}\ Hz$$

تمرين تطبيقي: ما طول الموجة (بـ m) للموجة الكهرومغناطيسية التي يكون ترددها 3.64×10^{7} Hz؟

نظرية الكم لبلانك

- **الذرات والجزيئات يمكن أن تنبعث منها (أو تمتص) طاقة بكميات محددة (تسمي كم)، مثل الحزم الصغيرة .**

"الكم Quantum" هو **أقل كمية من الطاقة يمكن أن تنبعث (أو تمتص) على شكل أمواج كهرومغناطيسية**



$$E = h\,\nu$$

حيث h ثابت بلانك و ν هو تردد الاشعاع. وتبلغ قيمة ثابت بلانك 6.63×10^{-34} J.s .

وبما أن $\nu = c/\lambda$ ، ويمكن أن يعبر عن المعادلة كما يأتي

$$E = h\frac{c}{\lambda}$$

- وبحسب نظرية الكم، فإن الطاقة يجب أن تنبعث أو تمتص دائما على هيئة مضاعفات صحيحة للقيمة **hν**، بمعنى أن المضاعفات المسموحة هي hν و 2hν و 3hν و .....

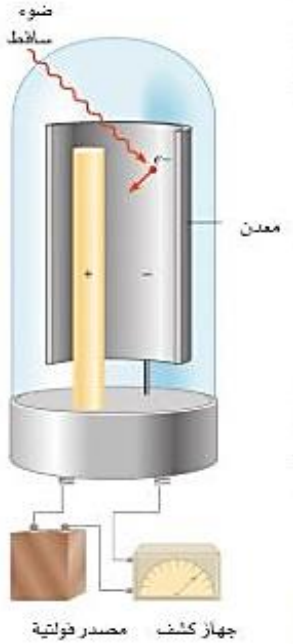
ويتبين من هذه المعادلة أن **طاقة الإشعاع تتناسب طرديا مع التردد وعكسيا مع الطول الموجي.**

كلما كان التردد أعلى، زادت طاقة الإشعاع وكلما قل الطول الموجي، زادت طاقة الإشعاع.

$$E = h\frac{c}{\lambda}$$

- ## التأثير الكهروضوئي

التأثير الكهروضوئي ظاهرة تنبعث بها الالكترونات من سطح معادن معينة عند تعرضها لضوء له حد أدنى من التردد يسمى التردد الحرج .



- ويتناسب عدد الإلكترونات المنبعثة مع شدة (سطوع) الضوء، وعندما يكون التردد أقل من قيمة التردد الحرج، فإنه لا ينبعث أي إلكترون مهما كانت شدة الضوء

- فسر أينشتين هذه الظاهرة على أساس أن حزمة الضوء في الحقيقة سيل من الجسيمات أطلق عليها اسم **الفوتونات photons**. باستخدام نظرية بلانك، استنتج أينشتاين أن كل فوتون يجب أن يمتلك طاقة تعطى بمعادلة بلانك (E= hν) حيث ν تردد الضوء.

- وهذه الطاقة تساوي مجموع الطاقة الحركية للإلكترون المنطلق (KE) ودالة الشغل (W) التي هي مقياس لمدى قوة إمساك الإلكترونات بالمعدن (طاقة ارتباط الالكترون في المعدن).

$$h\nu = KE + W$$

مثـــــال 2.5: احسب الطاقة (بالجول) (أ) لفوتون بطول موجى 5.00×10^{4} nm (منطقة الأشعة تحت الحمراء)

(ب) لفوتون بطول موجى 5.00×10^{-2} nm (منطقة أشعة X)

الحـــــل:

(أ)

$$\lambda = 5.00 \times 10^{4} \times 10^{-9} = 5.00 \times 10^{-5} \text{ m}$$

$$E = h\frac{c}{\lambda}$$

$$E = \frac{(6.63 \times 10^{-34})(3.00 \times 10^{8})}{5.00 \times 10^{-5} \text{ m}} = 3.98 \times 10^{-21} \text{ J}$$

(ب)

$$\lambda = 5.00 \times 10^{-2} \times 10^{-9} = 5.00 \times 10^{-11} \text{ m}$$

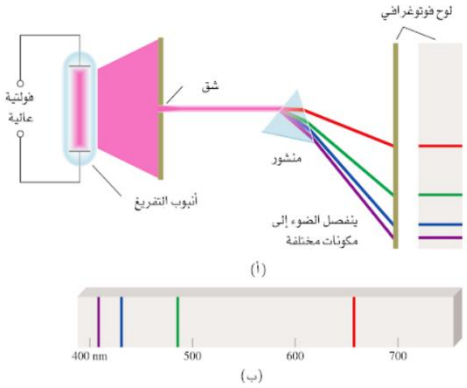
$$E = \frac{(6.63 \times 10^{-34})(3.00 \times 10^{8})}{5.00 \times 10^{-11} \text{ m}} = 3.98 \times 10^{-15} \text{ J}$$

تمرين تطبيقي: طاقة فوتون 5.87×10^{-20} J. ما طوله الموجي بالنانومتر؟

❑ نظرية بور لذرة الهيدروجين

- **طيف الانبعاث عبارة عن مجموعة من الاطوال الموجية الكهرومغناطيسية التي تنبعث من الذرة عندما يتم اثارتها بطاقة حرارية أو بأشكال أخرى من الطاقة** (مثل تفريغ كهربي عالي الجهد إذا كانت المادة غازية).

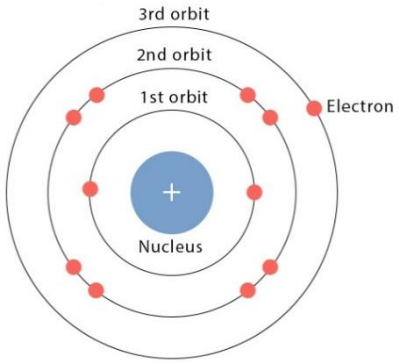
- طيف كل من الشمس والأجسام الساخنة عبارة عن **طيف متصل**؛ أي إن **الأطوال الموجية للضوء المرئي جميعها ممثلة في الطيف**.



- طيف الانبعاث للذرات في الحالة الغازية تنتج **خطوطاً ساطعة في أجزاء مختلفة من الطيف المرئي** يسمى **بالطيف الخطي**. وهذه الأطياف الخطية هي الضوء المنبعث عند أطوال موجية محددة. **لكل عنصر طيف انبعاث مميز.**

- قدم الفيزيائي الدانماركي **نيلز بور** تفسيراً **نظرياً لطيف الانبعاث لذرة الهيدروجين** معتمدا على نظرية الكم لبلانك.

ووضع بور الفرضيات الآتية لتفسير طيف الانبعاث لذرة الهيدروجين:



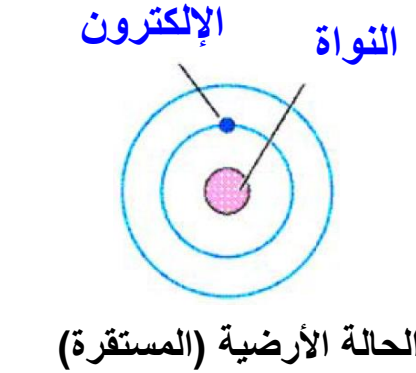
١) يدور الالكترون حول النواة في مدارات دائرية ثابتة (مستويات) ذات طاقة محددة وتعتبر الفراغات الموجودة بين هذه المدارات مناطق يمنع التواجد فيها.

$$E_n = -R_H \left(\frac{1}{n^2}\right)$$

حيث R_H ثابت ريدبرج وقيمته 2.18×10^{-18} J، و **n** تمثل أعداد صحيحة تسمى عدد الكم الرئيسي، ويأخذ القيم n= 1, 2, 3, 4,…….

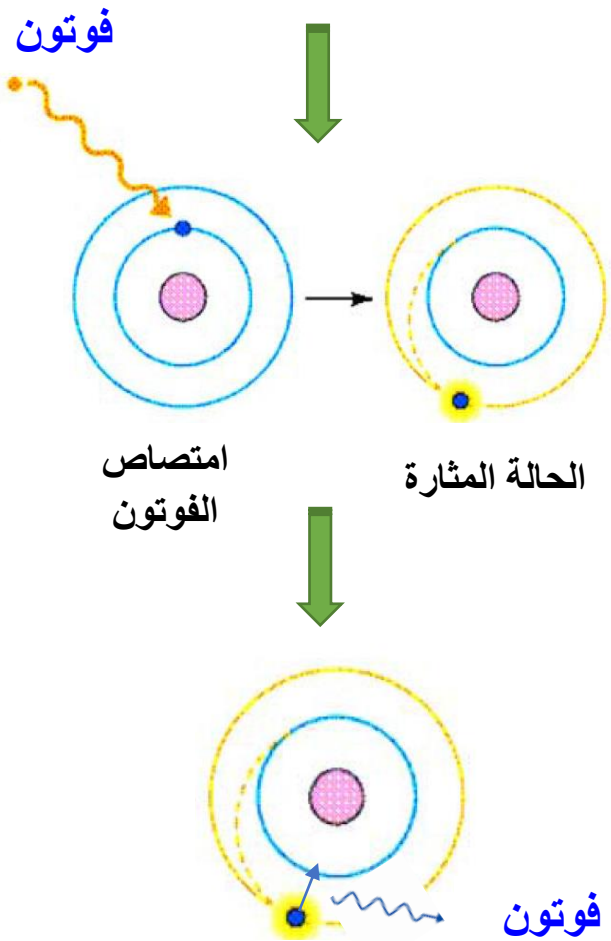
وتدل الاشارة السالبة في المعادلة على أن طاقة الإلكترون في الذرة يجب أن تكون أقل من طاقة الإلكترون الحر البعيد بشكل لانهائي عن النواة.

٢) **عندما تكون الإلكترونات أقرب ما يمكن إلى النواة (في المدار الأول n=1، في حالة الهيدروجين)، تكون في أقل مستوى طاقة وتمثل الحالة الأرضية (المستقرة).** وهي تشير إلى حالة الطاقة الأدنى للنظام.



الحالة الأرضية (المستقرة)

٣) **يكتسب الإلكترون مقدار من الطاقة عن طريق التسخين أو التفريغ الكهربي للذرة، فينتقل مؤقتاً من مستوى الطاقة المستقر (n=1) الى مستوى طاقة أعلى (الحالة المثارة ....، n=2,3) يتوقف على مقدار الطاقة الذي اكتسبه.**



٤) **يكون الإلكترون في المستوى الأعلى (الحالة المثارة) في وضع غير مستقر فيعود مرة أخرى لمستواه الأصلي حيث يفقد نفس الكم من الطاقة المكتسب على هيئة إشعاع من الضوء له طول موجي مميز منتجاً الطيف الخطى**

- تمكن بور في نظريته أن يعطي تفسيراً للخطوط الظاهرة في طيف الانبعاث لذرة الهيدروجين، فالطاقة الإشعاعية الممتصة بواسطة الذرة تسبب انتقال الإلكترون من مستوى الطاقة الأقل (قيمة n له صغيرة) إلى مستوى الطاقة الأعلى (قيمة n له كبيرة) وبعد ذلك يتم انبعاث الطاقة الاشعاعية (في صورة فوتونات) حين يعود الإلكترون مرة أخرى إلى المستوى الأرضي.

- والطاقة اللازمة لكل انتقال تعتمد على المسافة بين مستويات الطاقة الابتدائية والنهائية. وبالمثل تعتمد الطاقة اللازمة لانتقال الإلكترون بين المدارات في ذرة بور على الفرق في الطاقة بين مستويات الطاقة الابتدائية (E_i) والنهائية (E_f).

$$\Delta E = E_f - E_i$$

$$E_f = -R_H\left(\frac{1}{{n_f}^2}\right) \qquad E_i = -R_H\left(\frac{1}{{n_i}^2}\right)$$

$$\Delta E = \left(\frac{-R_H}{{n_f}^2}\right) - \left(\frac{-R_H}{{n_i}^2}\right)$$

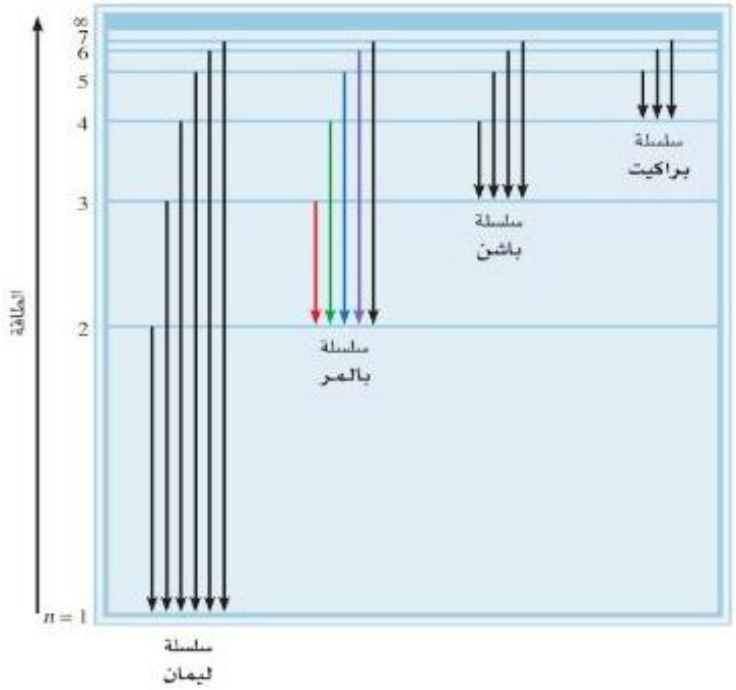
$$\Delta E = R_H\left(\frac{1}{{n_i}^2} - \frac{1}{{n_f}^2}\right)$$

ولأن هذا الانتقال ينتج عنه انبعاث للفوتونات التي لها التردد ν وبالتالي فإن طاقتها $h\nu$. ونستطيع أن نكتب

$$\Delta E = h\nu = R_H\left(\frac{1}{{n_i}^2} - \frac{1}{{n_f}^2}\right)$$

- وعندما **ينبعث الفوتون** فإن $n_i > n_f$ وعليه فإنه عندما تكون القيمة داخل الأقواس سالبة فإن هذا سيؤدي إلى قيمة طاقة سالبة أي أن الطاقة تنطلق من النظام. أما عندما يتم امتصاص الطاقة أي أن $n_i < n_f$ يصبح الحد داخل الأقواس موجبا.

- يقابل كل خط طيفي في طيف الانبعاث انتقال مقابل في مستويات الطاقة لذرة الهيدروجين. ويعتمد مدى وضوح الخطوط الطيفية على عدد الفوتونات التي تنبعث عند نفس الطول الموجي. ويتضمن طيف الانبعاث لذرة الهيدروجين مدى واسعا من الأطوال الموجية تتراوح ما بين منطقة الأشعة فوق البنفسجي (**متسلسلة ليمان**) إلى منطقة الأشعة المرئية (**متسلسلة بالمر**) ومنطقة الأشعة تحت الحمراء (**متسلسلة باشن وبراكت وفوند**) والجدول التالي يوضح هذه المتسلسلات وقيمة n_i الخاصة بكل متسلسلة وقيم n_f التي يمكن أن تصل إليها. ويوضح الشكل التالي الخطوط الخاصة بكل متسلسلة في حالة عملية الانبعاث.



الجدول 1.7 السلاسل المختلفة في طيف إشعاع ذرة الهيدروجين

مناطق الإشعاع على الطيف	n_i	n_f	السلسلة
فوق البنفسجي	2, 3, 4, . . .	1	ليمان
مرئي وفوق البنفسجي	3, 4, 5, . . .	2	بالمر
تحت الحمراء	4, 5, 6, . . .	3	باشن
تحت الحمراء	5, 6, 7, . . .	4	براكيت

مثـــــال 3.5:

ما الطول الموجي لفوتون (بالنانومتر) انبعث خلال الانتقال من حالة $n_i = 5$ إلى حالة $n_f = 2$ فى ذرة الهيدروجين؟

الحـــــل:

$$\Delta E = R_H \left(\frac{1}{{n_i}^2} - \frac{1}{{n_f}^2} \right)$$

$$\Delta E = 2.18 \times 10^{-18} \left(\frac{1}{5^2} - \frac{1}{2^2} \right) = 2.18 \times 10^{-18} \left(\frac{1}{25} - \frac{1}{4} \right)$$

$$= 4.58 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$\Delta E = h\nu = h\frac{c}{\lambda} \quad \Rightarrow \quad \lambda = h\frac{c}{\Delta E}$$

$$\lambda = \mathbf{6.63 \times 10^{-34}} \frac{(\mathbf{3 \times 10^8})}{4.58 \times 10^{-19}} = \mathbf{4.34 \times 10^{-7}\ m \times 10^9 = 434\ nm}$$

تمرين تطبيقي: ما الطول الموجي بالنانومتر لفوتون انبعث خلال انتقال من حالة $n_i = 6$ إلى حالة $n_f = 4$ فى ذرة الهيدروجين؟

عيــوب نظــرية بور

- النجاح المذهل لنظرية بور تبعة سلسلة من خيبات الأمل، فقد فشل بور في **تفسير طيف الانبعاث في الذرات التي تحتوي على أكثر من الكترون واحد مثل ذرات الهيليوم والليثيوم**. **ولم تفسر ظهور خطوط إضافية في طيف الانبعاث للهيدروجين عند تعرضها لمجال مغناطيسي**.

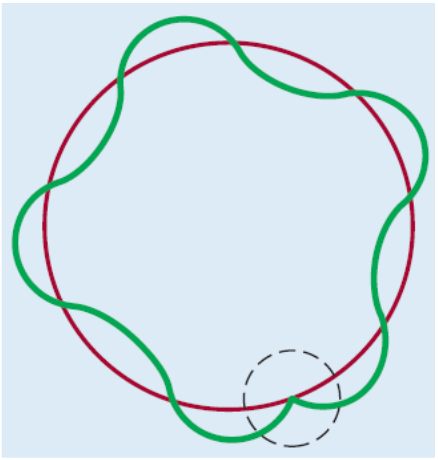
❑ الطبيعة المزدوجة للإلكترون

- استطاع دي برولي تفسير **لماذا الإلكترون في ذرة بور مقيد للدوران على مسافات محدد من النواة**.
- لقد فسردي برولي ذلك بأنه **إذا سلكت موجات الضوء كسيل من الجسيمات (فوتونات)، فإن هذه الجسيمات، يمكن أن تمتلك صفات موجية مثل الإلكترونات**. وتبعاً لما توصل إليه دي برولي، فإن الإلكترون يتحرك داخل الذرة على شكل موجة متوقفة يجب أن يكون طولها متناسباً مع محيط المدار الذي يوجد فيه الالكترون بحيث يكون طول محيط المدار مساوياً لعدد صحيح من طول الموجة.

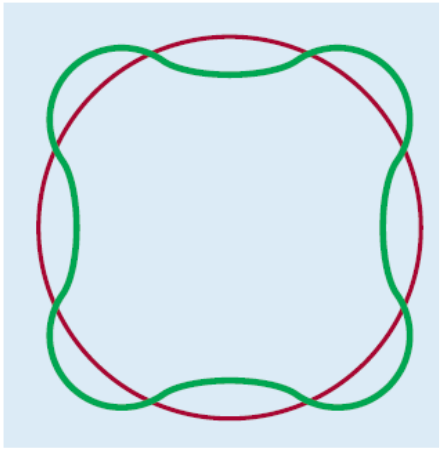
$$2\pi r = n\lambda$$

حيث r نصف قطر المدار، λ الطول الموجي للإلكترون، n أعداد صحيحة (n=1,2,3,….)

- لأن n عدد صحيح، فان r تأخذ قيما محددة عندما تزداد n من 1 الى 2 الى 3 وهكذا. ولان طاقة الالكترون تعتمد على حجم المدار (أو قيمة r) فان طاقة المدار يجب أن تكون مكماه.



محيط المدار لا يساوى عدد صحيح من
الأطول الموجية (مدار غير مسموح)



محيط المدار يساوى عدد صحيح
من الأطول الموجية (مدار مسموح)

- تفسير دي برولي أدى الى استنتاج أن **الأمواج يمكن أن تسلك سلوك الجسيمات، والجسيمات تظهر صفات موجية (الطبيعة المزدوجة)**. واستنتج أن خصائص الجسيم والموجة يرتبطان بالعلاقة الأتية

$$\lambda = \frac{h}{mu}$$

حيث λ الطول الموجي المصاحب للجسيم المتحرك و mكتلته و u سرعته.

- ان **الجسيم في حالة الحركة يمكن أن يعامل كموجة، وان الموجة يمكن أن تظهر خصائص الجسيم**. لاحظ أن الجزء الأيسر من المعادلة يتضمن الخصائص الموجية (الطول الموجي)، في حين يشير الشق الأيمن إلى الكتلة، وهي خاصية مميزة للجسيم.

أعداد الكم Quantum Numbers

- حسب معطيات ميكانيكا الكم يلزمنا **ثلاث أعداد كمية** لوصف الإلكترون الموجود في ذرة الهيدروجين وتوزيع الالكترونات فى الذرات الأخرى. هذه الأعداد الكمية مشتقة من الحل الرياضى **لمعادلة شرودنجر** لذرة الهيدروجين.
- تستخدم هذة الأعداد لوصف المدارات الذرية، وتمييز الالكترونات الموجودة فيها. يصف عدد كم رابع وهو **عدد الكم المغزلى** سلوك الكترون محدد.

أعـــداد الكـــم

عدد الكم الرئيسي (n)	عدد الكم الزاوي (ℓ)	عدد الكم المغناطيسي (m_ℓ)	عدد الكم المغزلي (m_s)
يحدد **طاقة الفلك**	يحدد **شكل الفلك**	يحدد **اتجاه الفلك في الفضاء**	يحدد **اتجاه غزل الإلكترون**
مستويات الطاقة الرئيسية	مستويات الطاقة الفرعية في كل مستوى طاقة رئيسي	عدد الأفلاك في كل مستوى طاقة فرعي	

(1) عدد الكم الرئيسى Principal quantum number (n)

- يرمز له بـ (n) **ويأخذ قيم الأرقام الصحيحة 1 ، 2 ، 3 وهكذا**.
- تحدد قيمة n **طاقة الفلك الذي يشغله الالكترون** وترتبط هذة القيمة بمعدل المسافة بين الالكترون والنواة، كلما كبرت n ،ازداد متوسط المسافة بين الالكترون فى المدار والنواة، ومن ثم ازداد حجم المدار.

(2) عدد الكم الزاوي (ℓ) Angular momentum quantum number

- يرمز له بـ (ℓ) ويسمى عدد الكم الثانوى **ويصف شكل الفلك (الأوربيتال) الذي يتخذه الإلكترون في دورانه حول النواة**.
- تعتمد قيم ℓ على قيمة العدد الكمى الرئيسى n حيث " لكل قيمة معينة من n ، فان قيم ℓ المحتملة تأخذ الأرقام الصحيحة من 0 الى n–1 ".

$$l = 0, 1, 2, \dots\dots\dots\dots, n-1$$

$$n = 1 \implies l = 0$$
$$n = 2 \implies l = 0, 1$$
$$n = 3 \implies l = 0, 1, 2$$
$$n = 4 \implies l = 0, 1, 2, 3$$

فإذا كانت n=1 ، فان هناك قيمة محتملة واحدة لـ ℓ وهى 0

فإذا كانت n=3 ، فان هناك ثلاث قيم محتملة لـ ℓ وهى 0 و 1 و 2 .

- يعبر عن قيم ℓ بشكل عام بالأحرف $s, p, d, f, \dots\dots$ كما يأتى

ℓ	0	1	2	3	4	5
اسم الفلك	s	p	d	f	g	h

ولهذا، إذا كانت $\ell = 0$، فان لدينا الفلك s. أما إذا كانت $\ell = 1$ ، فان لدينا الفلك p.

- وتسمى مجموعة الأفلاك التي لها قيمة n نفسها بالمستوى الرئيسي. ويشار الى الفلك أو مجموعة الأفلاك التي لها قيم n و ℓ نفسها **بالمستوى الفرعي**. فمثلا: تحت الفلك الرئيسي n = 2، هناك مستويان فرعيان (ℓ=0, 1، القيم المسموحة لـ n=2) ويسمى هذان المستويان الفرعيان 2s و 2p حيث 2 ترمز الى قيمة n و s و p ترمز الى قيمة ℓ .

(3) عدد الكم المغناطيسي (m_ℓ) The magnetic quantum number

- يرمز له بـ (m_ℓ) ويصف اتجاه الفلك في الفضاء في المستوى الفرعي.
- تعتمد قيم m_ℓ فى المستوى الفرعى على قيمة العدد الكمى الزاوى ℓ حيث " لكل قيمة معينة من ℓ ، فان هناك $2\ell+1$ قيم صحيحة لـ m_ℓ كما يأتى

$$-\ell, (-\ell + 1), \ldots 0, \ldots (+\ell - 1), +\ell$$

- يشير عدد قيم m_ℓ الى عدد الأفلاك فى المستوى الفرعى (لكل قيمة معينة لـ ℓ)

$\ell = 0 \Rightarrow m_\ell = 0$

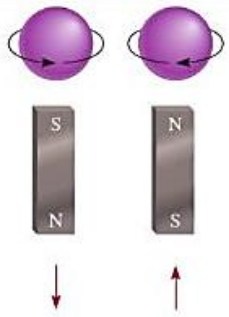
$\ell = 1 \Rightarrow m_\ell = -1, 0, 1$

$\ell = 2 \Rightarrow m_\ell = -2, -1, 0, 1, 2$

$\ell = 3 \Rightarrow m_\ell = -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3$

فمثلا: الحالة التي يكون فيها n=2 و ℓ =1، تشير قيم n و ℓ الى أن لدينا مستوى فرعيا 2p، وفى هذا المستوى الفرعي لدينا ثلاثة أفلاك من 2p (لأن هناك ثلاث قيم لـ m_ℓ وهى 1, 0, –1)

(4) عدد الكم المغزلي (m_s) The spin quantum number



- يرمز له بـ m_s . أظهرت التجارب على طيف الانبعاث لكل من الهيدروجين والصوديوم أنه وجود تأثير لمجال مغناطيسي خارجي يؤدي إلى انشطار كل خط طيفي من الطيف الظاهر لهما. وكان التفسير الوحيد المقبول لهذه الظاهرة هو أن كل إلكترون يتصرف كأنه مغناطيس صغير حول محوره كما تدور الأرض حول محورها. ويمكن له أن يدور حول محوره إما باتجاه عقارب الساعة أو عكسها، ولشرح هذه الظاهرة أضيف هذا العدد الكم المغزلى الذي يأخذ إحدى القيمتين ½+ أو ½– .

مثـــــال 5.5: اعمل قائمة بقيم n و ℓ و m_ℓ للأفلاك فى المستوى الفرعى $4d$.

الحـــــل:

$$4d$$

$$n = 4 \Longrightarrow \ell = 0\,,1\,,2\,,3$$

$$s\,,p\,,d\,,f$$

$$\ell = 2 \Longrightarrow m_\ell = -2\,,-1\,,0\,,+1\,,+2$$

$$n = 4\,,\ell = 2 \quad ,m_\ell = -2,-1,0,+1,+2$$

تمرين تطبيقي: أعط قيما لأعداد الكم المرتبطة بالمستوى الفرعي $3p$.

مثـــــال 6.5: ما العدد الكلى للأفلاك المرتبطة بالعدد الكمي الرئيسي $n=3$؟

الحـــــل:

$$n = 3 \Rightarrow \ell = 0, 1, 2$$

$\ell = 0\ (s) \Rightarrow m_\ell = 0$ (فلك واحـد $3s$)

$\ell = 1\ (p) \Rightarrow m_\ell = -1, 0, +1$ (ثلاث أفلاك $3p$)

$\ell = 2\ (d) \Rightarrow m_\ell = -2, -1, 0, +1, +2$ (خمس أفلاك $3d$)

عدد الافلاك = 1+3+5 =9

عدد الأفلاك الكلى لقيمة معينة من n هو n^2 . لدينا هنا $(3)^2= 9$.

تمرين تطبيقي: ما العدد الكلى للأفلاك المرتبطة بعدد الكم الرئيسي $n=4$؟

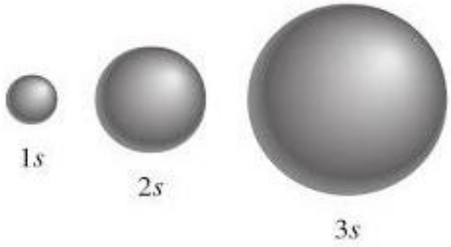
الأفـــلاك الذرية

- يوضح الجدول الأتى العلاقة بين اعداد الكم الأربع والأفلاك الذرية

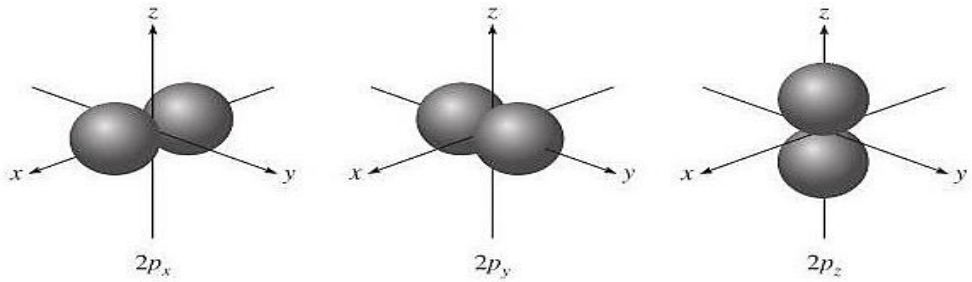
الجدول 2.7 العلاقة بين أعداد الكم والأفلاك الذرية

n	ℓ	m_ℓ	عدد الأفلاك	تحديد الأفلاك الذرية
1	0	0	1	$1s$
2	0	0	1	$2s$
	1	−1, 0, 1	3	$2p_x, 2p_y, 2p_z$
3	0	0	1	$3s$
	1	−1, 0, 1	3	$3p_x, 3p_y, 2p_z$
	2	−2, −1, 0, 1, 2	5	$3d_{xy}, 3d_{zy}, 3d_{xz}$ $3d_{x^2-y^2}, 3d_{z^2}$
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

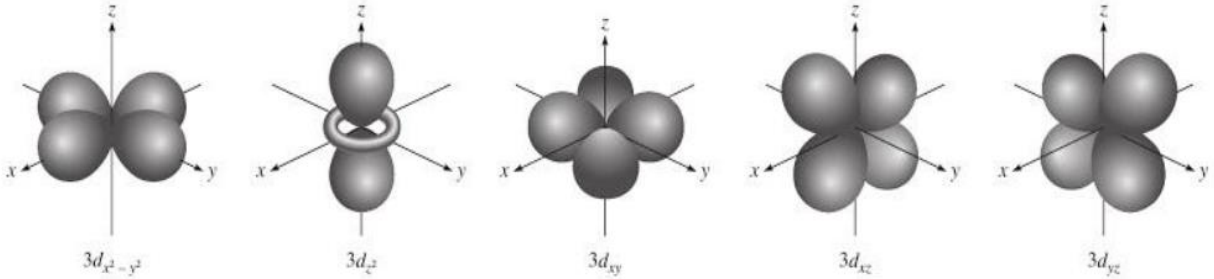
- **الفلك عبارة عن** **دالة موجية تحدد الحيز من الفراغ الذي يحتمل ان يتواجد فيه الالكترون بنسبة تزيد عن 90%**. وهذه الدالة يعبر عنها بأعداد الكم الثلاثة (n, ℓ, m_ℓ) التي تنتج من حل معادلة شرودنجر.

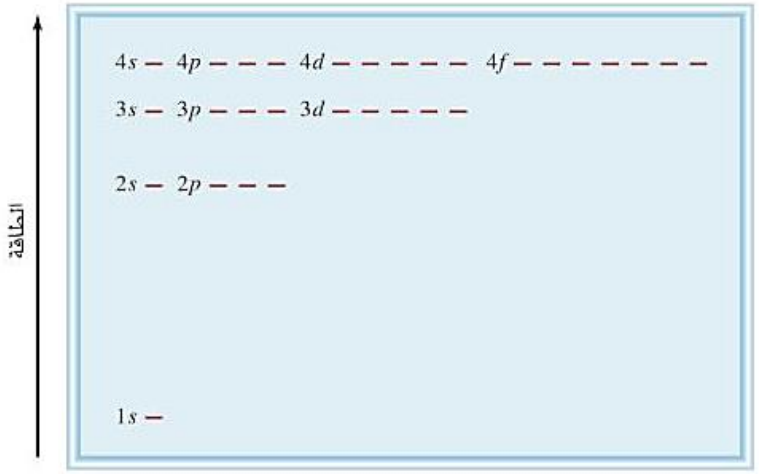


- يوضح الشكل المقابل أفلاك 1s و 2s و 3s لذرة الهيدروجين وجميعها عبارة عن **أفلاك كروية الشكل ولكنها تختلف في أحجامها حيث يزداد الحجم بزيادة عدد الكم الرئيسي**.
- يبدأ ظهور أفلاك p في المدار الثاني (العدد الكمي الرئيسي $n = 2$) . الفلك p يمكن أن يأخذ ثلاث توجهات فراغية $(m_\ell = -1, 0, +1)$ على المحاور الكارتيزية (p_x, p_y, p_z) ويمكن تشبيه كل فلك من أفلاك p بأنه فلقتان على جانبي النواة في اتجاهين متعاكسين (**يأخذ** **شكل كمثرتين متقابلتين عند الرأس**).



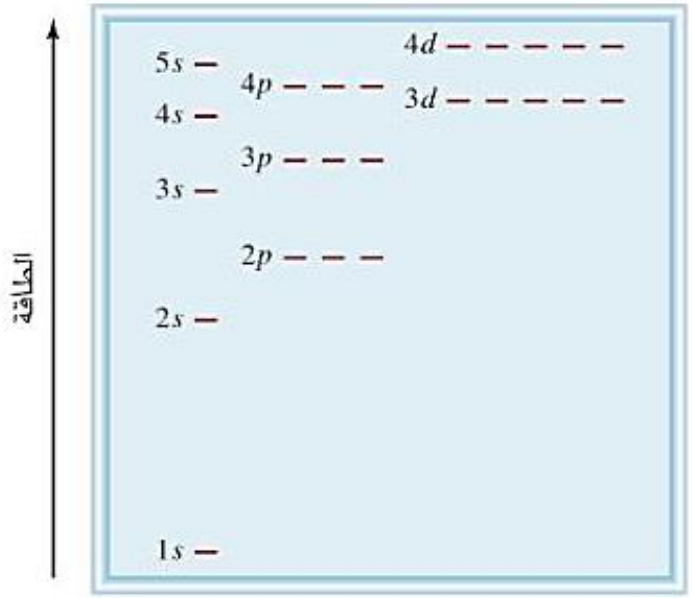
- عندما تتخذ ℓ القيمة 2 وهذا يكون ابتداءً من المدار الرئيسي الثالث (n=3)، فإن هناك خمس قيم لـ m_ℓ (-2, -1, 0, +1, +2) تعود إلى أفلاك $3d$ الخمسة وهي الموضحة في الشكل التالي.





- بالنسبة لذرة الهيدروجين، فان **طاقة الالكترون تحدد فقط بالعدد الكمي الرئيسي**، ولهذا فان طاقة أفلاك ذرة الهيدروجين تزداد كما يأتي:

$$1s < 2s = 2p < 3s = 3p = 3d < 4s = 4p = 4d = 4f < \cdots$$



- **صورة طاقة الأفلات فى الذرات متعددة الالكترونات اكثر تعقيدا من الهيدروجين وطاقة الالكترون فى مثل هذه الذرات تعتمد على عدد الكم الزاوى وكذلك عدد الكم الرئيسى** كما بالشكل الأتى

وتعتمد قيمة الطاقة الكلية للذرة ليس فقط على مجموع طاقات الأفلاك المشغولة ولكن أيضا على قيم طاقات التنافر بين الإلكترونات التي تشغل هذه الأفلاك

التوزيع الإلكتروني Electron configurations

- تمكننا الأرقام الكمية الأربعة n, ℓ, m_ℓ , m_s من وصف الإلكترون في فلك أي ذرة بشكل كامل. بمعنى أننا نعدّ الأرقام الكمية الاربعة " عنوان" الإلكترون في الذرة. فعلى سبيل المثال **الأعداد الكمية الأربعة لأحد إلكترونات الفلك 2s هي الآتي:**

$$n = 2,\ \ell = 0,\ m_\ell = 0 \text{ and } m_s = +½ \text{ or } -½$$

- هذه الأعداد عادة يشار إليها بطريقة مبسطة كالتالي (n, ℓ, m_ℓ, m_s): (2, 0, 0, +½) أو (2, 0, 0, –½)

مثـــــال 7.5: اكتب أعداد الكم الأربعة لإلكترون في فلك $3p$؟

$3p$

$n = 3 \Rightarrow \ell = 0, 1, 2$

s, p, d

$\ell = 1 \Rightarrow m_\ell = -1, 0, +1$

$$m_s = +\frac{1}{2}, -\frac{1}{2}$$

هناك ست طرق للدلالة على الإلكترون كالاتي:

(3, 1, –1, +½) (3, 1, –1, –½)

(3, 1, 0, +½) (3, 1, 0, –½)

(3, 1, +1, +½) (3, 1, +1, –½)

تمرين تطبيقي: اكتب أعداد الكم الأربعة لإلكترون في المستوى الفرعي $4d$؟

- تسمى **الطريقة التي تتوزع بها الإلكترونات بين الأفلاك المختلفة للذرة بالتوزيع الإلكتروني للذرة**.

في التوزيع الإلكتروني، **يكتب رقم مستوى الطاقة الرئيسي (قيمة *n*) الذي يوجد به الفلك يتبعه رمز الفلك، حرف المستوى الفرعي (قيمة *ℓ*) ثم يكتب يمين الرمز الي الأعلى قليلا عدد الالكترونات في الفلك أو المستوى الفرعي**. تذكر أن عدد الإلكترونات في الذرة يساوي عددها الذري Z.

- تعتبر ذرة الهيدروجين أبسط ذرة معروفة حيث تحتوي على الكترون واحد والتوزيع الإلكتروني لها هو

$$H: 1s^1$$

عدد الالكترونات فى الفلك او المستوى الفرعى

مستوي الطاقة الرئيسى (يشير الى عدد الكم الرئيسى n)

المستوى الفرعى (يشير الى عدد الكم الزاوى ℓ)

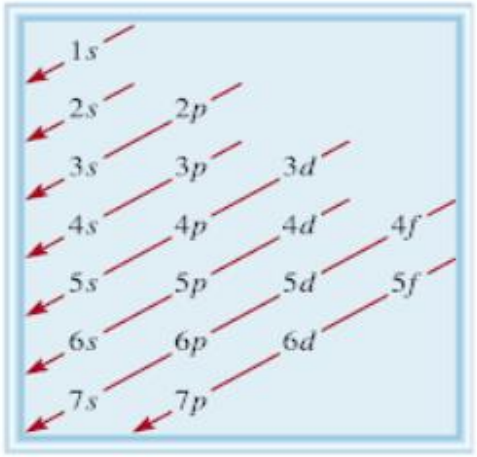
- ويمكن أيضا تمثيل البنية الالكترونية بـ **مخطط الأفلاك** حيث يعبر عن الفلك بمربع صغير ويعبر عن الإلكترون بسهم رأسي يشير الي أعلي أو أسفل علي حسب اتجاه دورانه حول محوره (غزل الالكترون).

H ↑ $1s^1$

- توجد ثلاث قواعد مهمة لمعرفة التوزيع الإلكتروني للذرات عديدة الإلكترونات،

١ ـ مبدأ اوفباو (مبدأ البناء التدريجي)　　٢ ـ مبدأ الاستبعاد لباولي　　٣ ـ قاعدة هوند

مبدأ البناء التدريجي



- ينص مبدأ البناء التدريجي (ويعرف بمبدأ اوفباو aufbauأي البناء باللغة الألمانية) على **"أنه يتم توزيع إلكترونات الذرة في حالتها المستقرة على المستويات الفرعية حسب تزايد طاقتها بدءً بالمستوى الفرعي الأقل طاقة ثم الذي يليه"**.

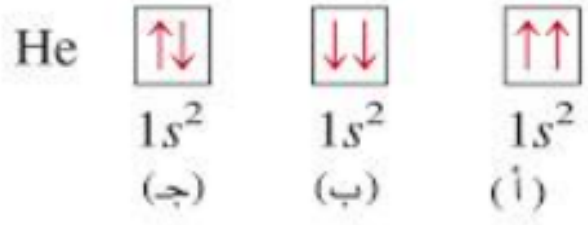
1s < 2s < 2p < 3s < 3p < 4s < 3d <.....

- يمكن تذكر تسلسل مستويات الطاقة الفرعية بتطبيق **قاعدة** **n+ ℓ** والتي تنص على أن **طاقة الأغلفة الفرعية تزداد كلما ازدادت قيمة n+ ℓ.** وإذا تساوت قيمة **n+ ℓ** لمستويين فرعيين أو أكثر فأقلها طاقة ما له أقل قيمة عددية لعدد الكم n حيث هو n عدد الكم الرئيسي و **ℓ** عدد الكم الثانوي.

مبدأ الاستبعاد لباولي

- وينص هذا المبدأ على **"أنه لا يمكن لإلكترونيين في الذرة نفسها أن يكون لهما الأعداد الكمية الأربعة ذاتها"**. فإذا كان لإلكترونين في ذرة قيم $n, \ell, m_\ell,$ نفسها (أي أن الإلكترونين يقعان في الفلك ذاته)، فيجب أن يكون لهما قيم m_s غزل مختلفة

ذرة الهيليوم التي تملك إلكترونيين. إن الطرق الثلاث الممكنة لوضع إلكترونين في فلك 1s هي



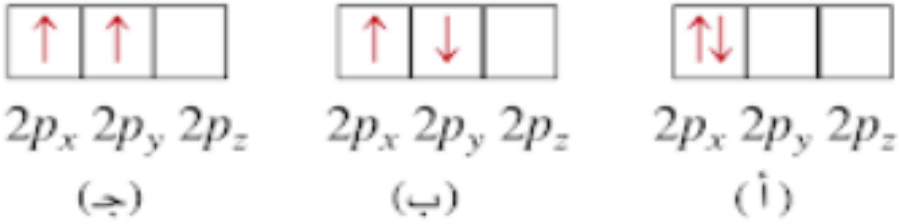
البناء في (ج) فقط يعدّ مقبولاً فيزيائياً، لأن الإلكترون الأول له الأرقام الكمية (1, 0, 0, +½) والإلكترون الثاني له الارقام الكمية (1, 0, 0, −½)

ولهذا، فإن لذرة الهيليوم البناء الإلكتروني الاتي:

قاعدة هوند

- قاعدة هوند تنص على أن "**الترتيب الأكثر ثباتا للإلكترونات في المستويات الفرعية هو الذي يمتلك أكبر غزل متماثل (متواز)**".

أي أن الإلكترونات تتوزع بصورة منفردة في الأفلاك متساوية الطاقة ثم بعد ذلك يحدث الازدواج. فمثلا، التوزيع الإلكتروني للكربون (Z = 6) هو $1s^2\ 2s^2\ 2p^2$. هناك طرقا مختلفة لتوزيع الإلكترونين في أفلاك p الثلاثة.



والترتيب المبين في (ج) يتفق مع قاعدة هوند. ولهذا، فإن مخطط الأفلاك للكربون هو:

عند البدء في التوزيع الإلكتروني يجب مراعات القواعد التالية:

١) عدد الإلكترونات التي يتم توزيعها على أفلاك الذرة المتعادلة يساوي **العدد الذري للعنصر**.

٢) تملأ مستويات الطاقة الفرعية ذات الطاقة المخفضة أولا بالإلكترونات ثم الأعلى طبقا **لمبدأ البناء التدريجي**.

٣) لا يمكن وضع أكثر من إلكترونين في كل فلك طبقا **لمبدأ باولي للاستبعاد**. ولهذا، فإن العدد الأعلى للإلكترونات هو ضعف عدد الأفلاك المستخدمة.

٤) مراعاة **قاعدة هوند** عند توزيع الإلكترونات على أفلاك المستويات الفرعية.

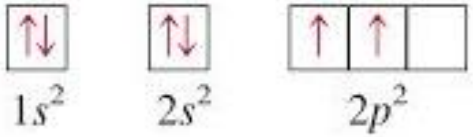
٥) يمكن تعيين العدد الأقصى من الإلكترونات في كل غلاف رئيسي حسب العلاقة $2n^2$.

مثـــــال 8.5: اكتب التوزيع الإلكتروني وارسم مخطط الأفلاك للعناصر التالية؟

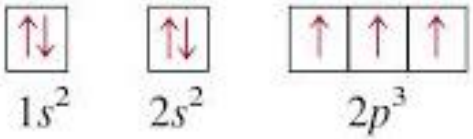
$$Li, C, N, F, Na^{+}, O^{2-}$$

Li , $\#e = 3$ $\Rightarrow 1s^2\ 2s^1$

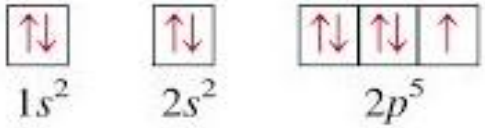
C , $\#e = 6$ $\Rightarrow 1s^2\ 2s^2\ 2p^2$



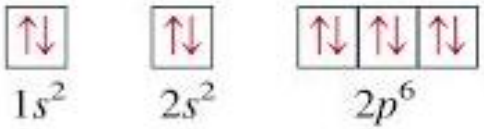
N , $\#e = 7$ $\Rightarrow 1s^2\ 2s^2\ 2p^3$



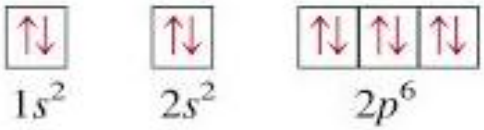
F , $\#e = 9$ $\Rightarrow 1s^2\ 2s^2\ 2p^5$



Na^{+} , $\#e = 11-1=10$ $\Rightarrow 1s^2\ 2s^2\ 2p^6$



O^{2-} , $\#e = 8+2=10$ $\Rightarrow 1s^2\ 2s^2\ 2p^6$



تمرين تطبيقي: اكتب التوزيع الإلكتروني وارسم مخطط الأفلاك للعناصر التالية؟

$$He, B, Mg^{2+}, Si, Cl^{-}$$

مثـــــال 9.5: ما الحد الأعلى لعدد الإلكترونات التي توجد في المستوى الرئيسي الذى له n=3؟

$$n = 3 \Rightarrow \ell = 0, 1, 2$$

$\ell = 0\ (s) \Rightarrow m_\ell = 0$ (فلك واحـد 3s)

$\ell = 1\ (p) \Rightarrow m_\ell = -1, 0, +1$ (ثلاث أفلاك 3p)

$\ell = 2\ (d) \Rightarrow m_\ell = -2, -1, 0, +1, +2$ (خمس أفلاك 3d)

عدد الافلاك الكلى= 1+3+5= 9، ولأن كل فلك يمكن أن يستوعب إلكترونين، فإن الحد الأعلى لعدد الإلكترونات التي يمكن أن توجد في الأفلاك هو 2 x 9 = 18إلكترون.

ممكن الحل بطريقة أخرى باستخدام العلاقة الأتية:

الحد الاعلى للإلكترونات = $2\ n^2$

n= 3

الحد الاعلى للإلكترونات = $2\ (3^2)$ =18 إلكترون

تمرين تطبيقي: احسب العدد الكلي للإلكترونات التي يمكن أن توجد في المستوى الرئيسي الذى له n=4؟

الديا مغناطيسية والبارا مغناطيسية

- **المواد البارا مغناطيسية** هي التي **تحتوي على إلكترونات منفردة في تركيبها الإلكتروني وتنجذب للمغناطيس**.
- أما **المواد الديا مغناطيسية**، فهي **المواد التي لا تحتوي على إلكترونات منفردة في تركيبها الإلكتروني وتتنافر نوعا ما مع المغناطيس**.

Li : $1s^2\ 2s^1$

بارا مغناطيسي

Ne : $1s^2\ 2s^2\ 2p^6$

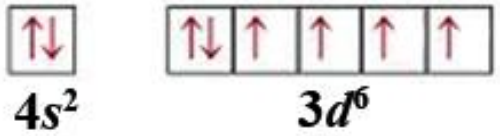
ديا مغناطيسي

مثـــــال 11.5:

اكتب التوزيع الالكتروني لعنصر الحديد (Fe) وهل هذا العنصر بارا مغناطيسي أم ديا مغناطيسي؟

الحـــــل:

Fe, $\#e = 26$ $\Longrightarrow$ $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2 3p^6 \underline{4s^2 3d^6}$



من مخطط الافلاك يتبين أن عنصر الحديد يحتوي على إلكترونات منفردة. لذلك، هذا العنصر بارا مغناطيسي.

تمرين تطبيقي: هل عنصر الخارصين (Zn) بارا مغناطيسي أم ديا مغناطيسي؟ ولماذا؟

الطريقة المختصرة لكتابة التوزيع الإلكتروني

- **يكتب الرمز الكيميائي لأقرب غاز خامل (العنصر النبيل) الذي يسبق العنصر الذي ندرسه** (أي يحتوي على عدد أقل من الإلكترونات) **بين قوسين مربعين، ثم يليه الأفلاك الأعلى والممتلئة بالإلكترونات** (وتسمى هذه الالكترونات **بالكترونات التكافؤ** هي الكترونات الموجودة في مستوى الطاقة الرئيسي الأخير للذرة).

فمثلا التوزيع الإلكتروني الكامل للزنك ($^{65}_{30}Zn$)

$$Zn \Longrightarrow \underline{1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6}\ 4s^2\ 3d^{10}$$

$$Zn \Longrightarrow [Ar]\ 4s^2\ 3d^{10}$$ الطريقة المختصرة

مثـــــال 12.5: اكتب التوزيع الالكتروني للعناصر التالية بالطريقة العادية وكذلك بالطريقة المختصرة؟

$$Na, S, Ca, Fe$$

الحـــــل:

Na , $\#e = 11$ $\Longrightarrow 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^1$ $\Longrightarrow [Ne]\ 3s^1$

S , $\#e = 16$ $\Longrightarrow 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2 3p^4$ $\Longrightarrow [Ne]\ 3s^2 3p^4$

Ca , $\#e = 20$ $\Longrightarrow 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2 3p^6\ 4s^2$ $\Longrightarrow [Ar]\ 4s^2$

Fe , $\#e = 26$ $\Longrightarrow 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^2\ 3d^6$ $\Longrightarrow [Ar]\ 4s^2\ 3d^6$

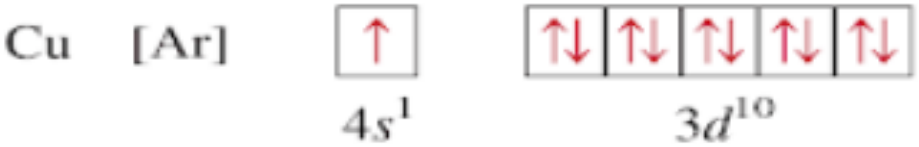
تمرين تطبيقي: اكتب التوزيع الالكتروني للعناصر التالية بالطريقة المختصرة؟

$$K, Al, Cu$$

- هناك حالتان استثنائيتان في التوزيع الالكتروني في سلسلة العناصر الانتقالية الأولى (العناصر من السكانديوم إلى النحاس وتكون مستوياتها الفرعية *d* غير مكتملة).

(1) البناء الإلكتروني **للكروم Cr** (Z = 24) هو $[Ar]4s^1\mathbf{3d^5}$ وليس $[Ar]4s^23d^4$

(2) البناء الإلكتروني لعنصر **النحاس Cu** هو $[Ar]4s^1\mathbf{3d^{10}}$ بدلا من $[Ar]4s^23d^9$



والسبب في هذه الاستثناءات هو **الاستقرار الأكثر قليلاً للمستويات الفرعية نصف الممتلئة ($\mathbf{3d^5}$) والممتلئة تماماً ($\mathbf{3d^{10}}$)**.

١- تسمى المسافة بين نقطتين متماثلتين في الموجات المتعاقبة بـ .....

a) سعة الموجة b) الطول الموجي c) التردد d) المدى

٢- الطول الموجي لفوتون بوحدة المتر انبعث خلال الانتقال من حالة $n_i=3$ الى $n_f=2$ في ذرة الهيدروجين هو .....(c= 3x108 m/s, h= **6.63 X 10^{-34}** J.s, R_H= 2.18 x 10^{-18} J)

(a 303 nm (b 3.03 x 10^{-18} nm (c 656 nm (d 65.6 nm

٣- قيم n ، *l* للأفلاك في المستوى الفرعي 4d هي

(a n=1, *l*=4 (b n=4, *l*=1 (c n=4, *l*=2 (d n=4, *l*=3

٤- ينص مبدأ الاستبعاد ل..... على انه لا يمكن لإلكترونين في نفس الاوربيتال ان يتفقا في جميع اعداد الكم.

a)باولى b) بلانك c) بور d)بالمر

٥- التوزيع الإلكتروني للكاتيون Mg^{+2} هو ..... (Mg= 12)

(a $1s^2\ 2s^2\ 2p^3$ (b $1s^2\ 2s^2\ 2p^4$ (c $1s^2\ 2s^2\ 2p^5$ (d $1s^2\ 2s^2\ 2p^6$

٦- إذا كان التوزيع الإلكتروني لذرة هو $1s^2\ 2s^2\ 2p^4$ فان هذه الذرة تكون .....

a)بارا مغناطيسية b) ديا مغناطيسية c) الغازات النبيلة d)الفلزات القلوية

٧- اقصى عدد من الالكترونات يمكن ان يتشبع بها مستوى الطاقة الثالث (n=3) هو ..... الكترون

(a 9 (b 18 (c 32 (d 36

٨- عدد الافلاك (الاوربيتالات) التي يتكون منها المستوى الفرعي f هو .....

(a 1 (b 3 (c 5 (d 7

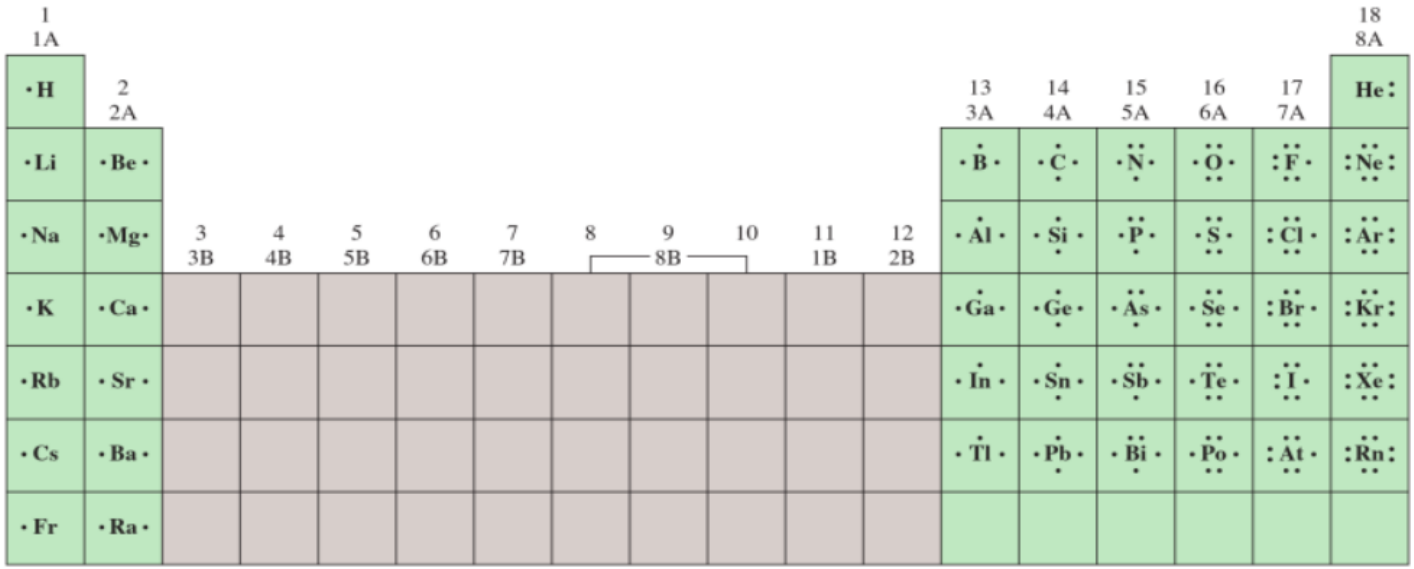
٩- يمكن تحديد شكل الفلك من خلال عدد الكم .....

a)الرئيسى b) الزاوى c) المغناطيسي d)المغزلي

الروابط الكيميائية والقوى الجزيئية البينية

رموز لويس النقطية

- **تهدف الذرات للوصول الى بناء إلكتروني أكثر استقراراً** (البناء الإلكتروني لأقرب غاز نبيل) **عن طريق الترابط مع ذرات اخرى وتكوين جزيئات ومركبات باستخدام** إلكتروناتها الموجودة في مستوى طاقتها الخارجي (**بالكترونات التكافؤ**).
- لتتبع إلكترونات التكافؤ أثناء تكوين الروابط، يستخدم الكيميائيون **رموز لويس النقطية** **الذي يتألف من رمز العنصر ونقطة واحدة لكل إلكترون تكافؤ لذرة العنصر.**

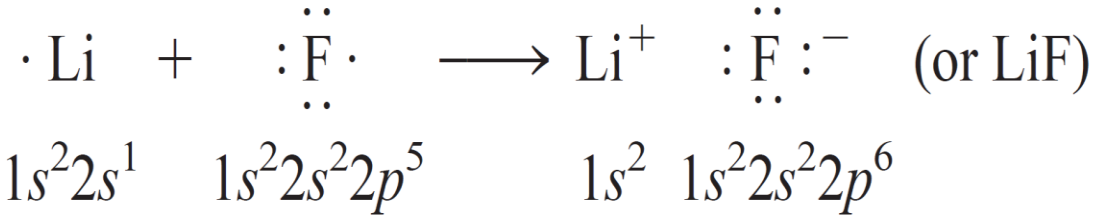


عدد إلكترونات التكافؤ التي تمتلكها الذرة هو رقم مجموعة العنصر نفسه في الجدول الدوري.

الرابطة الأيونية

- توجد الرابطة الأيونية في المركبات التي تنتج من تفاعل ذرات عنصر **فلزي** مع ذرات عنصر **لافلزى**
- **لتكوين الرابطة الأيونية، ينتقل إلكترون أو أكثر من إلكترونات التكافؤ لذرة الفلز (تفقد إلكترونات وتتحول الى أيون موجب، كاتيون) إلى ذرة اللافلز (تكتسب إلكترونات وتتحول الى أيون سالب، أنيون)**
- **إن الرابطة الأيونية هي القوة الإلكتروستاتيكية التي تعمل على تماسك الأيونات في المركب الأيوني.**

مثال: تفاعل الليثيوم مع الفلور لتكوين فلوريد الليثيوم



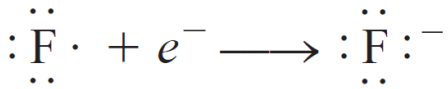
$$\cdot Li + :\ddot{F}\cdot \longrightarrow Li^+ \; :\ddot{F}:^- \quad (or\ LiF)$$

$$1s^2 2s^1 \quad 1s^2 2s^2 2p^5 \qquad 1s^2 \quad 1s^2 2s^2 2p^6$$

أولاً: تأين الليثيوم:

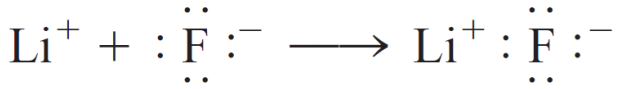
$$\cdot Li \longrightarrow Li^+ + e^-$$

ومن ثم اكتساب الفلور للإلكترون



$$:\ddot{F}\cdot + e^- \longrightarrow :\ddot{F}:^-$$

وبعدئذ، نتخيل أن الايونين المنفصلين يقترنان لتكوين وحدة LiF:



$$Li^+ + :\ddot{F}:^- \longrightarrow Li^+ :\ddot{F}:^-$$

مثال اخر: يحترق الكالسيوم مع الأكسجين ليكوّن أكسيد الكالسيوم:

$$2Ca(s) + O_2(g) \longrightarrow 2CaO(s)$$

$$\cdot Ca \cdot + \cdot\ddot{O}\cdot \longrightarrow Ca^{2+} \; :\ddot{O}:^{2-}$$

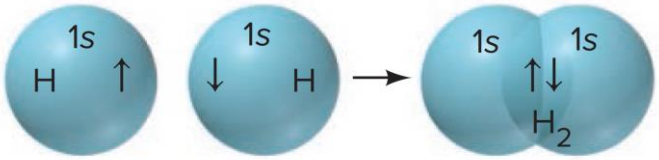
$$[Ar]4s^2 \quad 1s^2 2s^2 2p^4 \quad [Ar] \quad [Ne]$$

الرابطة التساهمية

- **الرابطة التساهمية هي رابطة تنتج من المشاركة المتبادلة بين ذرتين بزوج أو أكثر من الالكترونات**

مثل تكوين الرابطة الكيميائية في H_2

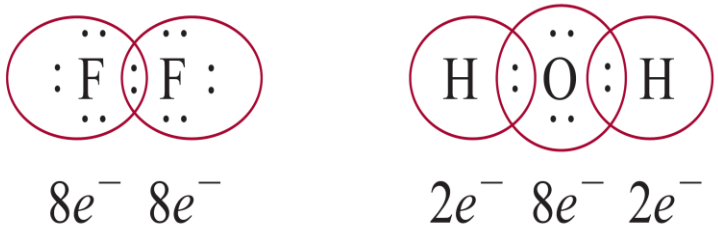
$$H\cdot + \cdot H \longrightarrow H:H \quad \text{or} \quad H—H$$



مثال أخر: تكوين جزيء الفلور (F_2) :

$$:\ddot{F}\cdot + \cdot\ddot{F}: \longrightarrow :\ddot{F}:\ddot{F}: \quad \text{or} \quad :\ddot{F}—\ddot{F}:$$

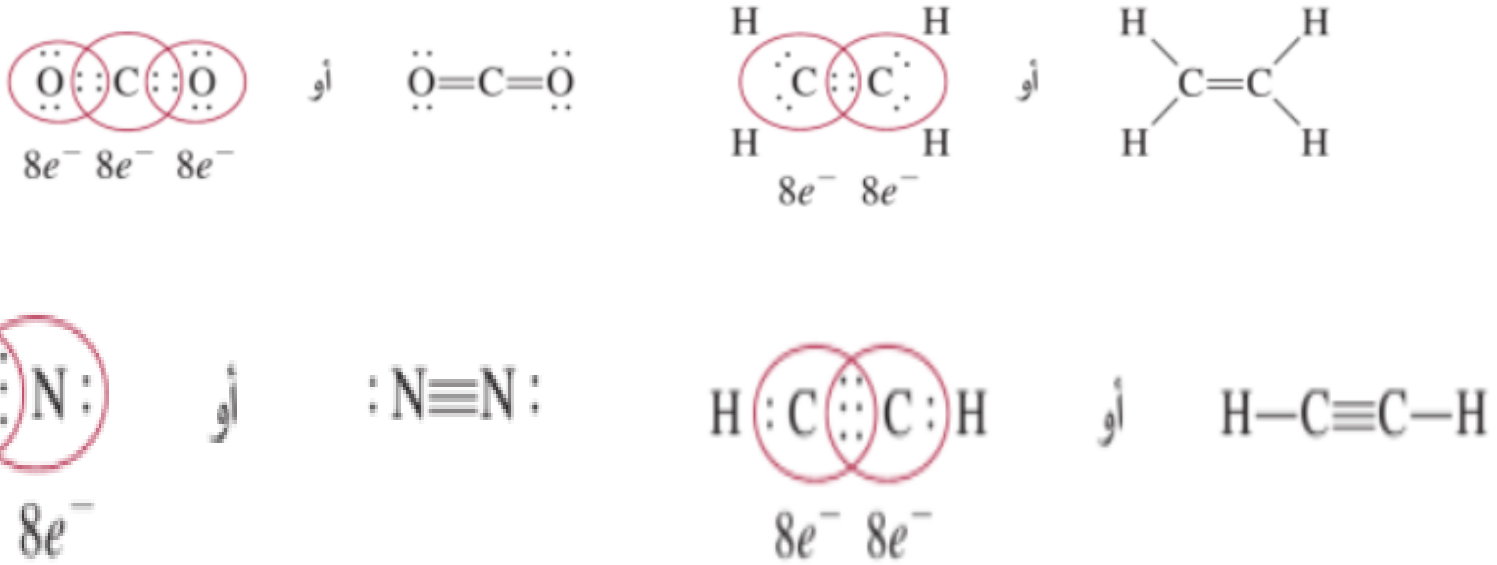
- تسمى البناءات التي نستخدمها لتمثيل المركبات التساهمية، مثل H_2 و F_2 **بناءات لويس**. إن بناء لويس عبارة عن تمثيل للرباط التساهمي حيث تظهر فيه الإلكترونات المزدوجة المتشاركة إما على شكل خطوط، أو على شكل نقاط مزدوجة بين ذرتين، وتكون المزدوجات الحرة على شكل نقاط مزدوجة على الذرات بعينها، ويتم في بناء لويس إظهار إلكترونات التكافؤ فقط. لنتأمل بناء لويس لجزئ الماء



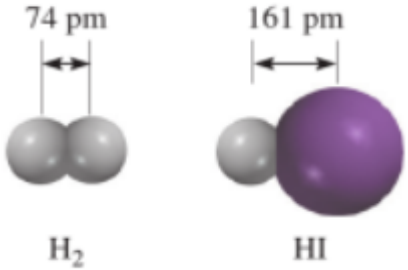
- لاحظ في في جزيئات F_2 و H_2O، توصلت ذرات F و O إلى تركيبة الغاز النبيل المستقرة بتقاسم الإلكترونات. إن في تكون هذه الجزيئات توضيح لقاعدة الثمانيات التي وضعها لويس.

- قاعدة الثمانيات تنص على أنه **تميل الذرات (باستثناء الهيدروجين) إلى تكوين روابط حتى تصبح محاطة بثمانية إلكترونات تكافئيه**

- إن الذرات قادرة على تكوين أنواع مختلفة من الروابط التساهمية؛ ففي الرابطة المفردة تتماسك ذرتان معًا عن طريق مزدوج إلكتروني واحد، وتتماسك كثير من المركبات **بروابط مضاعفة**، أي **الروابط التي تنشأ عندما تتقاسم ذرتان اثنتان او أكثر من المزدوجات الإلكترونية**



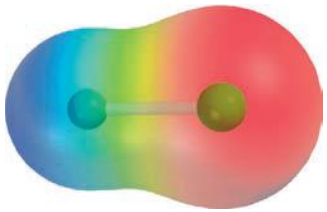
- فعندما تتشارك ذرتان باثنين من المزدوجات الإلكترونية، فإن الرابطة التساهمية تعرف بالرابطة المزدوجة وتنشأ الرابطة الثلاثية عندما تتشارك ذرتان بثلاثة من مزدوجات الالكترونات.



- إن الروابط المضاعفة هي أقل طولاً من الروابط التساهمية المفردة. ويعرف طول الرابطة بأنه المسافة بين نواتي ذرتين مرتبطتين برابطة تساهمية في جزيء

السالبية الكهربية

- في الرابطة التساهمية لجزيء HF، لا تتقاسم ذرتا H و F الإلكترونات في الرابطة بشكل متساو، لأنهما مختلفان



تسمى الرابطة في HF الرابطة التساهمية المستقطبة، أو ببساطة **رابطة قطبية**؛ لأن الإلكترونات الرابطة تقضي وقتا أطول وهي قريبة من إحدى الذرتين (F) أكثر من الذرة الأخرى (H). وتكون الكثافة الكترونية أعلى نسبيًا بجوار ذرة الفلور منها بجوار ذرة الهيدروجين.

السالبية الكهربية وهي قدرة الذرة على جذب إلكترونات الرابطة الكيميائية نحو نفسها

- **تتزايد السالبية الكهربية، بشكل عام، من اليسار إلى اليمين ضمن الدورة في الجدول الدوري .وتتناقص السالبية الكهربية ضمن كل مجموعة مع ازدياد العدد الذري (من أعلى الى أسفل)**

زيادة السالبية الكهربية

Increasing electronegativity

زيادة السالبية الكهربية

Increasing electronegativity

1A												3A	4A	5A	6A	7A	8A
H 2.1	2A																
Li 1.0	Be 1.5											B 2.0	C 2.5	N 3.0	O 3.5	F 4.0	
Na 0.9	Mg 1.2	3B	4B	5B	6B	7B	8B			1B	2B	Al 1.5	Si 1.8	P 2.1	S 2.5	Cl 3.0	
K 0.8	Ca 1.0	Sc 1.3	Ti 1.5	V 1.6	Cr 1.6	Mn 1.5	Fe 1.8	Co 1.9	Ni 1.9	Cu 1.9	Zn 1.6	Ga 1.6	Ge 1.8	As 2.0	Se 2.4	Br 2.8	Kr 3.0
Rb 0.8	Sr 1.0	Y 1.2	Zr 1.4	Nb 1.6	Mo 1.8	Tc 1.9	Ru 2.2	Rh 2.2	Pd 2.2	Ag 1.9	Cd 1.7	In 1.7	Sn 1.8	Sb 1.9	Te 2.1	I 2.5	Xe 2.6
Cs 0.7	Ba 0.9	La-Lu 1.0-1.2	Hf 1.3	Ta 1.5	W 1.7	Re 1.9	Os 2.2	Ir 2.2	Pt 2.2	Au 2.4	Hg 1.9	Tl 1.8	Pb 1.9	Bi 1.9	Po 2.0	At 2.2	
Fr 0.7	Ra 0.9																

- لاحظ أن المعادن الانتقالية لا تساير هذه الميول. توجد العناصر الأعلى سالبية كهربية (الهالوجينات، والأكسجين، والنيتروجين، والكبريت) في الزاوية اليمنى العليا من الجدول الدوري. وتتجمّع العناصر الأقل سالبية كهربية (المعادن القلوية، والقلوية الترابية) قرب الزاوية اليسرى السفلى.

- **اعتمادا على قيم السالبية الكهربية للعناصر يمكننا تحديد نوع الرابطة بين ذرات هذه العناصر**

(١) تميل ذرات العناصر **ذات الاختلاف الكبير في السالبية الكهربية** (فارق السالبية الكهربية بين الذرتين المرتبطتين **2.0** أو أكثر) **إلى تكوين روابط أيونية** كالموجودة في NaCl، و CaO مع بعضها

(٢) تميل ذرات العناصر ذات **سالبية كهربية متقاربة إلى تكوين روابط تساهمية قطبية مع بعضها**؛ لأن الإزاحة للكثافة الإلكترونية تكون قليلة عادة (تضم معظم الروابط التساهمية عناصر لامعدنية)

(٣) ذرات العنصر نفسه فقط هي التي يمكن أن ترتبط برابطة تساهمية خالصة، حيث إن لها السالبية الكهربية نفسها

مثـــــال 2.6: صنف الروابط الأتية الى: أيونية، أو تساهمية قطبية، أو تساهمية

(أ) الرابطة في HCl. (ب) الرابطة في KF. (جـ) الرابطة CC في H_3CCH_3

الحـــــل:

أ) فارق السالبية الكهربية بين H و Cl هو 0.9 أقل من 2.0. لذلك، فإن الرابطة هي **رابطة تساهمية قطبية.**

ب) فارق السالبية الكهربية بين F و K هو 3.2 أكبر من 2.0. لذلك، فإن الرابطة بين F و K هي **رابطة أيونية.**

ج) ذرتي الكربون متماثلتان. لذلك، فإن الرابطة بينما هي **رابطة تساهمية خالصة.**

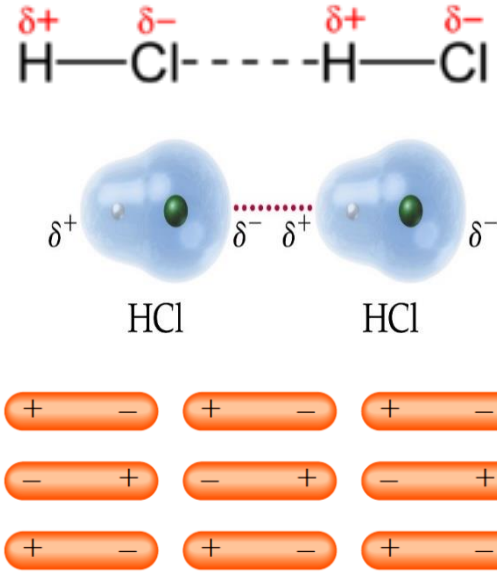
تمرين تطبيقي: صنف الروابط الأتية الى: أيونية، أو تساهمية قطبية، أو تساهمية

الرابطة في CsCl. (ب) الرابطة في H_2S. (جـ) الرابطة NN في H_2NNH_2

قوى الجزيئات البينية

- **قوى الجزيئات البينية** هى **قوى التجاذب بين الجزيئات**. تختلف الروابط الكيميائية (قوى الترابط بين الذرات فى الجزئ الواحد) وبين الترابط بين الجزيئات فالروابط الكيميائية ، روابط قوية تتّكون داخل الجزيء ، أمّا الترابط بين الجزيئات فهو ترابط ضعيف يحدث خارج الجزيء

(1) قوى ثنائي القطب-ثنائي القطب (Dipole-Dipole Forces)



- **هى قوى التجاذب الموجودة بين الجزيئات القطبية مع بعضها البعض**، أى بين الجزيئات التى تحمل عزما قطبيا وكلما زاد العزم القطبى زادت قيمة هذه القوة.

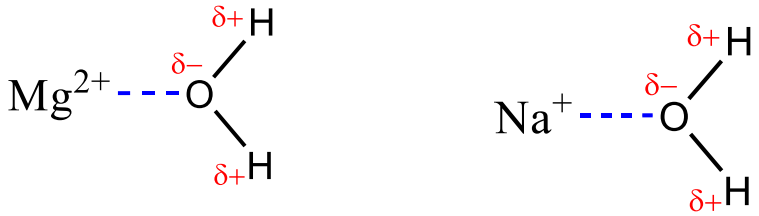
مثال: التجاذب بين جزئيين من HCl

تنجذب الجزيئات مع بعضها البعض بواسطة الشحنات الجزيئية السالبة والموجبة

(2) قوى الأيون-ثنائي القطب (Ion-Dipole Forces)

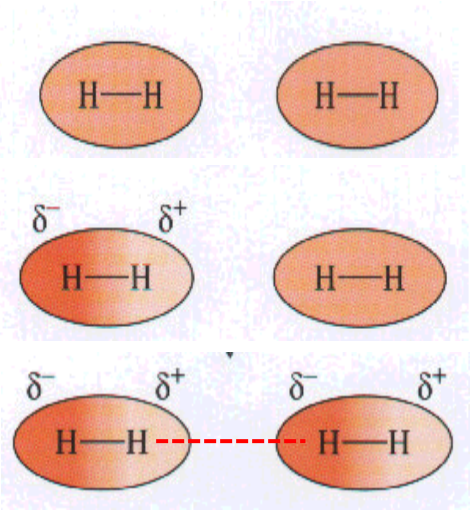
- **قوى التجاذب بين الأيون (سالبا أو موجبا) والجزئ القطبى**. تعتمد قوة التجاذب على **شحنة الأيون وحجمة، وقيمة العزم القطبى و حجم الجزئ**.

مثال: تجاذب كل من أيونات Na^+ و Mg^{2+} مع جزيئات الماء في المحاليل المائي



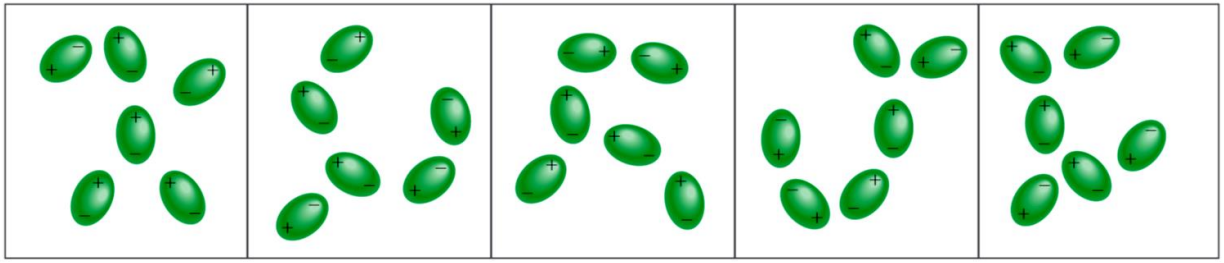
(3) قوى التشتت (Dispersion Forces)

- **قوى التشتت هى قوى تجاذب تنشأ بين الذرات والجزيئات غير القطبية نتيجة العزم القطبى المستحث (الأستقطاب، عدم انتظام توزيع الألكترونات للذرة أو الجزئ غير القطبى) على درجات الحرارة المنخفضة**.



مثال: التجاذب بين ذرات الهليوم (He) أو جزئيات النيتروجين (N_2)

قوى التشتت هي قوى ضعيفة ناتجة عن تغيير كثافة الإلكترونات في السحابة الإلكترونية.



- **تزداد قوى التشتت والتى تعرف بقوى لندن بزيادة الكتلة المولية** حيث تزيد عدد الألكترونات. أى أن قوى التشتت تزداد بزيادة الألكترونات وعلاوة على ذلك فأن زيادة الكتلة المولية تعنى زيادة **حجم الذرة** وهذا يعنى سهولة الأستقطاب للذرة.

- **درجة غليان CH_3F (–78.4 ° C) والمركب CCl_4 (76.5 ° C) على الرغم من أن CH_3F جزئ قطبى و CCl_4 غير قطبى.** يغلى CCl_4 عند درجة حرارة أعلى بسبب وجود الكترونات اكثر بكثير من الجزئ CH_3F وهنا فان قيمة قوى التشتت اكبر بكثير من قوى قوى الأيون-ثنائي القطب الموجودة فى CH_3F.

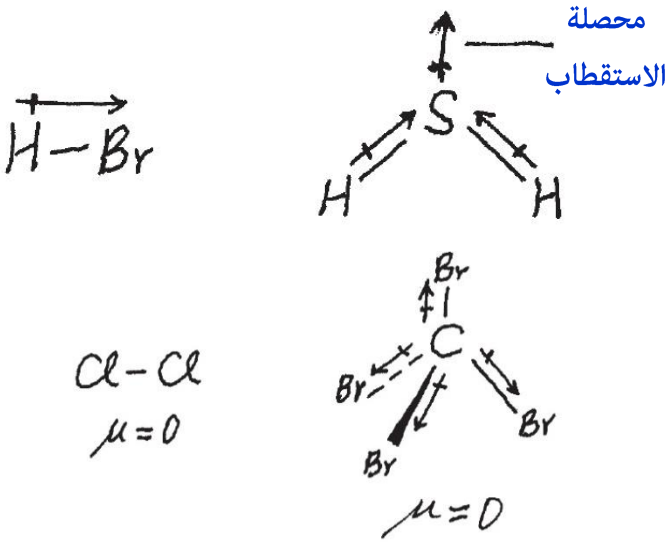
مثـــــال 3.6: ما نوع قوى الجزيئات البينية في المواد الأتية:

NO_3^- في الماء – CBr_4 –Cl_2 –H_2S –HBr

الحـــــل:

HBr و **H_2S** مركبان قطبيان. لذلك،

قوى الجزيئات البينية عبارة عن ثنائي القطب-ثنائي القطب.



بالنسبة للجزيئات **Cl_2** و**CBr_4** فهما غير قطبيان.

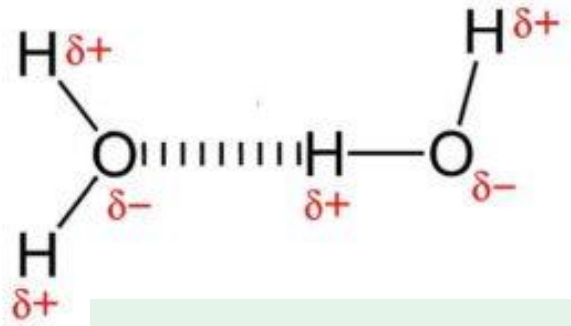
لذلك، قوى التجاذب عبارة عن قوى التشتت.

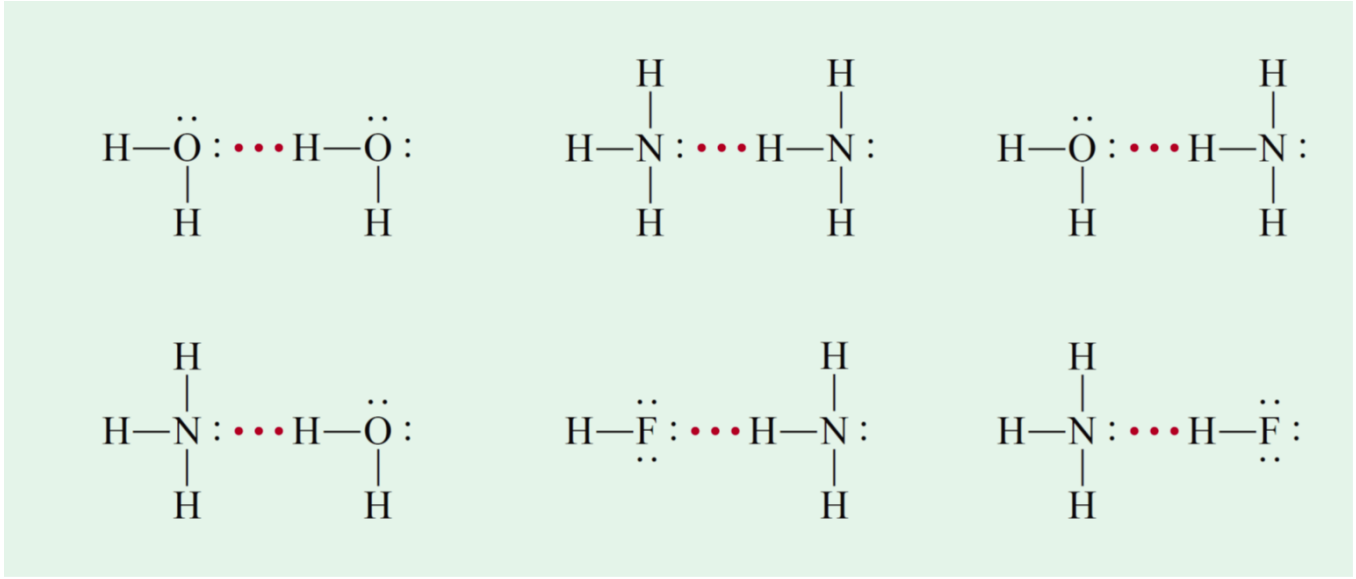
تمرين تطبيقي: اذكر نوع قوى الجزيئات البينية في المواد الأتية:

Ca^{2+} في الماء – SO_2– C_6H_6 –CH_4 –LiF

(4) الرابطة الهيدروجنية (Hydrogen bond)

الرابطة الهيدروجينية نوع خاص من الجذب ثنائي القطب وتحِدُث عندما تتواجد ذرة هيدروجين مرتبطة بذرة ذات سالبية كهربية عالية مثل: النتيروجين (N)، الأكسجين (O) ،الفلور(F) .

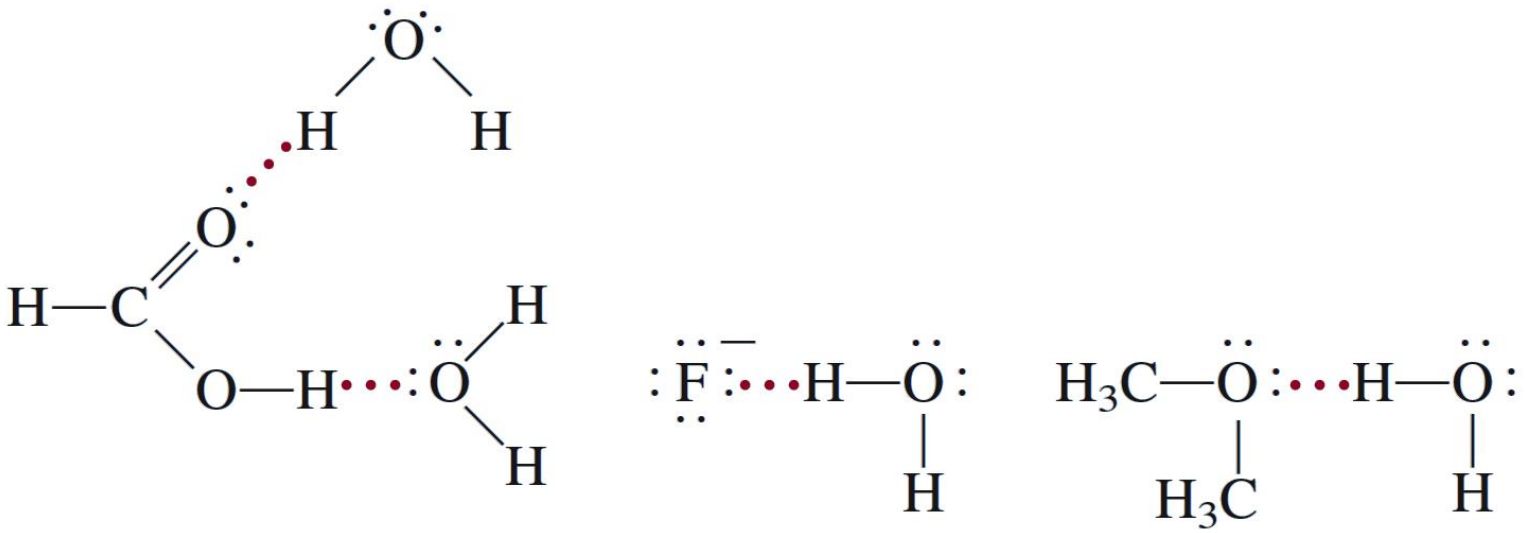




مثـــــال 4.6: أي من المركبات الأتية ممكن أن يكون رابطة هيدروجينية مع الماء؟

CH_3OCH_3, CH_4, F^-, HCOOH, Na^+

الحـــــل: لا يمكن أن يكون أي من CH_4 و Na^+ رابطة هيدروجينية مع الماء. ولكن قد يكون كل من CH_3OCH_3 و F^- و HCOOH رابطة هيدروجينية مع الماء.

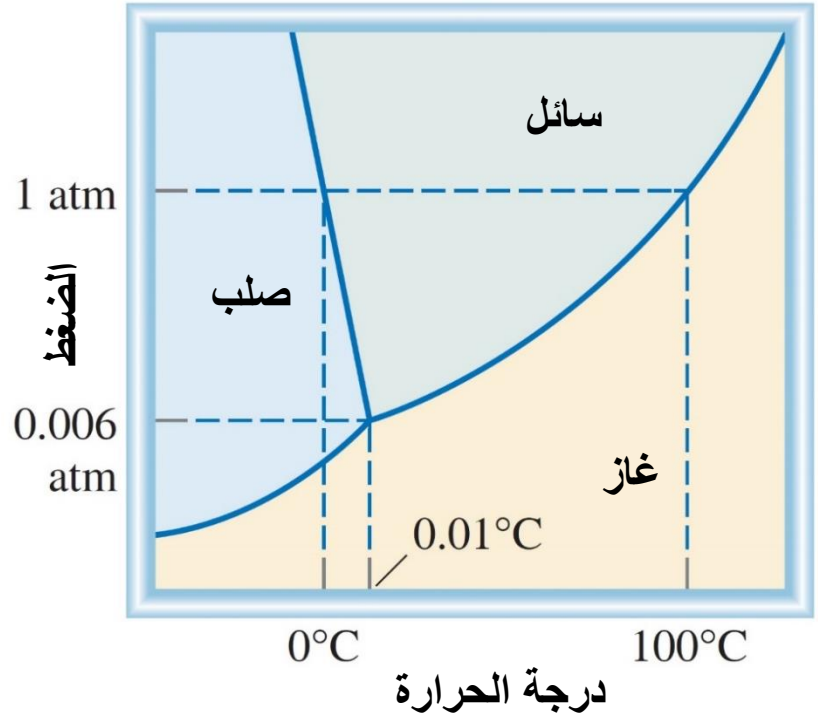


تمرين تطبيقي: أي من المركبات الأتية ممكن أن يكون رابطة هيدروجينية مع نفسه: CH_3OH, C_6H_6, H_2S

❑ مخططات الطور

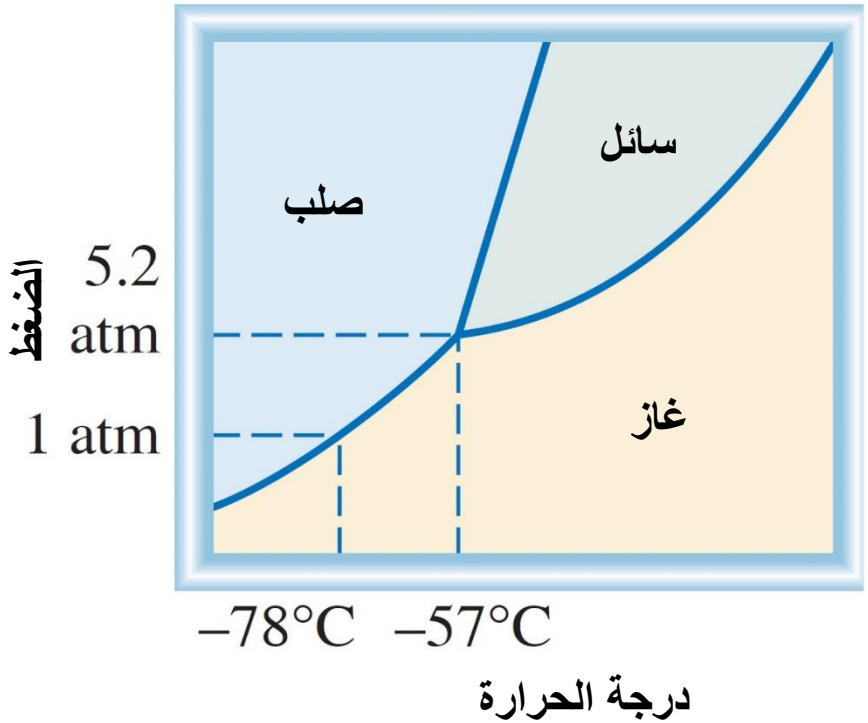
المخطط الطوري رسم بيانى يمثل العلاقة بين الضغط ودرجة الحرارة لحالات المادة الثلاث ، الصلبة والسائلة والغازية.

❑ المخطط الطوري للماء



- ينقسم المخطط إلى **ثلاث مناطق** ، كل منها يمثل حالة نقية من حالات المادة.
- يشير **الخط الذي يفصل بين أي منطقتين** إلى الظروف التي يمكن أن تتواجد فيها هاتان الحالتان في حالة اتزان. فمثلا، المنحنى بين السائل والغاز يوضح تغير الضغط البخاري مع درجة الحرارة.
- لاحظ أن **ميل الخط الفاصل بين الصلب والسائل سالب**.
- تلتقى المنحنيات الثلاثة جميعها فى نقطة واحدة تسمى **النقطة الثلاثية**. بالنسبة للمياه، هذه النقطة هي عند $0.01^{\circ}C$ و 0.006 atm . **وهي درجة الحرارة الوحيدة والضغط الوحيد الذى يوجد فية الأطور الثلاث فى اتزان معا.**

❑ المخطط الطوري لثانى أكسيد الكربون



- يشبه مخطط الطور لثاني أكسيد الكربون (الشكل المقابل) المخطط الطورى للماء ، مع **وجود استثناء واحد** هو أن ميل المنحنى الذي يمثل الأتزان بين الصلب والسائل موجبًا.
- في الحقيقة ، فان هذا هو حال جميع المواد الأخرى تقريبًا. فى حين يتصرف الماء بشكل مختلف **لأن الثلج أقل كثافة من الماء السائل**.
- **النقطة الثلاثية** لثاني أكسيد الكربون توجد عند $-57\ ^{\circ}C$ و $5.2\ atm$.

- كما موضح بالشكل، **فإن حالة السائل بالكامل تقع فوق الضغط الجوي**. لذلك ، **من المستحيل أن يذوب ثاني أكسيد الكربون الصلب** عند $1\ atm$. بدلا من ذلك ، عندما يتم تسخين ثاني أكسيد الكربون الصلب إلى $-78\ ^{\circ}C$ في $1\ atm$ ، فإنه يتسامى. في الواقع ، يسمى ثاني أكسيد الكربون الصلب **بالثلج الجاف** لأنه يبدو مثل الثلج ولا يذوب. بسبب هذه الخاصية ، يكون الثلج الجاف مفيدًا كمبرد.

(١) يمكن التعبير عن الكترونات التكافؤ بنقاط وذلك باستخدام طريقة ..... النقطية

a)لويس b) بلانك c) بور d)هوند

(٢) الرابطة التي تنتج من تفاعل ذرات عنصر فلزي مع ذرات عنصر لا فلزي.....؟

a)الايونية b) التساهمية c) الهيدروجينية d)تناسقية

(٣) اذا كانت الرابطة التساهمية بين ذرتين الفرق في السالبية الكهربية بينهما = 0.3 تكون الرابطة .....؟

a)تساهمية خالصة b) تساهمية قطبية c) ايونية d)تناسقية

(٤) قوى ثنائي القطب-ثنائي القطب هي قوي تجاذب تنشأ بين.....

a)الجزيئات القطبية b) الجزيئات غير القطبية c) الايونات الموجبة d)الغازات النبيلة

(٥) وضح نوع القوى الجزيئية البينية الموجودة في البنزين (C_6H_6) ؟

a)قوى التشتت b) الرابطة الهيدروجينية c) ثنائي القطب-ثنائي القطب d)الأيون-ثنائي القطب

(٦) أي من المركبات الأتية تكون قوى التجاذب بين جزيئاته من النوع ثنائي القطب ثنائي القطب؟

a) I_2 b) CH_4 c) HBr d) C_6H_6

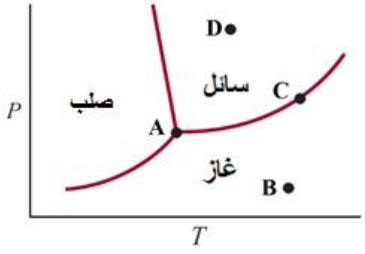
(٧) وضح نوع القوى الجزيئية البينية الموجودة بين أيونات NO_3^- والماء (H_2O) ؟

a)قوى التشتت b) الرابطة الهيدروجينية c) ثنائي القطب-ثنائي القطب d)الأيون-ثنائي القطب

(٨) وضح نوع القوى الجزيئية البينية الموجودة في الماء (H_2O)؟

a)قوى التشتت b) الرابطة الهيدروجينية c) ثنائي القطب-ثنائي القطب d)الأيون-ثنائي القطب

(٩) وفقًا لمخطط الطور المعطى للماء، النقطة A تعبر عن .....؟



a)الماء فى الحالة الصلبة النقية. b) حالة اتزان بين الحالة الصلبة والغازية للماء

c) حالة اتزان بين الحالة الغازية والسائلة للماء d)وجود الأطوار الثلاث للماء في حالة اتزان معا

الفصل السابع

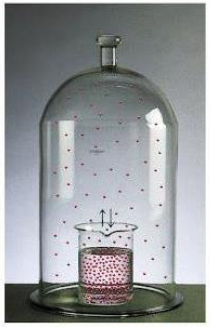
الاتزان الكيميائى

- ## مفهوم الأتزان

يسير القليل من التفاعلات الكيميائية في اتجاه واحد (**غير معكوسة**)، ولكن معظمها يسير في اتجاهين (الأمامي والعكسي، **معكوسة**).

$$CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O \qquad N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$$

- في التفاعلات المعكوسة، يتجه التفاعل في البداية لتكوين المواد الناتجة، وما أن تبدأ هذه المواد بالتكوّن، حتى يبدأ التفاعل العكسي وهو تكوين المواد المتفاعلة مرة اخرى، ويستمر التفاعل حتى **تتساوى سرعة التفاعل الأمامي مع سرعة التفاعل المعكوس وعندها تبقى تراكيز المواد المتفاعلة والناتجة ثابتة مع مرور الزمن**، وهنا يكون التفاعل **بحالة اتزان كيميائي**
- يمكن تصنيف الاتزان الي كيميائي وفيزيائي:



أ- الاتزان الفيزيائي: الاتزان بين **الحالات الفزيائية للمادة نفسها** **مثل:** تبخر الماء فى وعاء مغلق على درجة حرارة معينة.

$$H_2O\,(l) \rightleftharpoons H_2O\,(g)$$

ب- الاتزان الكيميائي يحتوي على **مزيج من المواد المتفاعلة والمواد الناتجة** **مثل:** التفاعل المعكوس الذي يحتوي على ثاني أكسيد النيتروجين NO_2 ورباعي اكسيد ثنائي النيتروجين N_2O_4.

$$N_2O_4\,(g) \rightleftharpoons 2NO_2\,(g)$$

عديم اللون — **بنى غامق**

و**بالتجربة** ، نجد أننا نستطيع الوصول الى حالة الأتزان هذه اذا بدأنا بغاز NO_2 النقى أو بمخلوط من NO_2 وN_2O_4 وفى كل حالة ستلاحظ تغير اللون بسبب تكون NO_2 (أذا ازدادت درجة اللون) أو نضوب NO_2 (اذا تلاشى اللون) حتى يثبت لون ولا يتغير.

- يمكن تصنيف الاتزان الكيميائي الي اتزان متجانس وغير متجانس:

أ- **الاتزان المتجانس :** يطلق **على التفاعل المعكوس الذي تكون فيه المواد المتفاعلة والناتجة جميعها بالطور نفسه.**

مثل: تحلل غاز N_2O_4 مثالاً على اتزان متجانس غازي.

$$N_2O_4\,(g) \rightleftharpoons 2NO_2\,(g)$$

مثال اخر على **الاتزان المتجانس**، تأين حمض الأسيتيك (CH_3COOH) في الماء

$$CH_3COOH\,(aq) + H_2O\,(l) \rightleftharpoons CH_3COO^-\,(aq) + H_3O^+\,(aq)$$

ب- الاتزان غير المتجانس: يطلق **على التفاعل المعكوس الذي يحتوي على مواد متفاعلة وناتجة في أطوار مختلفة**

مثل: تسخين كربونات الكالسيوم في وعاء مغلق

$$CaCO_3\,(s) \rightleftharpoons CaO\,(s) + CO_2\,(g)$$

- **ثابت الأتزان**

لكل تفاعل معكوس نسبة حسابية محددة بين تراكيز المواد الناتجة والمتفاعلة عند الاتزان التي لها قيمة ثابتة وتسمى **ثابت الاتزان (K)** وبشكل عام، على **أي تفاعل المعكوس**

$$aA + bB \rightleftharpoons cC + dD$$

فإن **ثابت الاتزان (K)** عند درجة حرارة ثابتة يساوى

$$K = \frac{[C]^c[D]^d}{[A]^a[B]^b}$$

- هذه المعادلة شكل حسابي لـ **قانون فعل الكتلة**، عند ثبوت درجة الحرارة فإن العلاقة بين تراكيز المواد المتفاعلة والمواد الناتجة لتفاعل معكوس عند الاتزان يساوى مقدار ثابت يسمى ثابت الاتزان (K).

- ويُعَرّف **ثابت الاتزان** (K) بأنه **عبارة عن حاصل القسمة، البسط هو حاصل ضرب تراكيز المواد الناتجة، وكل منها مرفوع لقوة تساوي الرقم التكافئي الموجود في المعادلة الموزونة مقسوما على حاصل ضرب تراكيز المواد المتفاعلة مرفوعا كلا منها لقوة تساوى الرقم التكافئي الموجودة في المعادلة الموزونة**.

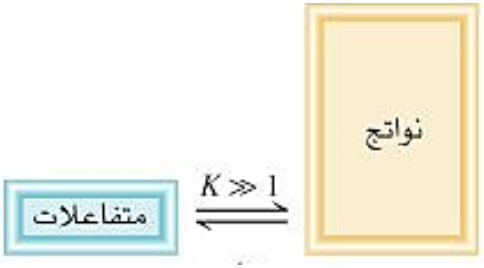
مثال: ثابت الاتزان لتحلل غاز N_2O_4

$$N_2O_4\,(g) \rightleftharpoons 2NO_2\,(g)$$

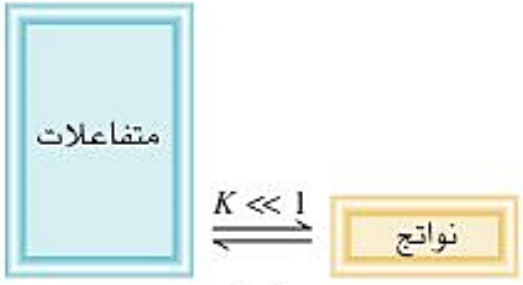
$$K = \frac{[NO_2]^2}{[N_2O_4]}$$

لاحظ

(أ) إذا كان ثابت الاتزان **أكبر بكثير** من **1** ($1 \ll K$) فإن الاتزان سيميل إلى يمين الأسهم، ويفضل **المواد الناتجة** .



(ب) إذا كان ثابت الاتزان **أقل بكثير** من **1** ($K \ll 1$)فإن الاتزان سيميل إلى اليسار، ويفضل **المواد المتفاعلة**.



- **طرق التعبير عن ثوابت الأتزان**

- يتم التعبير عن ثابت الاتزان بدلالة **تراكيز المواد المتفاعلة والناتجة** كما مبين من قانون فعل الكتلة.

$$N_2O_4\,(g) \rightleftharpoons 2NO_2\,(g) \qquad K_c = \frac{[NO_2]^2}{[N_2O_4]}$$

لاحظ أن K_c تعني أنه تم التعبير عن التراكيز **بالمول لكل لتر** ويكتب على هيئة قوس مربع [ ]

- وبالنسبة إلى **الحالة الغازية**، فإن التعبير عن التراكيز للمواد المتفاعلة والناتجة يكون **بالضغوط الجزئية**. ومن معادلة الغاز المثالي، فإنه عند ثبوت درجة الحرارة فإن الضغط (P) يتناسب طرديا مع التركيز بالمول لكل لتر (n/V) للغاز، أي إن RT (**n/V**)= **P**. آذن، للاتزان الآتي:

$$N_2O_4\,(g) \rightleftharpoons 2NO_2\,(g)$$

يمكننا أن نكتب

$$K_P = \frac{P^2_{NO_2}}{P_{N_2O_4}}$$

- في هذه المعادلة، P_{NO_2} و $P_{N_2O_4}$ هما ضغطان جزئيان عند الاتزان (بالاتموسفير) لكل من NO_2، و N_2O_4 على التوالي. ويعني K_P أن التعبير عن التراكيز يكون **بالضغوط** (P).

- وعمومًا، K_c **لا يساوي** K_P لأن الضغوط الجزئية للمواد المتفاعلة والناتجة لا تساوي تراكيزها التي يتم التعبير عنها بالمول لكل لتر.

- **ملخص قواعد كتابة قوانين تعابير ثابت الاتزان**

(1) يتم التعبير عن تراكيز المواد المتفاعلة والناتجة، وهي في **الطور المكثف (*aq*)** بالمول لكل لتر [ ] ؛ وفي **الحالة الغازية** يتم التعبير عن التركيز بالمول لكل لتر [ ] أو بالأتموسفير P.

(2) لا تظهر تراكيز المواد الصلبة النقية (s) والسوائل النقية (*l*) (في الاتزان غير المتجانس)، أو السوائل (في الاتزان المتجانس) في مصطلحات ثابت الاتزان. حيث أن **النشاط للمادة الصلبة النقية (solid, *s*) والسائل النقي (liquid, *l*) يساوى 1. إذن، إذا وجد في المواد المتفاعلة أو الناتجة مواد صلبة أو سائلة، فإننا نستطيع حذفها من مصطلح ثابت الاتزان**، مثل:

$$CH_3COOH\,(aq) + H_2O\,(l) \rightleftharpoons CH_3COO^-\,(aq) + H_3O^+\,(aq)$$

$$K_c = \frac{[CH_3COO^-][H_3O^+]}{[CH_3COOH]}$$

$$CaCO_3\,(s) \rightleftharpoons CaO\,(s) + CO_2\,(g)$$

$$K_c = [CO_2] \qquad K_P = P_{CO_2}$$

(3) لا توجد وحدات لثوابت الاتزان K_p او K_c حيث أن ثابت الاتزان يعرف بمصطلح النشاط أكثر من التركيز. للنموذج المثالي، نشاط أي مادة عبارة عن النسبة بين التركيز (أو الضغط الجزئى) الى القيمة القياسية التي تساوى 1 M (أو 1 atm). هذه الطريقة تلغى الوحدات جميعها، ولكنها لا تغير قيمة التركيز أو الضغط.

(4) عند كتابة قيمة ثابت الاتزان، يجب أن نحدد كلا من المعادلة الموزونة ودرجة الحرارة.

مثـــــال 1.7: اكتب K_c و K_P للتفاعلات المعكوسة الأتية جميعها عند الاتزان إذا كان ممكنا.

(أ) $HF\,(aq) + H_2O\,(l) \rightleftharpoons H_3O^+\,(aq) + F^-\,(aq)$

$$K_c = \frac{[H_3O^+][F^-]}{[HF]}$$

(ب) $2NO\,(g) + O_2\,(g) \rightleftharpoons 2\,NO_2\,(g)$

$$K_c = \frac{[NO_2]^2}{[NO]^2[O_2]} \quad , \quad K_P = \frac{P_{NO_2}^2}{P_{NO}^2 P_{O_2}}$$

(جـ) $CH_3COOH\,(aq) + C_2H_5OH\,(aq) \rightleftharpoons CH_3COOC_2H_5\,(aq) + H_2O\,(l)$

$$K_c = \frac{[CH_3COOC_2H_5]}{[CH_3COOH][C_2H_5OH]}$$

تمرين تطبيقي: اكتب K_c و K_P لتحلل خامس أكسيد النيتروجين؟

$2N_2O_5\,(g) \rightleftharpoons 4NO_2\,(g) + O_2\,(g)$

مثـــــال 2.7: ثابت الاتزان K_P لتحلل خامس كلوريد الفوسفور الى ثالث كلوريد الفوسفور وجزئ الكلور

$$PCl_5\,(g) \rightleftharpoons PCl_3\,(g) + Cl_2\,(g)$$

يساوى 1.05 عند 250 °C. فإذا كانت الضغوط الجزئية عند الاتزان لكل من PCl_5 و PCl_3 تساوى 0.875 atm و 0.463 atm على التوالي. احسب الضغط الجزئي لغاز Cl_2 عند الاتزان عند 250 °C .

الحـــــل:

$$K_P = \frac{P_{PCl_3} P_{Cl_2}}{P_{PCl_5}}$$

$$1.05 = \frac{(0.463)(P_{Cl_2})}{(0.875)} \quad \Rightarrow \quad P_{Cl_2} = \frac{(1.05)(0.875)}{(0.463)} = 1.98\ atm$$

تمرين تطبيقي: ثابت الاتزان K_P للتفاعل

$$2\,NO_2\,(g) \rightleftharpoons 2NO\,(g) + O_2\,(g)$$

يساوى 158 عند 1000 K. احسب P_{O_2} إذا كان $P_{NO_2} = 0.400\ atm$ و $P_{NO} = 0.270\ atm$

- ## العلاقة بين K_P و K_c

ترتبط K_c و K_P بالعلاقة الاتية

$$K_P = K_c(RT)^{\Delta n}$$

حيث أن Δn، الفرق في عدد المولات بين المواد الناتجة والمواد المتفاعلة

Δn = عدد مولات الغاز في المواد الناتجة – عدد مولات الغاز في المواد المتفاعلة

ولأنه يتم التعبير عن الضغط بالأتموسفير، فإن ثابت الغاز R= 0.0821 L.atm/K.mol

مثـــــال 3.7: يتم تصنيع الميثانول (CH_3OH) كما في التفاعل الاتي:

$$CO\,(g) + 2H_2\,(g) \rightleftharpoons CH_3OH\,(g)$$

ثابت الاتزان (K_c) للتفاعل يساوى 10.5 عند 220 °C. احسب قيمة K_P عند درجة الحرارة نفسها

الحـــــل:

$$\Delta n = 1 - 3 = -2$$

$$T = 220 + 273 = 493\ K$$

$$K_P = K_c(RT)^{\Delta n}$$

$$K_P = 10.5(0.0821\ x\ 493)^{-2} = 6.41\ x\ 10^{-3}$$

تمرين تطبيقي: للتفاعل الاتي

$$N_2\,(g) + 3H_2\,(g) \rightleftharpoons 2NH_3\,(g)$$

K_P يساوى $4.3\ x\ 10^{-4}$ عند 375 °C. احسب K_c للتفاعل. (الإجابة: K_C= 1.22)

مثـــــال 4.7: انظر الى الاتزان غير المتجانس الاتي:

$$CaCO_3\,(s) \rightleftharpoons CaO\,(s) + CO_2\,(g)$$

عند 800 °C، فإن ضغط CO_2 يساوى 0.236 atm. احسب (أ) K_P (ب) K_c عند درجة الحرارة هذه.

الحـــــل:

أ- $K_P = P_{CO_2} = 0.236$

ب- $K_P = K_c(RT)^{\Delta n}$

$\Delta n = 1 - 0 = 1$

$T = 800 + 273 = 1073\ K$

$$0.236 = K_c(0.0821\ x\ 1073)^1$$

$$K_c = \frac{0.236}{(0.0821\ x\ 1073)} = 2.68\ x\ 10^{-3}$$

تمرين تطبيقي: انظر الى الاتزان الاتي عند 395 K

$$NH_4HS\,(s) \rightleftharpoons NH_3\,(g) + H_2S\,(g)$$

الضغط الجزئي لكل غاز يساوى 0.265 atm. احسب K_P و K_c.

- **ماذا يخبرنا ثابت الاتزان**

تساعدنا قيمة ثابت الاتزان في **توقع اتجاه تفاعل المواد للوصول الى حالة الاتزان**، **وحساب تراكيز المواد المتفاعلة والناتجة من الاتزان**.

- **توقع اتجاه التفاعل**

يتم بحساب **ناتج قسمة التفاعل**، (Q_c ,Reaction quotient) عن **طريق التعويض بالتراكيز الابتدائية للتفاعل في معادلة ثابت الاتزان**. ولتعيين اتجاه التفاعل للوصول الى حالة الاتزان، **نقارن بين قيمة** Q_c و K_c وهناك ثلاثة احتمالات :

أ- $Q_c < K_c$ ⇐ **يتجه التفاعل من اليسار إلى اليمين** (استهلاك المواد المتفاعلة، تكوين المواد الناتجة) للوصول إلى حالة الاتزان.

ب- $Q_c = K_c$ ⇐ **فالتفاعل عند الاتزان** (التراكيز الابتدائية تكون تراكيز الاتزان).

ج- $Q_c > K_c$ ⇐ **يسير التفاعل من اليمين إلى اليسار** (استهلاك المواد الناتجة، وتكوين المواد المتفاعلة) للوصول إلى حالة الاتزان.

فمثلا: ثابت الاتزان للتفاعل الاتي يساوي K_c=54.3، عند 430 °C

$$H_2\,(g) + I_2\,(g) \rightleftharpoons 2HI\,(g)$$

افترض أنه في تجربة معينة تم وضع 0.243 مول من H_2، و 0.146 مول من I_2 و 1.98 مول من HI في وعاء حجمه 1.00 لتر عند 430 °C. **هل هناك تفاعل يؤدي إلى تكوين H_2، I_2، أو الاتجاه لتكوين HI؟**

$$\text{التركيز} = \frac{\text{عدد المولات}}{\text{حجم المحلول باللتر}}$$

وبما أن حجم المحلول يساوى 1 L، فإن التركيز يساوى عدد المولات. نحسب قيمة ناتج قسمة التفاعل ($\mathbf{Q_c}$) حيث نعوض بهذه الأرقام بوصفها تراكيز ابتدائية في معادلة ثابت الاتزان والرمز **0** يعني تراكيز ابتدائية:

$$\mathbf{Q_c} = \frac{[HI]_0^{\,2}}{[H_2]_0[I_2]_0} = \frac{(1.98)^2}{(0.243)(0.146)} = \mathbf{111}$$

نلاحظ أن $\mathbf{Q_c} > \mathbf{K_c}$، لذلك فإن التفاعل **لا يكون في حالة اتزان**. ومن ثم، فإن قليلاً من HIسيتفاعل ليكون H_2،I_2 ما يقلل **ناتج قسمة التفاعل**. إذن، **يتجه التفاعل الكلي من اليمين إلى اليسار ليصل إلى حالة الاتزان**.

مثـــــال 5.7: عند بداية التفاعل، كـان هناك 0.249مـول من N_2، و $3.21\ x\ 10^{-2}$ مول من H_2 و $6.42\ x\ 10^{-4}$ مول من NH_3 في وعاء حجمه 3.50 L عند 375 °C. إذا كان ثابت الاتزان (K_c) للتفاعل

$$N_2\,(g) + 3H_2\,(g) \rightleftharpoons 2NH_3\,(g)$$

يساوى 1.2 عند درجة الحرارة هذه، هل هذا التفاعل في حالة اتزان؟ إذا كانت الإجابة لا، توقع اتجاه سير التفاعل؟

الحـــــل:

$$\text{التركيز} = \frac{\text{عدد المولات}}{\text{الحجم باللتر}}$$

$$[N_2]_0 = \frac{0.249}{3.50} = 0.0711\ M \qquad [H_2]_0 = \frac{3.21\ x\ 10^{-2}}{3.5} = 9.17\ x\ 10^{-3}\ \ M$$

$$[NH_3]_0 = \frac{6.42\ x\ 10^{-4}}{3.5} = 1.83\ x\ 10^{-4}\ \ M$$

$$Q_c = \frac{[NH_3]_0^{\,2}}{[N_2]_0[H_2]_0^{\,3}} = \frac{(1.83\ x\ 10^{-4})^2}{(0.0711)(9.17\ x\ 10^{-3})^3} = \mathbf{0.611}$$

لأن $Q_c < K_c$، إذن فالتفاعل **ليس في حالة اتزان**. ومن ثم، فإن قليلاً من N_2 وH_2 سيتفاعلان ليكونا NH_3 ما يزيد قيمة **ناتج قسمة التفاعل**. إذن، **يتجه التفاعل الكلي من اليسار إلى اليمين ليصل إلى حالة الاتزان.**

تمرين تطبيقي: ثابت الاتزان (K_p) عند 430 °C للتفاعل

$$2NO\,(g) + O_2\,(g) \rightleftharpoons 2\,NO_2\,(g)$$

يساوى $1.5\ x\ 10^5$. في احدى التجارب، كانت الضغوط الابتدائية لكل من NO و O_2 و NO_2 تساوى $2.1x\ 10^{-3}$ atm و $1.1\ x\ 10^{-2}$ atm و 0.14 atm على التوالي. احسب Q_p وتوقع اتجاه التفاعل للوصول الى حالة الاتزان.

- **العوامل التي تؤثر في الاتزان الكيميائي**

يمثل الاتزان الكيميائي حالة من التوازن بين كل من التفاعلات الأمامية والمعكوسة. وفي معظم الحالات، فإن هذا التوازن حساس جدًا، وقد **يؤثر أي تغير يطرأ على ظروف التجارب في هذا التوازن ما يؤدي إلى تغيير اتجاه الاتزان نحو زيادة الكميات الناتجة أو نقصانها**. إن المتغيرات التجريبية الاتية التي يمكن التحكم فيها هي: التركيز، والضغط، والحجم، ودرجة الحرارة.

قاعدة لوشاتلييه

إذا طبق إجهاد خارجي على تفاعل في حالة اتزان، فإن هذا التفاعل سيعدل نفسه بطريقة تلغي تأثير هذا الإجهاد جزئيا في طريقه للاتزان.

وتعني كلمة **الإجهاد** التغير في التركيز، أو الضغط، أو الحجم، أو درجة الحرارة التي تبعد التفاعل عن حالة الاتزان. وسنستخدم قاعدة ليشتاليه لمعرفة تأثير هذه المتغيرات في الاتزان.

أ- التغيرات في التراكيز

المواد الناتجة $\rightleftharpoons$ **المواد المتفاعلة**

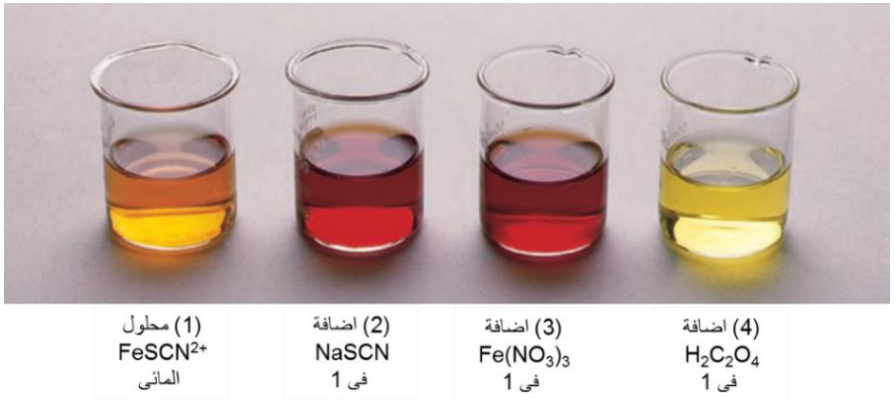
(i) زيادة تراكيز المواد الناتجة او خفض تركيز المواد المتفاعلة $\Leftarrow$ **يتجه التفاعل إلى اليسار (تكوين المواد المتفاعلة)**

(ii) زيادة تراكيز المواد المتفاعلة او خفض تركيز المواد الناتجة $\Leftarrow$ **يتجه التفاعل إلى اليمين (تكوين المواد الناتجة)**

مثال: ذوبان ثيوسيانات الحديد (III) $[Fe(SCN)_3]$ في الماء

$$FeSCN^{2+}(aq) \rightleftharpoons Fe^{3+}(aq) + SCN^{-}(aq)$$

أحمر　　أصفر　　لا لون له



- ماذا سيحدث إذا أضيف ثيوسانات الصوديوم (NaSCN) للمحلول؟

نوع الاجهاد: زيادة تركيز SCN^- (زيادة تركيز المواد الناتجة) ⇐ **يتجه التفاعل إلى اليسار (تكوين المواد المتفاعلة)**

وبالتالي سيزداد اللون الأحمر غمقًا

$$FeSCN^{2+}(aq) \longleftarrow Fe^{3+}(aq) + SCN^{-}(aq)$$

- إذا أضفنا نترات الحديد (III) $[Fe(NO_3)_3]$ للمحلول الأصلي

نوع الاجهاد: زيادة تركيز Fe^{3+} (زيادة تركيز المواد الناتجة) ⇐ **يتجه التفاعل إلى اليسار (تكوين المواد المتفاعلة)**

وبالتالي سيزداد اللون الأحمر غمقًا

$$FeSCN^{2+}(aq) \longleftarrow Fe^{3+}(aq) + SCN^{-}(aq)$$

- اذا أضفنا القليل من حمض الأوكزاليك ($H_2C_2O_4$) الى المحلول الأصلي

يتكون الأيون الأصفر المستقر $[Fe(C_2O_4)_3]^{3-}$ الذي يسحب أيونات Fe^{3+} الحرة من المحلول.

نوع الاجهاد: خفض تركيز Fe^{3+} (خفض تركيز المواد الناتجة) ⇐ **يتجه التفاعل إلى اليمين (تكوين المواد الناتجة)** وبالتالي سيتحول اللون الأحمر إلى أصفر

$$FeSCN^{2+}(aq) \longrightarrow Fe^{3+}(aq) + SCN^{-}(aq)$$

مثـــــال 7.7: **K_c عند 720 °C للتفاعل الاتي يساوى 2.37×10^{-3}.**

$$N_2\,(g) + 3H_2\,(g) \rightleftharpoons 2NH_3\,(g)$$

التراكيز عند الاتزان للمواد الأتية: $[N_2]=0.083$ M، $[H_2]= 8.80$ M، $[NH_3]= 1.05$ M . افرض أنه أضيف القليل من NH_3 للتفاعل حتى ازداد تركيز $[NH_3]$ الى 3.65 M . (أ) استخدم قاعدة ليشتاليه لتتوقع كيف سيكون اتجاه التفاعل للوصول الى اتزان جديد. (ب) لتأكيد توقعك، احسب قيمة ناتج قسمة التفاعل Q_c وقارن قيمتها مع قيمة K_c.

الحـــــل: (أ) نوع الإجهاد الحاصل هنا هو زيادة تركيز النواتج (NH_3) ولرفع هذا الاجهاد، يتفكك بعض من NH_3 لينتج N_2 وH_2 ويلغي الإجهاد ويصل الى حالة اتزان جديدة. إذن، يتجه الاتزان من اليمين إلى اليسار.

(ب) عند إضافة NH_3، فإن النظام لا يكون في حالة اتزان. ناتج قسمة التفاعل (Q_c) يساوى

$$\mathbf{Q_c = \frac{[NH_3]_0{}^2}{[N_2]_0\,[H_2]_0{}^3} \quad \Rightarrow \quad Q_c = \frac{(3.65)^2}{(0.083)(8.80)^3} = 2.86\,x\,10^{-2}}$$

لأن $Q_c > K_c$، فإن **التفاعل يتجه من اليمين إلى اليسار ليصل إلى حالة الاتزان.**

تمرين تطبيقي: ثابت الاتزان (K_c) لتكوين كلوريد النيتروزيل من جزيئات الكلور وأكسيد النيتروجين

$$2NO\,(g) + Cl_2\,(g) \rightleftharpoons 2\,NOCl\,(g)$$

يساوى $6.5\,x10^4$ عند 35 °C. فى تجربة معينة، تم خلط 2.0×10^{-2}مول من NO، و 8.3 مول من Cl_2 و6.8 مول من NOCl في وعاء حجمه 2.0 L . في أي اتجاه سيسير هذا التفاعل للوصول الى حالة الاتزان

ب- التغيرات في الضغط والحجم

- **تتأثر تراكيز الغازات بشكل كبير بالتغيرات في الضغط.** ومن معادلة الغاز المثالي، فإن الضغط (P) والحجم (V) **يرتبطان معا بشكل عكسي كلما زاد الضغط قل الحجم، والعكس صحيح.**

$$PV = nRT \quad , \qquad P = \left(\frac{n}{V}\right)RT$$

لاحظ أيضا أن **(n/V)** مصطلح **لتركيز الغاز** بوحدة مول غاز لكل لتر، **وتتغير طرديا مع الضغط.**

- **الزيادة في الضغط (النقصان في الحجم) ⇐ يتجه التفاعل إلى الجانب الذي يحتوي على عدد أقل من مولات الغاز.**
- **النقصان في الضغط (الزيادة في الحجم) ⇐ يتجه التفاعل إلى الجانب الذي يحتوي على عدد أكبر من مولات الغاز.**
- **للتفاعلات التي لا يتغير فيها عدد مولات الغاز ⇐ التغير في الضغط (أو الحجم) لا يؤثر في موقع الاتزان.**

مثال: تحلل غاز N_2O_4

$$N_2O_4\,(g) \rightleftharpoons 2NO_2\,(g)$$

الزيادة في الضغط (النقصان في الحجم) ⇐ يتجه التفاعل إلى اليسار (تكوين المواد المتفاعلة).

النقصان في الضغط (الزيادة في الحجم) ⇐ يتجه التفاعل إلى اليمين (تكوين المواد الناتجة).

- هناك إمكانية **لتغيير الضغط دون تغيير الحجم** وذلك بإضافة غاز خامل (غاز الهيليوم مثلا) للتفاعل عند الاتزان. إضافة غاز الهيليوم في وعاء حجمه ثابت يزيد الضغط وينقص الكسر المولى لكل غاز ولكن الضغط الجزئي لكل غاز لن يتغير. إذن، **لن يؤثر اضافة غاز خامل في الاتزان.**

مثـــــال 8.7: التفاعلات الأتية عند الاتزان. ماذا تتوقع أن يكون اتجاه الاتزان إذا زاد الضغط (وقل الحجم) عند درجة حرارة ثابتة؟

(أ) $2PbS\,(s) + 3O_2\,(g) \rightleftharpoons 2PbO\,(s) + 2SO_2\,(g)$

(ب) $PCl_5\,(g) \rightleftharpoons PCl_3\,(g) + Cl_2\,(g)$

(جـ) $H_2\,(g) + CO_2\,(g) \rightleftharpoons H_2O\,(g) + CO\,(g)$

الحـــــل: عند زيادة الضغط فإن التفاعل يتجه الى الجهة التي تحتوي على عدد أقل من مولات الغاز

أ- هناك 3 مولات من الغازات المتفاعلة و**مولان** من الغازات الناتجة. إذن، التفاعل يتجه نحو المواد الناتجة من اليسار الى اليمين.

ب- هناك **مول** من الغازات المتفاعلة ومولان من الغازات الناتجة. إذن، التفاعل يتجه نحو المواد المتفاعلة من اليمين الى اليسار.

ج- عدد مولات المواد المتفاعلة يساوى عدد مولات المواد الناتجة. إذن، تغير الضغط لا يؤثر في الاتزان.

تمرين تطبيقي: انظر الى الاتزان الذي يحتوي على كلوريد النيتروزيل وأكسيد النيتريك ومن جزئ الكلور

$2\,NOCl\,(g) \rightleftharpoons 2NO\,(g) + Cl_2\,(g)$

توقع اتجاه الاتزان عندما يقل الضغط (يزيد الحجم) على النظام في درجة حرارة ثابتة؟

(ج) التغيرات في درجة الحرارة

ننظر إلى هذا التفاعل $N_2O_4\,(g) \rightleftharpoons 2NO_2\,(g) \quad \Delta H° = 58.0\ kJ/mol$

التفاعل الأمامي **ماص للحرارة** (يمتص حرارة $\Delta H° > 0$)

$$\text{حرارة} + N_2O_4\,(g) \longrightarrow 2NO_2\,(g) \quad \Delta H° = 58.0\ kJ/mol$$

إذن، التفاعل العكسي سيكون **طاردا للحرارة** (يطلق حرارة $\Delta H° < 0$)

$$2NO_2\,(g) \longrightarrow N_2O_4\,(g) + \text{حرارة} \quad \Delta H° = -58.0\ kJ/mol$$

- **زيادة درجة الحرارة** ⇐ **يسير التفاعل إلى الاتجاه الماص للحرارة** ($\Delta H°$ موجبة)
- **خفض درجة الحرارة** ⇐ **يسير التفاعل إلى الاتجاه الطارد للحرارة** ($\Delta H°$ سالبة)

مثال: تحلل غاز N_2O_4

$$N_2O_4\,(g) \rightleftharpoons 2NO_2\,(g) \quad \Delta H° = 58.0\ kJ/mol$$

زيادة درجة الحرارة ⇐ يسير التفاعل من اليسار إلى اليمين (التي تقلل من N_2O_4 وتزيد من NO_2).

نقصان درجة الحرارة ⇐ يسير التفاعل من اليمين إلى اليسار (التي تزداد N_2O_4 وتقل NO_2).

ومثال آخر، انظر إلى الاتزان بين هذه الأيونات:

$$\underset{\text{أزرق}}{CoCl_4^{2-}} + 6H_2O \rightleftharpoons \underset{\text{زهري}}{Co(H_2O)_6^{2+}} + 4Cl^-$$

تكوين $CoCl_4^{2-}$ ماص للحرارة. عند التسخين، يتجه الاتزان إلى اليسار، ويصبح لون المحلول أزرق. التبريد يفضل التفاعل الطارد للحرارة لتكوين $Co(H_2O)_6^{2+}$ ويصبح المحلول زهري اللون.

(د) تأثير الحفاز او المادة الحافزة

- نحن نعلم أن **الحفاز يزيد سرعة التفاعل**، وذلك **بخفض طاقة التنشيط**. ومع ذلك فإن **الحفاز يقلل طاقة التنشيط للتفاعلين الامامي والعكسي بالقدر نفسه**. ولذلك، يمكننا استنتاج **ان وجود الحفاز لا يغير من قيمة ثابت الاتزان، وكذلك لا يغير من اتجاه التفاعل عند الاتزان**.

مثـــــال 9.7: انظر الى الاتزان الآتي بين رباعي فلوريد ثنائي النيتروجين (N_2F_4) وثنائي فلوريد النيتروجين (NF_2)

$$N_2F_4\,(g) \rightleftharpoons 2NF_2\,(g) \qquad \Delta H° = 38.5\ kJ/mol$$

ما التغيرات التي تتوقع حدوثها للاتزان إذا: (أ) تم تسخين التفاعل وبقي الحجم ثابتا؟ (ب) أزيل بعض من غاز N_2F_4 من التفاعل وبقيت درجة الحرارة ثابتة؟ (جـ) خفض الضغط المؤثر فى التفاعل وبقيت درجة الحرارة ثابتة؟ (د) أضيف الحفاز للتفاعل؟

الحـــــل: أ) نوع الاجهاد هو **زيادة درجة الحرارة**. لذلك، **يتجه التفاعل من اليسار الى اليمين** (الاتجاه **الماص للحرارة**).

ب) نوع الاجهاد هو **نقص تركيز المواد المتفاعلة**. لذلك، **يتجه التفاعل من اليمين الى اليسار** (اتجاه **تكوين N_2F_4**).

ج) نوع الاجهاد هو **انخفاض الضغط**. لذلك، **يتجه التفاعل من اليسار الى اليمين** (الجهة التي تحتوي على أكبر عدد مولات).

د) **لا تأثير للحافز في الاتزان**.

تمرين تطبيقي: انظر الى الاتزان بين جزيئات الأكسجين والأوزون:

$$3O_2\,(g) \rightleftharpoons 2O_3\,(g) \qquad \Delta H° = 284\ kJ/mol$$

ما تأثير كل من: (أ) زيادة الضغط في التفاعل وذلك بخفض الحجم؟ (ب) إضافة O_2 الى التفاعل؟

(جـ) خفض درجة الحرارة؟ (د) إضافة الحفاز؟

١- التفاعل الاتي: $PCl_{5(g)} \rightleftharpoons PCl_{3(g)} + Cl_{2(g)}$ يعتبر .....

أ) اتزان غير متجانس ب) اتزان متجانس جـ) اتزان فيزيائى د) تفاعل غير انعكاسي

٢- ثابت الأتزان (K_c) للتفاعل الأتى: $2ZnS_{(s)} + 3O_{2(g)} \rightleftharpoons 2ZnO_{(s)} + 2SO_{2(g)}$

أ) $K_C = \frac{[ZnO]^2[SO_2]^2}{[ZnS]^2[O_2]^3}$ ب) $K_C = \frac{[SO_2]^2}{[ZnS]^2}$ جـ) $K_C = \frac{[O_2]^3}{[SO_2]^2}$ د) $K_C = \frac{[SO_2]^2}{[O_2]^3}$

3- يمكن التعبير عن قيمة ثابت الاتزان K_p للتفاعل الاتى: $2N_2O_{5(g)} \rightleftharpoons 4NO_{2(g)} + O_{2(g)}$

أ) $K_P = \frac{P^4_{NO2}P_{O2}}{P^2_{N2O5}}$ ب) $K_P = \frac{P^4_{NO2}P_{O2}}{P_{N2O5}}$ جـ) $K_P = \frac{P_{NO2}P_{O2}}{P^2_{N2O5}}$ د) $K_P = \frac{P^4_{NO2}P^4_{O2}}{P^2_{N2O5}}$

٤- العلاقة التى تربط ثابت الاتزان في حالة التركيزات Kc مع ثابت الاتزان في حالة الضغوط K_p هي .....

أ) $K_p = K_c(RT)$ ب) $K_p = K_c(RT)^{\Delta n}$ جـ) $K_c = K_p(RT)$ د) $K_c = K_p(RT)^{\Delta n}$

٥- اذا كان ثابت الاتزان K_c للتفاعل $CO_{(g)} + 2H_{2(g)} \rightleftharpoons CH_3OH_{(g)}$، يساوى ١٠,٥ عند 220°C فان K_p تساوى.....

أ) $6.41x10^{-3}$ ب) $6.41x10^{-4}$ جـ) $6.41x10^{-5}$ د) $6.41x10^{-6}$

٦- من التفاعل الاتي: $CaCO_{3(s)} \rightleftharpoons CaO_{(s)} + CO_{2(g)}$ ، اذا كان ضغط CO_2 يساوى 0.236 atm فان K_p تساوى .....

أ) 2.36 ب) 0.236 جـ) 23.6 د) 236

٧- عند مقارنة قيم كلا من Kc و Qc فان التفاعل يتجة من اليسار الى اليمين عندما .....

أ) Kc>Qc ب) Kc<Qc جـ) Kc=Qc د) جميع ما سبق

٨- فى التفاعل المتزن الأتى : $SO_{2(g)} + Cl_{2(g)} \rightleftharpoons SO_2Cl_{2\,(g)}$ اذا اضيف غاز Cl_2 ،فأن التفاعل يسير فى أتجاة .....

أ) زيادة SO_2Cl_2 ب) نقص SO_2Cl_2 جـ) زيادة Cl_2 د) زيادة SO_2

٩- ماذا يحدث للتفاعل $2NOCl_{(g)} \rightleftharpoons 2NO_{(g)} + Cl_{2(g)}$ عندما يقل الضغط (يزيد الحجم) على التفاعل عند درجة حرارة ثابتة؟

أ) يتجه التفاعل نحو اليمن ب) يتجه التفاعل نحو اليسار جـ) التفاعل في حالة اتزان د) يتوقف التفاعل

١٠- بالنظر الى الاتزان الاتي $2SO_{2(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2SO_{3\,(g)}$ $\Delta H = -198.2$ Kj/mol . ماذا يحدث للتفاعل عند رفع درجة الحرارة

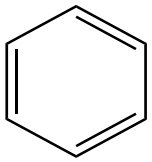
أ) يتجه التفاعل نحو المتفاعلات ب) يتجه التفاعل نحو النواتج جـ) يقل تركيز SO_2 د) يتوقف التفاعل

أصناف المركبات العضوية

- **فرع الكيمياء الذي يبحث في مركبات الكربون هو الكيمياء العضوية.**
- تتميز أصناف المركبات العضوية تبعا **للمجموعات الوظيفية** التي تحتويها. **المجموعات الوظيفية هي الذرات المسؤولة إلى حدّ كبير عن السلوك الكيميائي للمركب الأساسي** .وإن المركبات المختلفة التي تحتوي المجموعة أو المجموعات الوظيفية نفسها لها تفاعلات متشابهة.
- المركبات العضوية جميعها مشتقة من المركبات التي تعرف **بالهيدروكربونات**، وهي **تتألف من الكربون والهيدروجين فقط**. يمكن تقسيم الهيدروكربونات الى صنفين رئيسيين هما:

أ- **هيدروكربونات أليفاتية:** هي التي **لا تحتوي على حلقة البنزين** وهى مركبات مستقيمة السلسة ومتفرعة وحلقية.

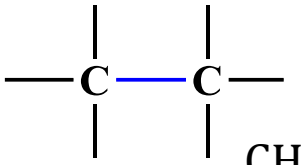
ب- **هيدروكربونات عطرية (أروماتية)** هي مركبات **تحتوي على حلقة بنزين واحدة أو أكثر** ويطلق عليها المركبات العطرية لأن لغالبيتها روائح عطرية .البنزين C_6H_6 هو المركب الأم لهذه العائلة الكبيرة من المواد العضوية.



الهيدروكربونات الأليفاتية

- يمكن تقسيم الهيدروكربونات الأليفاتية الى **هيدروكربونات مشبعة** (وهى التي تحتوى على روابط فردية فقط بين ذرات الكربون، **الألكانات**) **والهيدروكربونات غير المشبعة** (وهى التي تحتوى على الاقل على رابطة ثنائية، **الألكينات** أو ثلاثية، **الألكاينات**)

(١) الألكانات Alkanes

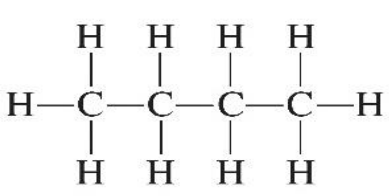


- تحتوي على **روابط تساهمية مفردة فقط**
- الصيغة العامة **للألكانات** C_nH_{2n+2} وأبسط الألكانات (أي عندما تكون n= 1) هو الميثان CH_4.
- **وتتكون أسماء الألكانات من قسمين،**

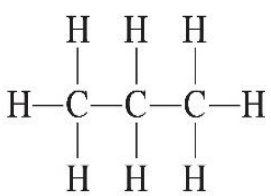
القسم الأول: منها هو **ميث، ايث، بروب، .... ويدل على عدد ذرات الكربون الموجودة في السلسلة** كما موضح بالجدول التالي

القسم الثاني: ثابت لكافة الألكانات وهو **"ان"** هو مشتق من اسم المجموعة **الألكان**.

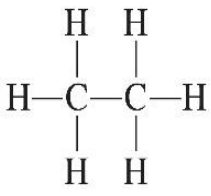
اسم الهيدروكربون	الصيغة الجزيئية	عدد ذرات الكربون
ميثان	CH_4	1
إيثان	$CH_3—CH_3$	2
بروبان	$CH_3—CH_2—CH_3$	3
بيوتان	$CH_3—(CH_2)_2—CH_3$	4
بنتان	$CH_3—(CH_2)_3—CH_3$	5
هكسان	$CH_3—(CH_2)_4—CH_3$	6
هبتان	$CH_3—(CH_2)_5—CH_3$	7
أوكتان	$CH_3—(CH_2)_6—CH_3$	8
نونان	$CH_3—(CH_2)_7—CH_3$	9
ديكان	$CH_3—(CH_2)_8—CH_3$	10



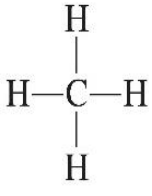
بيوتان



بروبان

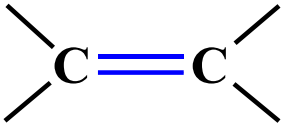


إيثان



ميثان

(٢) الألكينات Alkenes



- تحتوي **الألكينات** (وتسمى أيضاً اوليفينات) **على رابطة كربون – كربون ثنائية واحدة على الأقل**
- الصيغة العامة للألكينات هي C_nH_{2n}، حيث n=2, 3, 4, ... أبسط الألكينات هو الإيثيلين (C_2H_4)
- يتكون اسم الألكينات من قسمين، **الاول** هو نفسه كما في الألكانات ويدل على عدد ذرات الكربون "ايث، بروب، بيوت .."

والثاني "ين" والذى يدل على وجود رابطة ثنائية هو مشتق من اسم المجموعة **الألكين**.

$CH_3–CH=CH–CH_3$ — **2–بيوتين**

$CH_2=CH–CH_2–CH_3$ — **1–بيوتين**

$CH_2=CH_2$ — **إيثين (الإيثيلين)**

(٣) الألكاينات Alkynes

$-C\equiv C-$

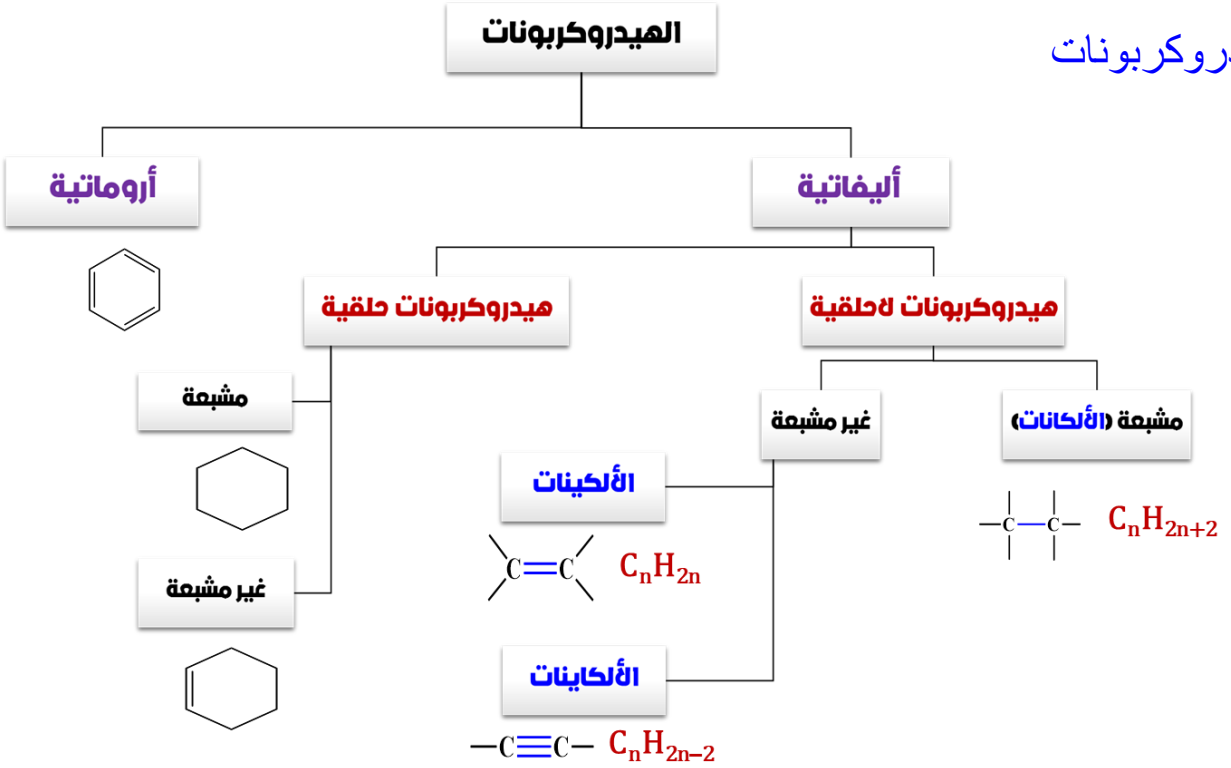
- تحتوي الألكاينات على **رابطة كربون – كربون ثلاثية واحدة على الأقل**.
- الصيغة العامة لها C_nH_{2n-2}، حيث n=2, 3, 4, ... أبسط هذه المركبات وأهمها هو الإيثاين (الأسيتيلين، C_2H_2).
- يتكون اسم الألكاينات من قسمين،

الاول هو نفسه كما في الألكانات ويدل على عدد ذرات الكربون "ايث، بروب، بيوت .."

والثاني "**اين**" والذى يدل على وجود رابطة ثلاثية هو مشتق من اسم المجموعة **الألكاين**.

$CH_3–C\equiv C–CH_3$	$CH\equiv C–CH_2–CH_3$	$CH_2\equiv CH_2$
2–بيوتاين	1–بيوتاين	إيثاين (الأسيتيلين)

ويلخص المخطط الاتي تصنيف الهيدروكربونات



❑ تفاعلات الألكينات والألكاينات

- تتميز هذه المركبات **بتفاعلات الاضافة** والتي يتم فيها تفاعل الهيدروجين مع الروابط الثنائية والثلاثية

$$CH_2{=}CH_2 + H_2 \xrightarrow[\text{ضغط}]{\text{عامل حفاز}} CH_3{-}CH_3$$

$$HC{\equiv}CH + 2H_2 \xrightarrow[\text{ضغط}]{\text{عامل حفاز}} CH_3{-}CH_3$$

ومن أمثلة تفاعلات الاضافة أيضا

$$CH_3{-}CH{=}CH{-}CH_3 + Br_2 \longrightarrow CH_3{-}\underset{\underset{Br}{|}}{CH}{-}\underset{\underset{Br}{|}}{CH}{-}CH_3$$

$$CH_2{=}CH_2 + Br_2 \longrightarrow CH_2Br{-}CH_2Br$$

$$HC{\equiv}CH + 2Br_2 \longrightarrow CHBr_2{-}CHBr_2$$

كيمياء المجموعات الوظيفية

- توجد كثير من المركبات العضوية والتي تحتوي على عناصر ومجموعات اخرى غير الكربون والهيدروجين وذلك عن طريق استبدال ذرة هيدروجين أو أكثر **بذرات** أو **مجموعات** أخرى وتعطى هذه الذرات أو المجموعات للمركب الجديد **خصائص مميزة ومختلفة عن المركب الهيدروكربوني الأصلي**. وتسمى هذه المجموعات **بالمجموعات الوظيفية** وهي المجموعات المسؤولة عن السلوك الكيميائي للمركبات.

❑ المشتقات الهالوجينية

- هي مركبات تنتج من **استبدال ذرة هيدروجين او أكثر من المركب الهيدروكربوني الاصلي بذرات هالوجين** (X= **F, Cl, Br, I**) وتعرف المركبات الناتجة **بـهاليدات الالكيل (RX).**
- **الألكان الذي تنقصه ذرة هيدروجين واحدة هو مجموعة الألكيل (R).** إذا أزيلت ذرة هيدروجين من الميثان (CH_4)، لبقى لدينا كسرة CH_3 تسمى مجموعة الميثيل. وبالمثل، إزالة ذرة هيدروجين من الإيثان (C_2H_6) تعطى مجموعة الإيثيل (C_2H_5).

CH_3-Cl
كلوريد الميثيل (كلوروميثان)

CH_3-CH_2-Br
بروميد الايثيل (بروموإيثان)

- وتنتج هاليدات الالكيل من تفاعل الهيدروكربونات مع الهالوجينات أو هاليدات الهيدروجين:

$$CH_4 + Cl_2 \longrightarrow CH_3Cl + HCl$$

❑ المشتقات المحتوية على الأكسجين

١- الكحولات (R–OH)

- تحتوي الكحولات جميعها على مجموعة الهيدروكسيل (**–OH**) الوظيفية. ومن امثلتها:

CH_3-CH_2-CH_2-OH
بروبانول (كحول بروبيلى)

CH_3-CH_2-OH
الإيثانول (كحول ايثيلى)

CH_3-OH
الميثانول (كحول ميثيلى)

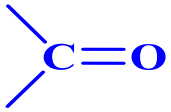
٢- الإيثرات (R–O–R)

تحتوي الإيثرات ارتباط **R-O-R'**، حيث R و R' مجموعة هيدروكربونية (أليفاتية أو أروماتية).

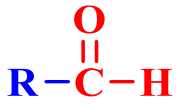
$CH_3\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}O\text{-}CH_3$

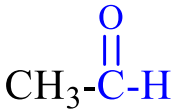
ميثيل بروبيل إيثر

٣- الألدهيدات و الكيتونات



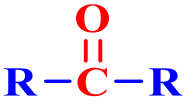
- المجموعة الوظيفية في هذه المركبات هي مجموعة **الكربونيل** (C=O).
- هناك ذرة **هيدروجين واحدة على الأقل مرتبطة بذرة الكربون لمجموعة الكربونيل في الألدهيدات**

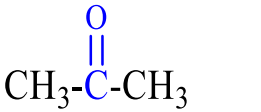




اسيتالدهيد

- وفي **الكيتون**، **ترتبط ذرة الكربون لمجموعة الكربونيل بمجموعتين من الهيدروكربونات**

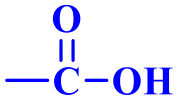


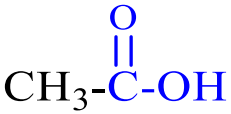


ثنائي ميثيل كيتون (أسيتون)

٤- الاحماض الكربوكسيلية

- وهي **الأحماض** التي تحتوي على **مجموعة كربوكسيل** (-COOH)

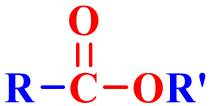




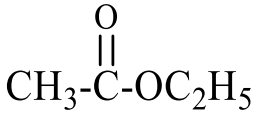
حامض الأسيتيك

٥- الإسترات

الصيغة العامة للإسترات هي **RCOOR'**



حيث إن R يمكن أن تكون ذرة H، أو مجموعة ألكيل، أو مجموعة هيدروكربونية أروماتية



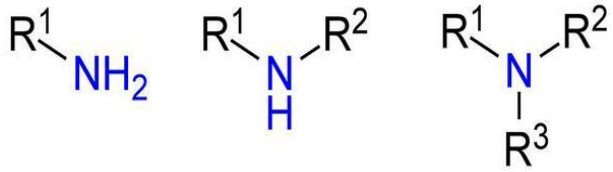
اسيتات الإيثيل

وتتكون الاسترات من تفاعل الاحماض الكربوكسيلية مع الكحولات ويطلق على هذا التفاعل "الاسترة

❑ المشتقات المحتوية على النيتروجين

١- الأمينات

- وهى مركبات يمكن اعتبارها من مشتقات الأمونيا (NH_3) والامينات قواعد عضوية لها الصيغة العامة **R_3N**. ويجب أن تكون واحدة من مجموعات R إما مجموعة ألكيل او مجموعة هيدروكربونية أروماتية. ويمكن تصنيفها الى أولية وثنائية وثلاثية اعتمادا على عدد مجموعات R المتصلة بالنيتروجين.



CH_3-CH_2-NH-CH_2-CH_3

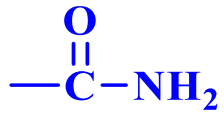
ثنائى إيثيل أمين

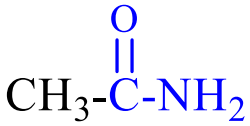
CH_3-NH_2

ميثيل أمين

٢- الأميدات

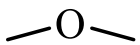
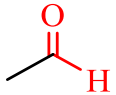
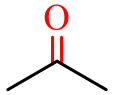
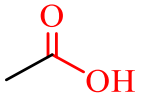
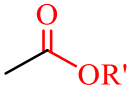
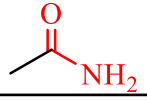
الأميدات هي مركبات تحتوى على المجموعة الوظيفية **$-CONH_2$**





اسيتاميد

ويلخص الجدول الآتي المجموعات الوظيفية المعروفة.

اسم المركب العضوي	الصيغة العامة	المجموعة الوظيفية
هاليدات الألكيل	R-X	هالوجين X= F, Cl, Br, I
الكحولات	R-OH	الهيدروكسيل OH
الأيثرات	R-O-R	الايثر 
الألدهيدات	R-CHO	الالدهيد 
الكيتونات	R-CO-R'	الكربونيل 
الاحماض الكربوكسيلية	R-COOH	الكربوكسيل 
الأسترات	R-COOR'	الاستر 
الأميدات	$R-CONH_2$	الاميد 
الامينات	$R-NH_2$	الأمينو

١- الهيدروكربونات المشبعة تحتوي علي .....

أ) على روابط ثنائية ب) على روابط ثلاثية جـ) على روابط فردية فقط د) على روابط فردية وثنائية

٢- الالكينات عبارة عن هيدروكربونات غير مشبعة ويرمز لها بالصيغة .....

أ) C_nH_{2n+2} ب) C_nH_{2n+1} جـ) C_nH_{2n} د) C_nH_{2n-2}

٣- أي من المركبات الاتية يعبر عن هيدروكربون مشبع .....

أ) C_6H_{12} ب) C_5H_{12} جـ) C_4H_6 د) C_8H_{14}

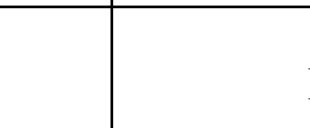
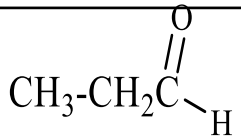
٤- المركبات التي تتميز بتفاعلات الإضافة هي .....

أ) المركبات الغير مشبعة ب) المركبات المشبعة جـ) الألكانات د) ذات الصيغة C_nH_{2n+2}

٥- المجموعة الوظيفية للالدهيدات هي.....

أ) -OH ب) -COOH جـ) $-NH_2$ د) -CHO

٦- صنف كلاً من المركبات الاتية الى: كحول، ألدهيد، كيتون، حمض كربوكسيلى، أمين، إيثر، أو أستر

	$CH_3-CH_2-O-CH_3$	$CH_3-CH_2-NH_2$
.....	.....	.....
	CH_3-CH_2-OH	
.....	.....	.....

الفصل التاسع الخواص الفيزيائية للمحاليل

- **المحلول** هو **مخلوط متجانس من مادتين أو أكثر لا يحدث بينهما تفاعل كيميائي** حيث أن المادة التي توجد بنسبة صغيرة تعرف (**بالمذاب**) والتي توجد بنسبة كبيرة تعرف (**بالمذيب**) ومثال على ذلك محلول السكر في الماء حيث أن السكر مذاب والماء مذيب.

❑ أنواع المحاليل

- استنادًا إلى الحالة الفيزيائية لمكونات المحلول (صلب، سائل، غاز)، فإننا نستطيع التمييز بين ستة انواع من المحاليل كما بالجدول الاتي

المذاب	المذيب	الحالة الفيزيائية للمحلول	أمثلة
غاز	غاز	غاز	الهواء
غاز	سائل	سائل	الصودا والماء (CO_2 في الماء)
غاز	صلب	صلب	غاز H_2 في البالاديوم
سائل	سائل	سائل	إيثانول في الماء
صلب	سائل	سائل	NaCl في الماء
صلب	صلب	صلب	سبيكة النحاس والزنك (Cu/Zn) وسبيكة (Sn/Pb)

ولقد ميّز الكيميائيون المحاليل من خلال قدرتها على إذابة المذاب الى:

(أ) المحلول المشبع: هو **محلول يحتوي على أكبر كمية من المذاب في كمية معينة من المذيب** على درجة حرارة معينة. أي **يحتوي على أقصى كمية من المذاب يمكن اذابتها في كمية معينة من المذيب**.

(ب) المحلول غير المشبع: هو **محلول يحتوي على كمية أقل من قدرة المذيب على الاذابة**. أي **يحتوي على كمية من المذاب أقل من الكمية اللازمة للتشبع**.

(جـ) المحلول فوق المشبع: هو **المحلول الذي يحتوي على كمية أكبر من المذاب في المحلول المشبع**. أي **يحتوي على كمية من المذاب أكبر من الكمية اللازمة للتشبع**.

❑ وحدات التركيز

- **التركيز** هو **معرفة كمية المذاب الموجودة في كمية معينة من هذا المحلول.**

وحـــــدات التراكيز

النسبة المئوية بالكتلة

النسبة المئوية بالكتلة $= \frac{\text{كتلة المذاب}}{\text{كتلة المذاب + كتلة المذيب}} \; 100\; x$

$= \frac{\text{كتلة المذاب}}{\text{كتلة المحلول}} \; 100\; x$

لا توجد وحدات للنسبة المئوية بالكتلة، لأنها عبارة عن نسبة لكميات متشابهة.

المـولارية (M)

عدد المولات للمذاب في لتر واحد من المحلول

المولارية $(\mathbf{M}) = \frac{\text{عدد مولات المذاب}}{\text{حجم المحلول باللتر}}$

وحدة المولارية هي **مول/ لتر (mol /L)**

المـولاليـة (m)

عدد المولات للمذاب ذائبة في 1 kg من المذيب

المولالية $(\boldsymbol{m}) = \frac{\text{عدد مولات المذاب}}{\text{كتلة المذيب } (\boldsymbol{kg})}$

- تتميز المولارية بسهولة قياس حجم المحلول، باستعمال قوارير حجمية دقيقة، وليس قياس كتلة المذيب. ولهذا السبب، يفضل استعمال المولارية أكثر من المولالية. ومن الناحية الأخرى، فإن **المولالية لا تعتمد على درجة الحرارة**، لأن التركيز عبارة عن مولات المذاب وكتلة المذيب. يزداد حجم المحلول عادة بزيادة درجة الحرارة. وفيما يتعلق بالنسبة المئوية بالكتلة فإنها تشبه المولالية من حيث عدم اعتمادها على درجة الحرارة.

مثـــــال 1.9: عبر عن التركيز بالنسبة المئوية بالكتلة للمذاب، في محلول يتكون من 31.0 g كلوريد البوتاسيوم (KCl) في 152.0 g من الماء؟

الحـــــل:

$$\text{النسبة المئوية بالكتلة} = 100\ x\ \frac{\text{كتلة المذاب}}{\text{كتلة المذاب} + \text{كتلة المذيب}}$$

$$= \frac{31.0}{152 + 31.0}\ x\ 100 = 16.9\%$$

تمرين تطبيقي: احسب النسبة المئوية بالكتلة لمحلول مائي يتكون من 5.50 g بروميد الصوديوم (NaBr) في 78.2 g من المحلول؟

مثـــــال 2.9: احسب المولارية لمحلول تم تحضيره بإذابة 4.0 g من هيدروكسيد الصوديوم (NaOH) في 500.0 mL من المحلول؟

الحـــــل: الكتلة المولية لـ NaOH = 23+16 +1= 40 جرام/مول

$$\text{عدد المولات} = \frac{\text{بالجرام الكتلة}}{\text{الكتلة المولية}} = \frac{4.0}{40} = \mathbf{0.1}\ \text{مول}$$

$$\text{المولارية } (M) = \frac{\text{عدد مولات المذاب}}{\text{حجم المحلول باللتر}} = \frac{0.1}{0.5} = 0.2\ \text{مول / لتر}$$

تمرين تطبيقي: احسب المولارية لمحلول يحتوي علي 120 g من نترات الفضة $AgNO_3$ ذائبة في 500 ml من المحلول؟

مثـــــال 3.9: احسب المولالية لمحلول حمض الكبريتيك الذي يحتوي 24.4 g من حمض الكبريتيك في 198 g ماء. الكتلة المولية لحمض الكبريتيك تساوى 98.08 g/mol؟

الحـــــل:

$$\text{عدد المولات} = \frac{\text{بالجرام الكتلة}}{\text{الكتلة المولية}} = \frac{24.4}{98.08} = 0.249 \text{ مول}$$

$$\text{المولالية } (\boldsymbol{m}) = \frac{\text{عدد مولات المذاب}}{\text{كتلة المذيب } (\boldsymbol{kg})} = \frac{\mathbf{0.249}}{\mathbf{0.198}} = \mathbf{1.26}\ \boldsymbol{m}$$

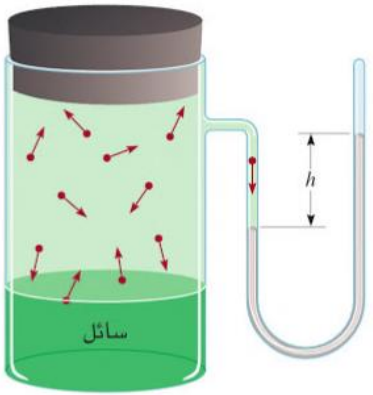
تمرين تطبيقي: ما المولالية لمحلول يحتوي علي 7.78 g يوريا $[(NH_2)_2CO]$ في 203 g ماء؟

❑ الخواص التجمعية Colligative Properties

الخواص التجميعية هي **خواص المحلول التي تعتمد على كمية المذاب في المحلول، ولا تعتمد على طبيعة جسيمات المذاب**، وهذه الخواص هي:

- **الانخفاض في الضغط البخاري.**
- **الارتفاع في درجة الغليان.**
- **الانخفاض في درجة التجمد.**
- **الضغط الأسموزي.**

(١) الانخفاض في الضغط البخاري



الضغط البخاري هو مقياس لميل المادة للتبخر. **الضغط البخاري** هو **الضغط الذي يمارسه بخار السائل على سطح السائل عند الاتزان بين عمليتي التبخر والتكثيف في وعاء مغلق عند درجة حرارة معينة**.

عندما يتبخر السائل في نظام مغلق ، فإن جزيئاته الغازية تمارس ضغط بخاري. وعند زيادة تركيز الجزيئات في الطور البخاري، فان بعض الجزيئات تتكثف وتعود إلى الطور السائل ويزداد معدل التكثيف بزيادة تركيز الجزيئات الغازية، وتصل في النهاية الى حالة توازن بين عمليتي التبخر والتكثيف (معدل التبخر يتساوى مع معدل التكثيف) ويسمى الضغط الناتج عن الجزيئات الغازية عند حالة الاتزان بالضغط البخاري للسائل عند درجة حرارة معينة.

- إضافة مذاب غير متطاير إلى المذيب يقلل من معدل جزيئات المذيب التي تتبخر من المحلول. يؤدي هذا إلى **خفض ضغط بخار المحلول**. ووضع **راؤول قانون للعلاقة بين الضغط البخاري لكل من المحلول والمذيب**

" الضغط الجزئي للمذيب فوق المحلول (P_1) يساوي حاصل ضرب الضغط البخاري للمذيب في الحالة النقية (P_1°) والكسر المولي للمذيب في المحلول (X_1) "

$$P_1 = X_1 P_1^0$$

حيث أن P_1 الضغط البخاري للمحلول و P_1^0 الضغط البخاري للمذيب في الحالة النقية و X_1 الكسر المولي للمذيب في المحلول

$$X_1 = \frac{n_1}{n_1 + n_2}$$

حيث أن n_1 عدد مولات المذيب في المحلول و n_2 عدد مولات المذاب في المحلول.

مثـــــال 5.9: احسب الضغط البخاري لمحلول مكون من 218 g من الجلوكوز (الكتلة المولية = 180.2 g/mol) الذائب في 460 mL من الماء عند 30 °C . احسب الانخفاض في الضغط البخاري. الضغط البخاري للماء النقي عند 30 °C يساوى 31.82 mmHg. افرض أن كثافة المحلول تساوى 1.00 g/mL.

الحـــــل:

حيث أن كثافة المحلول تساوى 1.00، فإن كتلة المذيب (الماء) = 460 g

$$\text{عدد المولات (n)} = \frac{\text{بالجرام الكتلة}}{\text{الكتلة المولية}}$$

$$n_1\ (\text{للماء}) = \frac{460}{18} = 25.5\ mol \qquad , n_2\ (\text{للجلوكوز}) = \frac{218}{180.2} = 1.21\ mol$$

$$X_1 = \frac{n_1}{n_1 + n_2} = \frac{25.5}{25.5 + 1.21} = 0.955$$

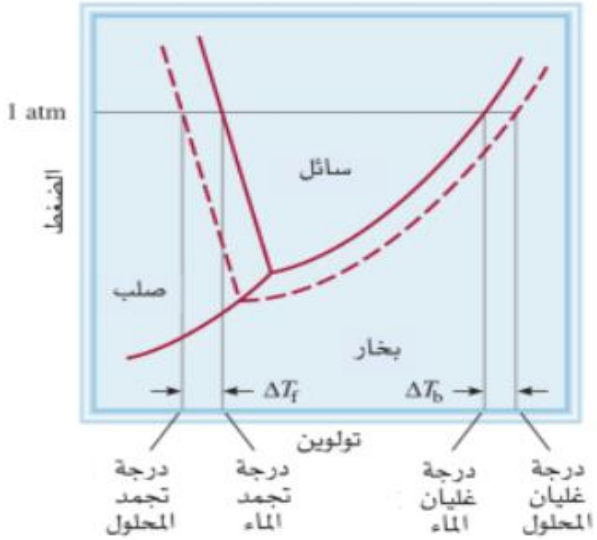
$$P_1 = X_1 P_1^0 = (0.955)(31.82) = 30.4\ \text{mmHg}$$

$$\Delta P = P_1^0 - P_1 = 31.82 - 30.4 = 1.4\ \text{mmHg}$$

تمرين تطبيقي: احسب الضغط البخاري لمحلول مكون من 82.4 g من اليوريا (الكتلة المولية = 60.06 g/mol) الذائب في 212 mL من الماء عند 30 °C. ما قيمة الانخفاض في الضغط البخاري. (الإجابة: ΔP= 3.32 mmHg)

(ب) الارتفاع في درجة الغليان

- **وجود مذاب غير متطاير في المحلول يؤدي إلى انخفاض في الضغط البخاري، وهذا يؤدي إلى الارتفاع في درجة الغليان للمحلول.** درجة غليان المحلول هي الدرجة التي يتساوى فيها الضغط البخاري مع الضغط الجوي الخارجي.



- الشكل المقابل يبين لنا المخطط الطوري للماء (الخطوط المتصلة) والتغيرات التي تحدث بين المحاليل المائية (الخطوط المقطعة). ونلاحظ أن درجة الغليان للمحلول أعلى من درجة غليان الماء.

ويمكن تعريف **الارتفاع في درجة الغليان** (ΔT_b) بالمعادلة الآتية:

$$\Delta T_b = T_b - T_b^0$$

حيث أن T_b إلى درجة غليان المحلول، و T_b° درجة غليان المذيب النقي

ولأن ΔT_b تتناسب طرديا مع الانخفاض في الضغط البخاري، فهي أيضا تتناسب طرديا مع التركيز (المولالية) للمحلول.

$$\Delta T_b \propto m$$

$$\Delta T_b = K_b\, m$$

حيث m مولالية المحلول و K_b ثابت الارتفاع في درجة الغليان المولالي ووحدته $^\circ$C/m

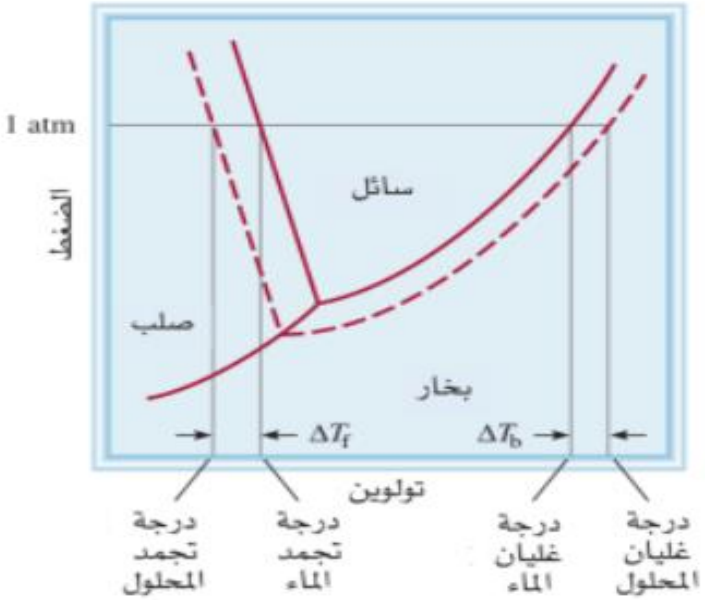
الجدول 2.13 ثوابت الارتفاع في درجة الغليان والانخفاض في درجة تجمد بعض السوائل

السائل	درجة التجمد العادية *(°C)	K_f (°C/m)	درجة الغليان العادية (°C)	K_b (°C/m)
الماء	0	1.86	100	0.52
البنزين	5.5	5.12	80.1	2.53
الإيثانول	−117.3	1.99	78.4	1.22
حمض الأسيتيك	16.6	3.90	117.9	2.93
الهكسان الحلقي	6.6	20.0	80.7	2.79

* مقيسة على 1 atm.

ج - الانخفاض في درجة التجمد

- إن الشخص العادي قد لا يعنيه الارتفاع في درجة الغليان طوال حياته، ولكن من يعيش في المناطق الباردة، فإن ظاهرة الانخفاض في درجة التجمد تكون مألوفة بالنسبة إليه. الثلج على الطرق المتجمدة، وعلى جوانب الطريق يذوب عندما يرش بالأملاح مثل NaCl، $CaCl_2$ ويعدّ استعمال هذا الأسلوب ناجحًا في خفض درجة تجمد الماء دائمًا.



- وفى المخطط الطوري للماء والتغيرات التي تحدث بين المحاليل المائية الموضح سابقا، يتبين الانخفاض في الضغط البخاري للمحاليل الذي أدى إلى انحراف منحنى المادة الصلبة – السائل إلى اليسار. ومن ثم، يتقاطع هذا الخط مع الخط الأفقي على درجة حرارة **أقل من درجة تجمد الماء**.

ويعرف **الانخفاض في درجة التجمد** (ΔT_f) بالمعادلة الآتية:

$$\Delta T_f = T_f^0 - T_f$$

حيث أن T_f درجة التجمد للمحلول، و T_f° درجة التجمد للمذيب النقي.

ولأن ΔT_f تتناسب طرديا تركيز المحلول

$$\Delta T_f \propto m$$

$$\Delta T_f = K_f\, m$$

حيث m تركيز المحلول بالمولالية و K_f ثابت الانخفاض في درجة التجمد المولالي ووحدته $^\circ C/m$

مثـــــال 6.9: يستعمل ايثيلين جليكول $CH_2(OH)CH_2(OH)$(EG)، عادة بوصفه مادة مانعة لتجمد الماء في السيارات، وهي ذائبة في الماء وغير متطايرة الى حد ما (درجة الغليان 197 °C). احسب درجة تجمد المحلول الذي يحتوى على 651 g من هذه المادة في 2505 g ماء. هل من المفيد الاحتفاظ بهذه المادة في سيارتك خلال فصل الصيف؟ الكتلة المولية للإيثيلين جليكول = 62.01 g/mol.

الحـــــل:

$$n_{EG} = \frac{651}{62.01} = 10.5\ mol \qquad \Longrightarrow m(\text{المولالية}) = \frac{10.5}{2.505} = 4.19\ m$$

$$\Delta T_f = K_f\, m$$

$$= (1.86)(4.19) = 7.80\ ^\circ C$$

ولكون الماء النقي يتجمد عند 0.0 °C، إذن درجة تجمد المحلول تساوى

$$T_f = 0.0 - 7.79 = -7.79\ ^\circ C$$

ونستطيع حساب الارتفاع في درجة الغليان كالاتي

$$\Delta T_b = K_b\, m$$

$$= (0.52)(4.19) = 2.2\ ^\circ C$$

ولأن الماء النقي يغلى عند 100.0 °C، إذن درجة غليان المحلول تساوى

$$T_b = 100.0 + 2.2 = 102.2\ ^\circ C$$

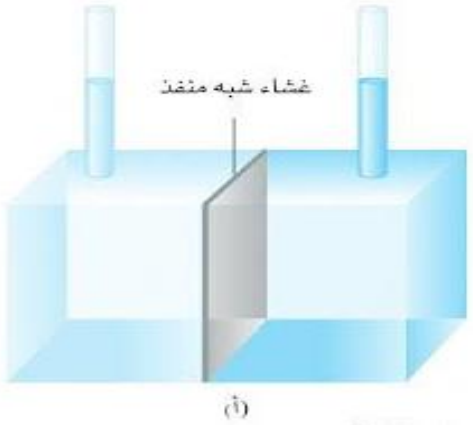
ولان المحلول يغلى عند 102.2 °C، فمن الأفضل الاحتفاظ بالمادة المانعة للتجمد في السيارة خلال فصل الصيف لمنع الماء من الغليان.

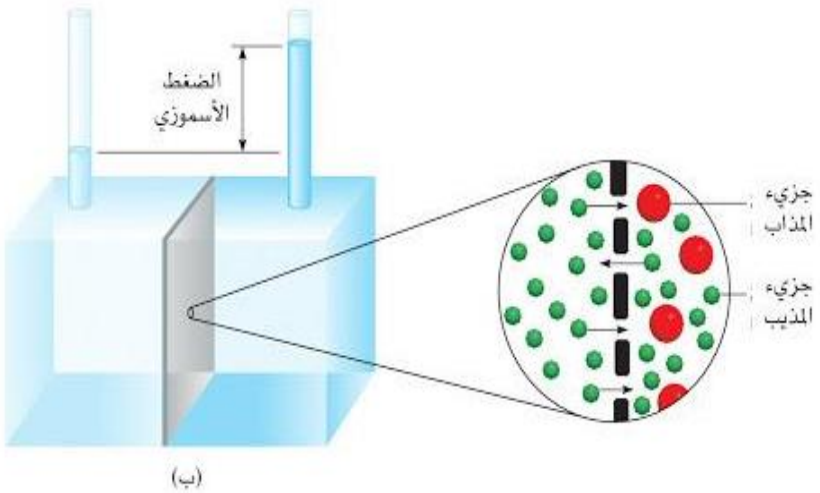
تمرين تطبيقي: احسب درجتي الغليان والتجمد لمحلول يحتوي 478 g من الإيثيلين جليكول في 3202 g ماء

(الإجابة: T_b= 101.25 °C , T_f = –4.48 °C)

د- الضغط الأسموزي

- **الخاصية الأسموزية** هي **عملية انتقال جزيئات المذيب من المذيب النقي أو المحلول الأقل تركيزا عبر غشاء شبه نفاذ إلى المحلول الأكثر تركيزا**. الغشاء شبه النفاذ يسمح لجزيئات المذيب بالمرور، دون السماح لجزيئات المذاب بذلك
- أما **الضغط الأسموزي** **(π) للمحلول**، **فهو الضغط اللازم لإيقاف الأسموزية (أو الضغط اللازم إحداثه على المحلول لمنع مرور جزيئات المذيب اليه خلال غشاء شبه [illegible]**





الضغط الأسموزي π للمحلول يساوي

$$\pi = MRT$$

حيث **M** المولارية للمحلول، R الثابت العام الغازات (R= 0.0821 L. atm/K. mol) وT درجة الحرارة المطلقة. الضغط الأسموزي (π) بالأتموسفير.

يمكن قياس هذا الضغط مباشرة من الفرق في مستوى السائل في كل من الأنبوبين.

- الخواص التجميعية للمحاليل توفر امكانية لحساب الكتلة المولية للمذاب. نظريا، أي خاصية من الخواص التجميعية قد تكون مناسبة لحساب الكتلة المولية .أما من الناحية العملية، فإن الانخفاض في درجة التجمد والضغط الأسموزي هما الأفضل، لأنهما يعطيان تغيرات واضحة.

مثـــــال 8.9: تم تحضير محلول بإذابة 35.0 g من الهيموجلوبين (Hb) في كمية كافية من الماء ليصبح الحجم الكلى 1 L عند 25 °C. إذا كان الضغط الأسموزي للمحلول يساوى 10.0 mmHg، احسب الكتلة المولية للهيموجلوبين.

الحـــــل:

$$\pi = MRT$$

$$\mathrm{M} = \frac{\pi}{\mathrm{RT}} = \frac{\left(\frac{10.0}{760}\right)}{(0.0821)(298)} = 5.38 \text{ x } 10^{-4}\mathrm{M}$$

المولارية $(\boldsymbol{m})$ = عدد مولات المذاب / حجم المحلول باللتر ⟸ عدد المولات$(\boldsymbol{n})$ = المولارية $\boldsymbol{x}$ حجم المحلول باللتر

$$\boldsymbol{n} = 5.38 \text{ x } 10^{-4} \; x \; 1.0 = 5.38 \text{ x } 10^{-4} \; mol$$

عدد المولات= بالجرام الكتلة / الكتلة المولية $= 6.51 \text{ x } 10^{4} g/mol = \frac{35.0}{5.38 \text{ x } 10^{-4}} =$ بالجرام الكتلة / عدد المولات

تمرين تطبيقي: تم إذابة 1.8 g من مركب عضوي في الماء ليصبح حجم المحلول 1.10 L عند 27 °C وكان ضغطة الأسموزي يساوى 2.46 atm . احسب المولارية لهذا المحلول والكتلة المولية لهذا المركب؟

(الإجابة: 0.1 mol/L, 16.36 g/mol)

١- السبيكة مثال على محلول .....

أ) غاز في صلب ب) صلب في سائل جـ) سائل في صلب د) صلب في صلب

٢- المحلول الذي يحتوى على أكبر كمية من المذاب في كمية محددة من المذيب عند دراجة حرارة معينة يسمى .....

أ) المحلول المخفف ب) المحلول غير المشبع جـ) المحلول المشبع د) المحلول فوق المشبع

٣- المولالية (m) عبارة عن عدد المولات للمذاب فى .....

أ) 1 لتر من المذيب ب) 1000 g من المحلول جـ) 1000 kg من المذيب د) 1 kg من المذيب

٤- يعبر عن المولارية بوحدة قياس هي .....

أ) مول/لتر ب) جرام/لتر جـ) مول/كجم د) جرام/مول

٥- احسب المولارية لمحلول يحتوى على 10 جرام من كربونات الكالسيوم ($CaCO_3$) ذائبة في 1.0 لتر من المحلول؟

أ) 10مول/لتر ب) 0.1مول/لتر جـ) 0.2 مول/لتر د) 2.0مول/لتر

٦- ما هي النسبة المئوية بالكتلة لمحلول يحتوي على 20 جرام من كلوريد الصوديوم في 400 جرام من الماء؟

أ) 20% ب) 4.76 % جـ) 10% د) ٠.١ %

٧- إضافة المزيد من المذيب الى المذاب يؤدى الى ..... للمحلول

أ) ارتفاع درجة التجمد ب) ارتفاع درجة الغليان جـ) انخفاض درجة الغليان د) انخفاض الضغط الأسموزي

٨- الارتفاع في درجة غليان محلول تركيزه 0.7 m علما بأن $K_b = 0.51$ °C/m

أ) 0.357 ب) 1.37 جـ) 1.21 د) 0.389

٩- أي مما يأتي ينخفض كلما زادت كمية المذاب في المحلول؟

أ) درجة التجمد ب) الضغط البخاري جـ) الضغط الأسموزي د) أ و ب معا