الكيمياء

كتاب الطالب

الصف الأول الثانوى

إعداد

أ. سامح وليم صادق　　د. محمد أحمد أبو ليله

أ. عصام محمد سيد　　د. نوال محمد شلبى

مراجعة : د. هانى محمد حسنين

جميع الحقوق محفوظة :

لا يجوز نشر أى جزء من هذا الكتاب

أو تصويره أو تخزينه أو تسجيله بأى

وسيلة دون موافقة خطية من الناشر .

الطبعة الأولى: ٢٠١٣

رقم الإيداع: ٢٠١٣/٧٩٩٣

الرقم الدولى: 2 - 148 - 493 - 977 - 978

مقدمة الكتاب

أبناءنا وبناتنا طلاب الصف الأول الثانوى ، شهدت الأعوام الأخيرة طفرات هائلة ومستحدثات تكنولوجية فى شتى مجالات الحياة ، وكان على المنظومة التعليمية بجمهورية مصر العربية أن تواكب هذه المستحدثات متأثرةً بهذا التطور الهائل.

لذلك حرصت وزارة التربية والتعليم على تطوير المناهج على اعتبار أن المنهج كائن يلزمه التجديد والتحديث ليتوافق مع متغيرات العصر وذلك بهدف إعداد جيل قادر على مواكبة هذه المستحدثات ، بل تكون له القدرة على استخدامها فى ابتكار ما هو أحدث.

وقد راعينا فى إعداد هذا الكتاب تغيير دور المتعلم لنخرج به من حيز المتلقى إلى مجال المتفاعل النشط من خلال قيامه بالبحث والاستقصاء والمقارنة والاستنباط واكتساب المهارات وغرس حب المعرفة حتى يصبح فردًا فعالًا فى المجتمع ؛ وذلك لتحقيق الاكتفاء الذاتى لوطنه اقتصاديًّا وثقافيًّا واجتماعيًّا ، وذلك من خلال التنوع فى الأنشطة والمهارات بهدف إعداد جيل متنوع من الطلاب يخدم الوطن فى كافة المجالات .

ويرافق هذا الكتاب كتاب للأنشطة والتدريبات مكملًا له وهى جزء لا يتجزأ منه ، تتضمن أنشطة فردية وجماعية ، معملية وتطبيقية لتحقيق أهداف المنهج. وأخيرًا أنشطة تقويمية حتى يقف الطالب على ما تَحقق من أهداف وما يجب القيام به من أعمال لتحقيق ما لم يتم تحقيقه ، وقد راعينا فى إعداد هذا الكتاب التسلسل المنطقى لأبواب المنهج ، وكذلك التدرج فى مستوى هذه الأنشطة مراعاة للفروق الفردية والحاجات والميول المختلفة.

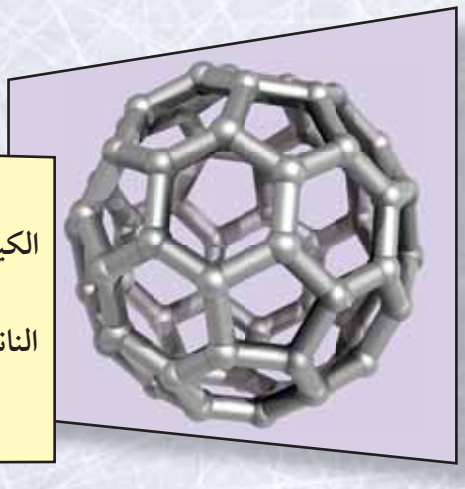
وقد تم عرض هذا المنهج فى شكل نسيج متكامل ومترابط فى ستة أبواب تبدأ بعلم الكيمياء وطبيعته وعلاقته بالعلوم الأخرى ، وخاصة الحديث منها مثل : علم النانو تكنولوجى ، ثم توالت أبواب المنهج مرورًا بالكيمياء الكمية ثم المحاليل والأحماض والقواعد ، يليها الكيمياء الحرارية ، ثم الكيمياء النووية ، وحتى لا نغفلَ دور الكيمياء فى الحفاظ على البيئة فقد كانت خاتمة هذا المنهج هى الكيمياء والبيئة.

ونحن إذ نقدم هذا الكتاب لكم نتمنى أن يحقق ما تصبو إليه رغباتكم ويشبع ميولكم ويلبى احتياجاتكم ، متمنين أن يتحقق لمصرنا الغالية الرخاء والإزدهار.

والله ولى التوفيق ،

المعدون

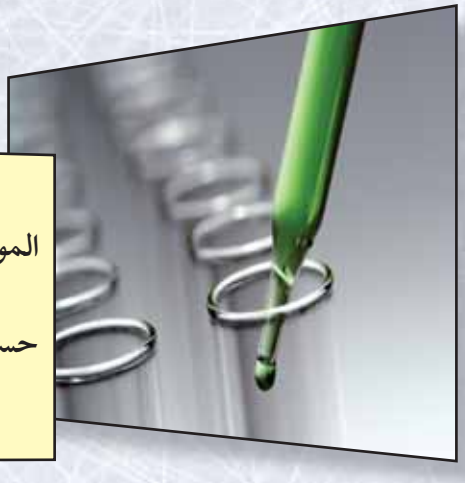
محتويات الكتاب



الباب الأول:
الكيمياء مركز العلوم

الكيمياء والقياس ٤

النانوتكنولوجى والكيمياء ١٣



الباب الثانى:
الكيمياء الكمية

المول والمعادلة الكيميائية ٢٤

حساب الصيغة الكيميائية ٣٦

الباب الثالث:
المحاليل - الأحماض والقواعد

المحاليل والغرويات ٤٦

الأحماض والقواعد ٥٨

الباب الرابع:

الكيمياء الحرارية

المحتوى الحرارى ٧٦

صور التغير فى المحتوى الحرارى ٩٠

الباب الخامس:

الكيمياء النووية

نواة الذرة والجسيمات الأولية ١٠٢

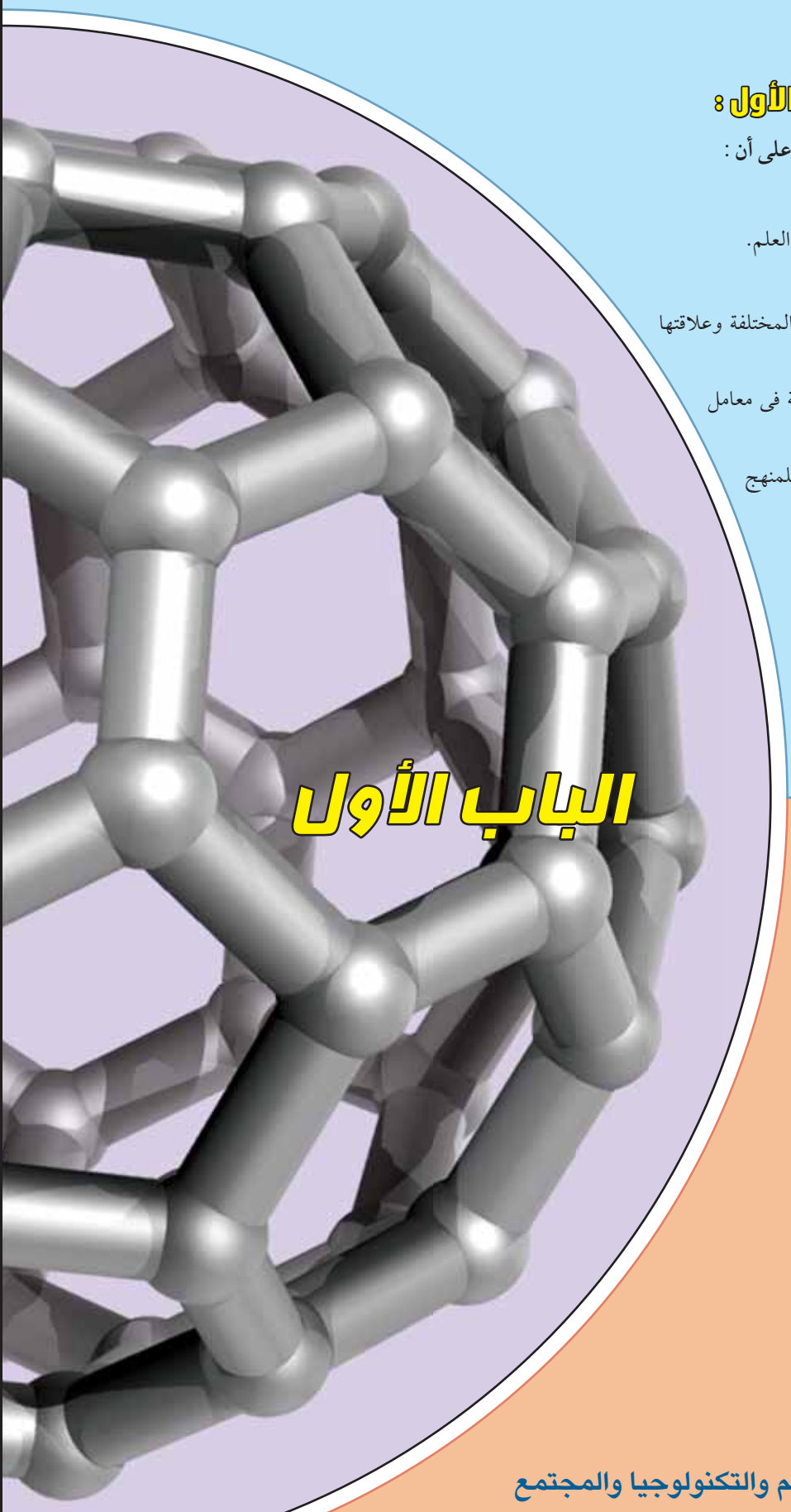
النشاط الإشعاعى والتفاعلات النووية ١١٣

الباب السادس:

الكيمياء والبيئة

التلوث البيئى ١٢٨

الحد من التلوث ١٤٠



الباب الأول

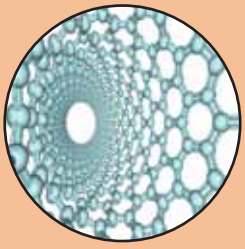
الأهدافُ العامّةُ للباب الأول :

فى نهايةِ هذا الباب يُصبح الطالب قادرًا على أن :

- يتعرف ماهية الكيمياء.
- يشرح العلاقة بين الكيمياء وباقى فروع العلم.
- يتعرف طبيعة القياس وأهميته.
- يحدد وحدات القياس الكمية للنظم المختلفة وعلاقتها بنظام S.I
- يتعرف الأدوات والأجهزة المستخدمة فى معامل الكيمياء.
- يستخدم الأدوات العملية الملائمة للمنهج بدقة وكفاءة.
- يتعرف مفهوم تكنولوجيا النانو.
- يتعرف مفهوم كيمياء النانو.
- يحدد بعض تطبيقات كيمياء النانوتكنولوجى.
- يستنتج أن للنانوتكنولوجى تأثيرات مفيدة وأخرى ضارة.

فصول الباب الأول :

① الكيمياء والقياس



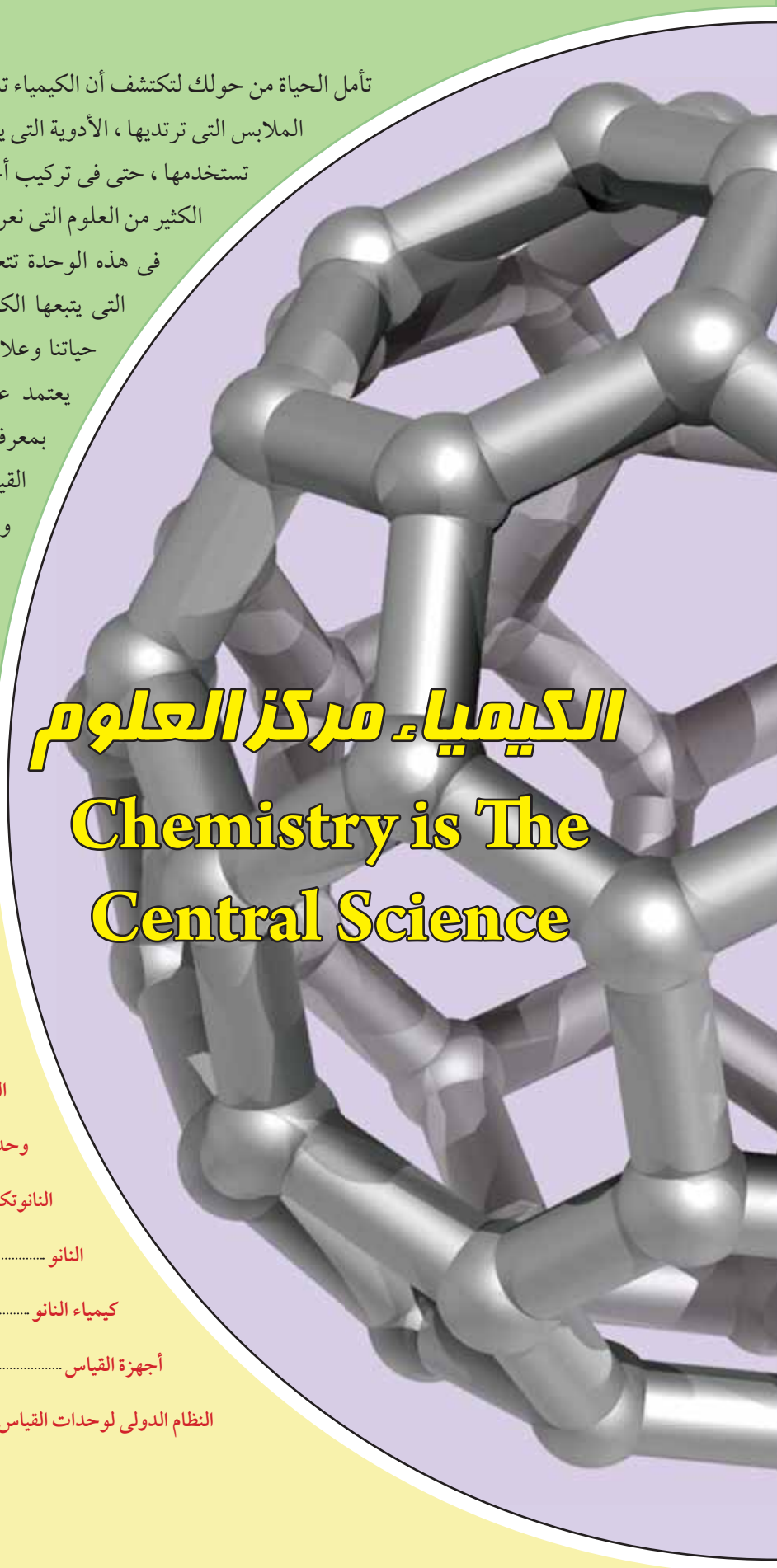
② النانوتكنولوجى والكيمياء

القضايا المتضمنة : العلم والتكنولوجيا والمجتمع

تأمل الحياة من حولك لتكتشف أن الكيمياء تدخل فى كل شئ فيها؛ الطعام الذى تتناوله ، الملابس التى ترتديها ، الأدوية التى يصفها لك الطبيب ، الأدوات والأجهزة التى تستخدمها ، حتى فى تركيب أجسامنا وكيفية عملها. ليس ذلك فقط بل أن الكثير من العلوم التى نعرفها تعتمد فى تفسير ظواهرها على الكيمياء.

فى هذه الوحدة تتعرف على مجال عمل الكيمياء والعمليات التى يتبعها الكيميائيون ، وتتعرف على دور الكيمياء فى حياتنا وعلاقتها بالعلوم الأخرى. ولأن الكيمياء مجال يعتمد على التجريب ، فإن هذه الوحدة تزودك بمعرفة عن الأدوات والأجهزة التى تستخدمها فى القياس والتجريب ، وكيف تستخدمها بكفاءة.

وإذا كان العصر القادم هو عصر المواد متناهية الصغر ذات الخواص الفائقة ، أى عصر النانوتكنولوجى فإننا يمكن أن نعتبره عصر الكيمياء ، لأنها المسئولة عن بناء واكتشاف هذا النوع من المواد .



الكيمياء مركز العلوم

Chemistry is The Central Science

المصطلحاتُ الأساسيّةُ :

Physical Sciences	العلوم الطبيعية
Biochemistry	الكيمياء الحيوية
Physical chemistry	الكيمياء الفيزيائية
Measurement	القياس
Measurement unit	وحدة القياس
Nanotechnology	النانوتكنولوجى
Nano	النانو
Nanochemistry	كيمياء النانو
Measurement Instrument	أجهزة القياس
International System of Units (S.I)	النظام الدولى لوحدات القياس

الفصل الأول : الكيمياء والقياس

Chemistry and Measurement

نواتج التعلم

فى نهاية هذا الفصل يصبح الطالب قادرًا على أن:

- يتعرف ماهية الكيمياء.
- يتعرف دور الكيمياء فى حياتنا.
- يشرح العلاقة بين الكيمياء وباقى فروع العلم.
- يتعرف طبيعة القياس وأهميته.
- يحدد وحدات القياس الكمية للنظم المختلفة.
- يحدد علاقة وحدات القياس الكمية للنظم المختلفة بالنظام الدولى (SI).
- يتعرف الأدوات والأجهزة المستخدمة فى معمل الكيمياء.
- يستخدم الأدوات والأجهزة بدقة وكفاءة.
- يتعرف وتستخدم الأدوات الدقيقة المصغرة .

▲ شكل (١) العلوم الطبيعية

علم الكيمياء

يعيش الإنسان حياته باحثًا فى الكون من حوله ، فى محاولة دائمة ودائبة لفهم ظواهر هذا الكون وتفسيرها ، بل والتحكم فيها أيضًا. هذه المجهودات التى يبذلها الإنسان أثمرت وستظل تثمر عن حقائق ومفاهيم ومبادئ وقوانين ونظريات ، يضمها نسق أو بناء هو العلم.

العلم Science : بناء منظم من المعرفة يتضمن الحقائق والمفاهيم والمبادئ والقوانين والنظريات العلمية ، وطريقة منظمة فى البحث والتقصى.

ويختلف مجال العلم باختلاف الظواهر موضع الدراسة ، والأدوات المستخدمة والطرق المتبعة فى البحث ، ومن هذه العلوم علم الكيمياء.

علم الكيمياء Chemistry : هو العلم الذى يهتم بدراسة تركيب المادة وخواصها والتغيرات التى تطرأ عليها ، وتفاعل المواد المختلفة مع بعضها البعض والظروف الملائمة لذلك.

وعلم الكيمياء هو أحد العلوم الطبيعية Physical Science شكل (1) التى عرفها الإنسان ومارسها منذ زمن بعيد، وقد ارتبط هذا العلم منذ الحضارات القديمة بالمعادن والتعدين وصناعة الألوان والطب والدواء وبعض الصناعات الفنية كدبغ الجلود وصباغة الأقمشة وصناعة الزجاج واستخدمه المصريون القدماء فى التحنيط وقد أصبح علم الكيمياء الآن له دور فى جميع مجالات الحياة.

مجال دراسة علم الكيمياء :

يهتم علم الكيمياء بدراسة التركيب الذرى والجزيئى للمواد وكيفية ارتباطها ، ومعرفة الخواص الكيميائية لها ، ووصفها كمًّا وكيفًا ، ولا يقتصر عمل الكيميائيين على ذلك ولكنهم يتوصلون أيضًا إلى الدور الذى تقوم به هذه المواد وكيف تقوم به بدءًا من مكونات الذرة إلى الجزيئات الكبيرة ، كذلك التفاعلات الكيميائية التى تتحول بها المتفاعلات إلى نواتج وكيفية التحكم فى ظروف التفاعل. للوصول إلى منتجات جديدة مفيدة تلبى الاحتياجات المتزايدة فى المجالات المختلفة مثل الطب والزراعة والهندسة والصناعة. كما يساهم علم الكيمياء فى علاج بعض المشكلات البيئية مثل تلوث الهواء والماء والتربة ، ونقص المياه ، ومصادر الطاقة ، وغير ذلك من المجالات.

الكيمياء مركز العلوم

ابحث بنفسك

راجع شبكة المعلومات ووضح العلاقة بين الكيمياء والتطبيقات التالية :

▲ شكل (٢) العلاقة بين الكيمياء والحياة

يعتبر علم الكيمياء مركزًا لمعظم العلوم الأخرى ، كعلم الأحياء والفيزياء والطب والزراعة وغيرها من العلوم نذكر منها على سبيل المثال ما يلى :

الكيمياء والبيولوجى :

علم البيولوجى هو علم خاص بدراسة الكائنات الحية ، ويسهم علم الكيمياء فى فهم التفاعلات الكيميائية التى تتم داخل الكائنات الحية ومنها تفاعلات الهضم والتنفس والبناء الضوئى وغيرها. ينتج عن التكامل بين البيولوجى والكيمياء علم الكيمياء الحيوية Biochemistry ويختص بدراسة التركيب الكيميائى لأجزاء الخلية فى مختلف الكائنات الحية ، مثل الدهون والكربوهيدرات والبروتينات والأحماض النووية وغيرها.

الكيمياء والفيزياء :

الفيزياء هى العلم الذى يدرس كل ما يتعلق بالمادة وحركتها و الطاقة ، ومحاولة فهم الظواهر الطبيعية والقوى المؤثرة عليها ، كما تهتم بالقياس وابتكار طرق جديدة للقياس تزيد من دقتها ، وينتج عن التكامل بين الفيزياء والكيمياء علم الكيمياء الفيزيائية Physical Chemistry ، ويختص بدراسة خواص المواد وتركيبها والجسيمات التى تتكون منها هذه المواد مما يسهل على الفيزيائيين القيام بدراستهم.

الكيمياء والطب والصيدلة :

الأدوية التى يستخدمها المرضى ويصفها الأطباء ما هى إلا مواد كيميائية لها خواص علاجية ، يقوم الكيميائيون بإعدادها فى معاملهم ، أو مواد مستخلصة من مصادر طبيعية. وتفسر لنا الكيمياء طبيعة عمل الهرمونات والإنزيمات فى جسم الإنسان. وكيف يستخدم الدواء فى علاج الخلل فى عمل أى منها.

الكيمياء والزراعة :

يسهم علم الكيمياء فى اختيار التربة المناسبة لزراعة محصول ما وذلك عن طريق التحليل الكيميائى الذى يحدد نسب مكوناتها ومدى كفاية هذه المكونات لاحتياجات هذه النباتات وكذلك تحديد السماد المناسب لهذه التربة لزيادة انتاجيتها من المحاصيل ، كما تسهم فى انتاج المبيدات الحشرية الملائمة للآفات الزراعية.

الكيمياء والمستقبل :

عن طريق الكيمياء يتم اكتشاف وبناء مواد لها خصائص فائقة وغير عادية وقد ساهمت كيمياء النانوتكنولوجى، فى تصنيع بعض المواد التى يتم عن طريقها تطوير مجالات عديدة منها الهندسة والاتصالات والطب والبيئة و المواصلات وتلبى العديد من الاحتياجات البشرية ويمكن تقسيم علم الكيمياء إلى فروع مثل : الكيمياء الفيزيائية – الكيمياء الحيوية – الكيمياء العضوية – الكيمياء التحليلية – الكيمياء الحرارية – الكيمياء النووية – الكيمياء الكهربية – الكيمياء البيئية و غيرها ...

القياس فى الكيمياء Measurement in Chemistry

طبيعة القياس :

إن التطور العلمى والصناعى والتكنولوجى والاقتصادى الذى نعيشه فى العصر الحديث هو نتاج الاستعمال الصحيح والدقيق لمبادئ القياسات .

> **القياس Measurement : هو مقارنة كمية مجهولة بكمية أخرى من نوعها لمعرفة عدد مرات احتواء الأولى على الثانية.**

يجب أن تحتوى نتيجة عملية القياس على ثلاثة نقاط أساسية وهى :

- **القيمة العددية** : التى من خلالها نصف البعد أو الخاصية المقاسة.
- **وحدة قياس مناسبة** : متفق عليها فى إطار نظام وحدات القياس الدولية المتعارف عليها. وهى مقدار محدد من كمية فيزيائية معينة معرفة ومعتمدة بموجب القانون ، تستخدم كمعيار لقياس مقدار فعلى لهذه الكمية.
- **نسبة خطأ معينة** : كل عملية قياس بها نسبة خطأ معينة تعود لأسباب متعلقة بالجهاز المستخدم ، أو ظروف استخدامه ، وكذلك الخطأ البشرى الناتج من مستخدم الجهاز.

معلومة إثرائية

يعتبر العالم الفرنسى أنطوان لافوازييه هوالمسئول عن جعل الكيمياء علمًا كميًّا دقيقًا ، حيث أن تجاربه كانت من النوع الكمى بالدرجة الأولى ، فهو أول من قام بتحديد تركيب حامضى النيتريك والكبريتيك ، وصاغ قانون بقاء الكتلة. وقد أعطت أعمال لافوازييه دفعه قوية فى تطوير أدوات وأجهزة القياس فى الكيمياء.

أهمية القياس فى الكيمياء :

أصبحت أساليب التحليل والقياس فى الكيمياء فى الوقت الحالى أكثر تطورًا من حيث الدقة والتنوع ، وأصبح الإنسان يعتمد عليها فى مختلف مجالات الحياة من بيئة وتغذية وصحة وزراعة وصناعة وغير ذلك ، وذلك من أجل توفير المعلومات اللازمة والمعطيات الكمية لكى يتمكن من استخدام الإجراءات اللازمة والتدابير المناسبة.

1. القياس ضرورى من أجل التعرف على نوع وتركيز العناصر المكونة للمواد التى نستخدمها ونتعامل معها

اختبر مهاراتك

الجدول التالى يوضح مكونات زجاجتين من المياه المعدنية مقدرة بوحدة mg / L.

المكونات	Na^+	K^+	Mg^{2+}	Ca^{2+}	Cl^-	$(HCO_3)^-$	$(SO_4)^{2-}$
الزجاجة (أ)	25.5	2.8	8.7	12	14.2	103.7	41.7
الزجاجة (ب)	120	8	40	70	220	335	20

اقرأ البيانات جيدًا ، ثم اجب عن الأسئلة التالية :

- إذا علمت أن مستهلك يتبع نظاما غذائيا قليل الملح – أى زجاجة يختارها ؟
- استهلك شخص خلال يوم 1.5 لتر ماء من الزجاجة ب ، احسب كتلة الكالسيوم التى حصل عليها خلال اليوم.
- ما أهمية بطاقة البيانات بالنسبة للمستهلك ؟ هل القياس ضرورى فى حياتنا ؟

2. القياس ضرورى من أجل المراقبة والحماية

يحدد الجدول التالى المعايير العالمية للحكم على صلاحية المياه للشرب ، استخدم البيانات الواردة فى الجدول للحكم على جودة الماء فى الملصقين السابقين.

المكونات	Na^+	K^+	Mg^{2+}	Ca^{2+}	Cl^-	$(SO_4)^{2-}$	$(NO_3)^-$	pH
الكمية	أقل من 150	أقل من 12	أقل من 50	أقل من 300	250 - 200	أقل من 250	أقل من 10	6.5 - 9

تتطلب سلامة البيئة وحمايتها مراقبة ماء الشرب والهواء الذى نتنفسه والمواد الغذائية والزراعية وهذا يتطلب قياسات عديدة ومتنوعة.

3. القياس ضرورى لتقدير موقف ما ، واقتراح علاج فى حالة وجود خلل

اختبر مهاراتك

تمثل الوثيقة التى أمامك نتائج تحليلات بيولوجية طبية خضع لها شخص ما صباحًا قبل الإفطار ، وضح :

- ماذا تعنى القيمة المرجعية ؟
- مـاذا تستنتج من نتائج تركيز السكر وحمض البوليك فى دم هذا الرجل ؟
- ما القرارات التى يجب عليه أن يتخذها ؟

وثيقة تحاليل طبية

نوع التحليل	قيمة التحليل	القيمة المرجعية
Glucose	70	110 – 70
Uric Acid	9.2	8.3 – 3.6

فى التحليلات الطبية تمكننا القياسات التى نحصل عليها من اتخاذ القرارات اللازمة لإصلاح أوجه الخلل.

أنظمة القياس ووحداته Measurement Systems and its Units

مع التقدم الصناعى الذى واكب الثورة الصناعية أصبحت وحدات القياس التقليدية لا تفى بالغرض منها. مما أبرز الحاجة إلى توحيد نظم القياس على المستوى الدولى ، وتطورت وحدات القياس مرورًا بكل من النظام الإنجليزى والنظام الفرنسى حتى وصلنا إلى النظام الدولى لوحدات القياس (SI) .

والجدول التالى يوضح بعض الكميات ووحداتها والرمز المعبر عنها فى النظام الدولى :

الكمية المقاسة		الوحدة		الرمز
الطول أو البعد	Length or distance	المتر	meter	m
الكتلة	Mass	كيلوجرام	Kilogram	kg
الزمن	Time	ثانية	Second	s
درجة الحرارة	Temperature	كلفن	Kelvin	K
شدة التيار الكهربى	Intensity	أمبير	Ampere	A
كمية المادة	Quantity of matter	مول	Mole	mol
شدة الاستضاءة	Luminosity	شمعة	Candela	Cd
كمية الكهربية	Quantity of electricity	الكولوم	Coulomb	Coul.

▲ جدول (1) الوحدات فى النظام الدولى

وقد اشتقت بعض الوحدات من النظام الدولى مثل :

- **الجول (J)** : يستخدم لقياس كمية الحرارة والطاقة والشغل ويعادل $kg.m^2.S^{-2}$.
- **الدرجة السيليزية (°C)** : تستخدم لقياس درجة الحرارة ووجد أن 0°C يقابل 273 K

أدوات القياس فى معمل الكيمياء Measurement tools in chemical lab

يتم إجراء التجارب الكيميائية فى مكان ذى مواصفات وشروط معينة ، يسمى المختبر أو معمل الكيمياء، يتطلب معمل الكيمياء توفير احتياطات الأمان المناسبة ، ووجود مصدر للحرارة كموقد بنزن ، ومصدر للماء وأماكن لحفظ المواد الكيميائية والأدوات والأجهزة المختلفة. ومن الضرورى معرفة الطريقة الصحيحة لاستخدام كل منها وطريقة حفظها. وفيما يلى عرض تفصيلى لبعض الأجهزة والأدوات التى تستخدم فى معمل الكيمياء والغرض من استخدامها :

الميزان الحساس The Sensitive Balance

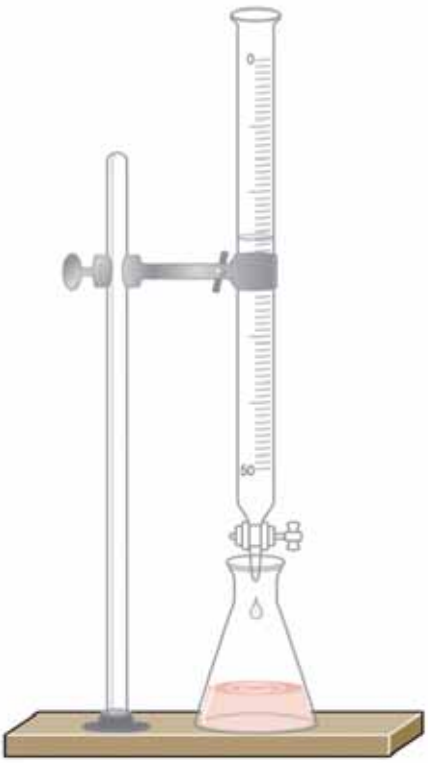
يستخدم لقياس كتل المواد. وتختلف الموازين فى تصميمها وأشكالها ، والموازين الرقمية هى الأكثر شيوعًا Digital Balances ، وأكثر أنواعها استخدامًا الميزان ذو الكفة الفوقية Top loading balance شكل (3) وفى الغالب تُثبَّت التعليمات الخاصة باستخدام الميزان فى أحد جوانبه ، ويجب قبل استخدام الموازين قراءة هذه التعليمات بعناية.

▲ شكل (٣) الميزان ذو الكفة الفوقية

كتاب الأنشطة والتدريبات
تعيين كتلة مادة

السحاحة Burette :

أنبوبة زجاجية طويلة ذات فتحتين ، إحداهما لملء السحاحة بالمحلول والأخرى مثبت عليها صمام للتحكم بكمية المحلول المأخوذ منها ، ويتم تثبيت السحاحة إلى حامل ذى قاعدة معدنية خاصة حتى يتم الحفاظ على الشكل العمودى المطلوب لها خلال التجارب. تستخدم السحاحة عادة فى التجارب التى تتطلب نسبة عالية من الدقة فى القياس مثل إضافة أحجام دقيقة من السوائل أثناء المعايرة وفى السحاحة يكون صفر التدريج قريبًا من الفتحة العلوية وينتهى قبل الصمام.



▲ شكل (٤) السحاحة مثبتة على حامل

الكؤوس الزجاجية Beakers :

أوانٍ زجاجية مصنوعة من زجاج البيركس تُستخدم لحفْظ المحاليل أثناء التفاعلات ولمعرفة القياس التقريبى لحجوم المحاليل ، حيث يوجد منها أنواع مدرجة وذات سعة محددة كما تستخدم فى نقل حجم معلوم من السائل من مكان لآخر.

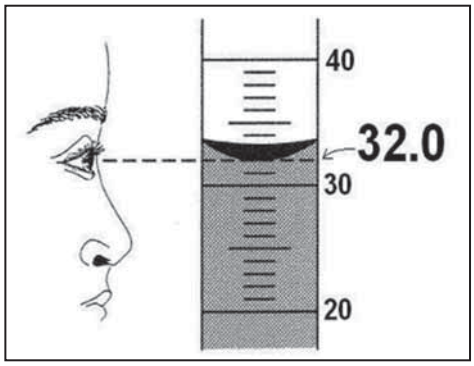
▲ شكل (٥) كؤوس زجاجية ذات أحجام مختلفة

▲ شكل (٦) الطريقة الصحيحة فى استخدام الكأس

المخبار المدرج Graduated Cylinder :

يصنع من الزجاج أو البلاستيك ، ويستخدم لقياس حجوم السوائل ونقلها من مكان إلى آخر ، ويوجد منه سعات مختلفة.

▲ شكل (٧) مخابير مدرجة ذات سعات مختلفة



▲ شكل (٨) كيف تحدد حجم سائل فى المخبار؟

تأكد من فهمك

كيف تستخدم المخبار المدرج فى تحديد حجم جسم صلب لا يذوب ؟

الدوارق Flasks :

أحد أنواع الأدوات الزجاجية فى معمل الكيمياء ، وتستخدم فى تحضير المواد وحفظ المحاليل وقياس حجومها إذا كان الدورق ذا سعة محددة. ويوجد منها أنواع مختلفة حسب الغرض من استخدامها ومنها :

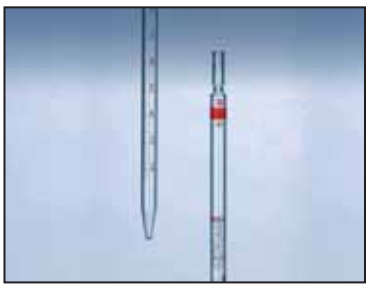
- الدورق المخروطى Conical Flask : يصنع من زجاج البيركس و تختلف أنواعه باختلاف سعة الدورق، ويستخدم فى عملية المعايرة.
- الدوارق المستديرة Round – Bottom Flasks : غالبًا ما تصنع من مادة زجاج البيركس وتختلف أنواعه باختلاف سعة الدورق ، تستخدم فى عمليات التحضير والتقطير.
- دورق عيارى Volumetric Flask : يصنع من زجاج البيركس ويحتوى فى أعلاه على علامة تحدد الحجم الذى يضاف من الماء لتحضير محلول بتركيز معلوم ، ويستخدم لتحضير محاليل معلومة التركيز بدقة .

▲ شكل (٩) دورق مخروطى

▲ شكل (١٠) دورق عيارى

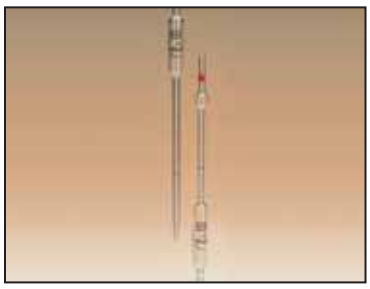
الماصة Pipette :

أنبوبة زجاجية طويلة مفتوحة من الطرفين ، وبها علامة عند أعلاها تحدد مقدار سعتها الحجمية ومدون عليها نسبة الخطأ فى القياس ، وتستخدم لقياس ونقل حجم معين من محلول ، وتملأ بالمحلول بشفطه بأداة شفط وخاصة فى حالة المواد شديدة الخطورة والأكثر استخدامًا فى المعامل هى الماصة ذات الانتفاخين.



▲ شكل (١١) ماصة مدرجة

▲ شكل (١٢) ماصة بأداة شفط

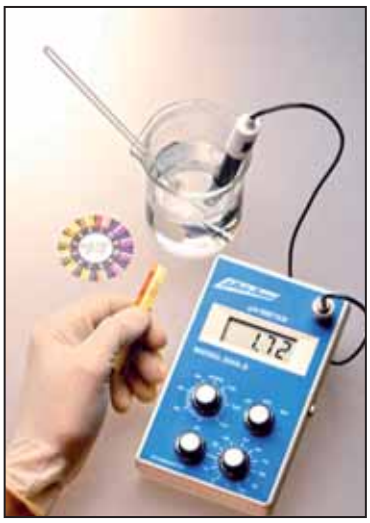


▲ شكل (١٣) ماصة ذات انتفاخين

كتاب الأنشطة والتدريبات

تعيين كثافة الماء

أدوات قياس الأس الهيدروجينى (pH) :



▲ شكل (١٤) أجهزة قياس الأس الهيدروجينى

الأس أو الرقم الهيدروجينى هو القياس الذى يحدد تركيز أيونات الهيدروجين H^+ فى المحلول ، لتحديد ما إذا كان حمضًا أو قاعدة أو متعادلًا وهذا القياس على درجة كبيرة من الأهمية فى التفاعلات الكيميائية والتفاعلات البيوكيميائية ، ويوجد منه أشكال متعددة منها الشرائط الورقية والأجهزة الرقمية بأشكالها المختلفة.

فعند استخدام الشريط الورقى يغمس فى المحلول المراد قياس الرقم الهيدروجينى له فيتغير لون الشريط إلى درجة معينة ثم تحدد قيمة pH من خلال تدريج يبدأ من 0 إلى 14 تبعًا لدرجة اللون ، أما الجهاز الرقمى فهو أكثر دقة ، حيث يغمس قطب موصل بالجهاز فى المحلول فتظهر قيمة pH مباشرة على الشاشة الرقمية للجهاز فإذا كانت قيمة $pH < 7$ يكون المحلول حمضى وإذا كانت قيمة $pH > 7$ يكون المحلول قاعدى أما إذا كانت قيمة $pH = 7$ يكون المحلول متعادل .

بالاستعانة بالشبكة الدولية للمعلومات (الإنترنت) اكتب تقريرًا عن الأدوات المعملية المصغرة Microscale

▲ شكل (١٥) حقيبة أدوات معمل مصغرة

الفصل الثانى : النانوتكنولوجى والكيمياء

Nanotechnology and Chemistry

نواتج التعلم

فى نهاية هذا الفصل يصبح الطالب قادراً على أن:

- يتعرف مفهوم النانوتكنولوجى.
- يعدد بعض تطبيقات كيمياء النانوتكنولوجى.
- يستنتج التأثيرات المفيدة والضارة للنانوتكنولوجى.

ما المقصود بالنانوتكنولوجى ؟

النانوتكنولوجى Nanotechnology مصطلح من كلمتين ، الكلمة الأولى نانو Nano وهى مأخوذة من كلمة نانوس Nanos اليونانية وتعنى القزم Dwarf أو الشيء المتناهى فى الصغر ، والثانية تكنولوجى Technology وتعنى التطبيق العملى للمعرفة فى مجال معين.

النانوتكنولوجى : هو تكنولوجيا المواد المتناهية فى الصغر ، ويختص بمعالجة المادة على مقياس النانو لإنتاج نواتج جديدة مفيدة وفريدة فى خواصها.

ركن التفكير

أيهما أكبر : المليون أم المليار ؟

أيهما أكبر : جزء من المليون أم جزء من المليار ؟

هل تفضل أن يكون تركيز مادة سامة (الرصاص مثلًا) فى مياه الشرب ، جزء واحد من المليار ، أو جزء واحد من المليون ؟ ولماذا ؟

أذكر أشياء تعرفها تقدر بالمليار ، وأشياء أخرى تقدر بجزء من المليار.

النانو وحدة قياس فريدة

من وجهة النظر الرياضية والفيزيائية النانو يساوى جزء واحد على مليار (0.000000001) من الوحدة المقاسة ؛ فالنانومتر يعادل جزء من مليار جزء من المتر أى أنها 10^{-9} متر. وكذلك هناك النانوثانية والنانوجرام والنانومول والنانوجول وهكذا. ويستخدم النانو كوحدة قياس للجزيئات المتناهية الصغر.

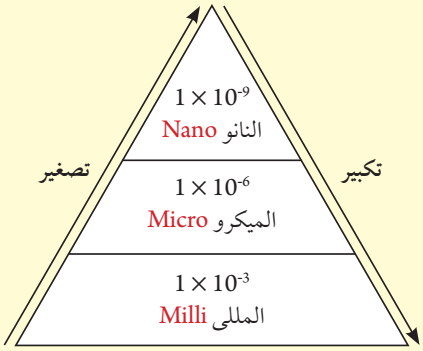
تأكد من فهمك

باستخدام 10^{n} حدد العلاقات بين :

المللى والميكرو

المللى والنانو

الميكرو والنانو

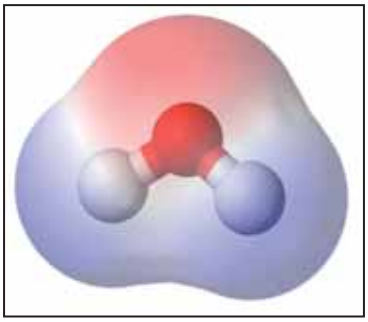


كراسة الأنشطة

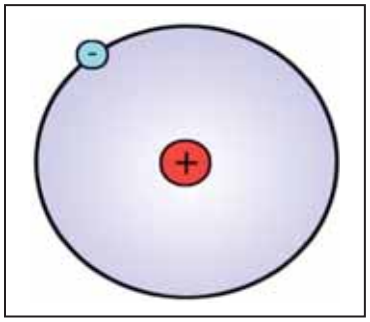
تعرف مقياس النانو

ويمكن توضيح مدى صغر وحدة النانو من خلال الأمثلة التالية :

▲ شكل (١٦) قطر حبة الرمل يبلغ حوالى 10^{6} nm.



▲ شكل (١٧) قطر جزيء الماء يساوى 0.3 nm تقريبًا.



▲ شكل (١٨) قطر الذرة الواحدة يتراوح بين 0.1 – 0.3 nm

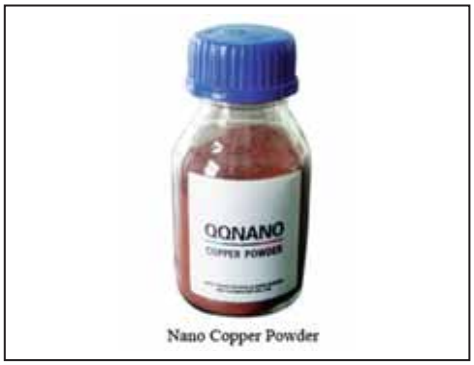
الفريد فى مقياس النانو Nanoscale هو أن خواص المادة فى هذا البعد كاللون والشفافية ، والقدرة على التوصيل الحرارى والكهربى والصلابة والمرونة ونقطة الإنصهار وسرعة التفاعل الكيميائى وغيرها من الخواص ، تتغير تمامًا وتصبح المادة ذات خواص جديدة وفريدة وقد اكتشف العلماء أن هذه الخواص تتغير باختلاف الحجم النانوى من المادة فيما يسمى بالخواص المعتمدة على الحجم.

الحجم النانوى الحرج : هو الحجم الذى تظهر فيه الخواص النانوية الفريدة للمادة ويقع بين 1 – 100 nm

وحتى يمكننا فهم الخواص المعتمدة على الحجم Size Dependant Characteristics والذى تنفرد به المواد النانوية ، نعرض الأمثلة التالية :

✪ **نانو الذهب** : نعلم أن الذهب أصفر اللون وله بريق ، ولكن عندما يتقلص حجم الذهب ليصبح بمقياس النانو فإنه يختلف ، وقد اكتشف العلماء أن نانو الذهب يأخذ ألوانا مختلفة حسب الحجم النانوى فقد يكون الذهب أحمر ، برتقالى ، أخضر وقد يصبح أزرق اللون ، وذلك لأن تفاعل الذهب فى هذا البعد من المادة مع الضوء يختلف عن الحجم المرئى منها.

✪ **نانو النحاس** : لاحظ العلماء أن صلابة جسيمات النحاس تزداد عندما تتقلص من قياس الماكرو macro (الوحدات الكبيرة) إلى قياس النانو nano وأنها تختلف باختلاف الحجم النانوى من المادة.



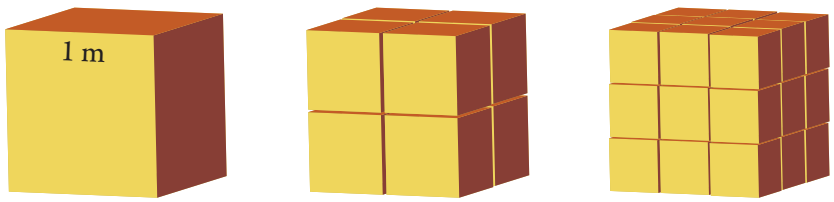
▲ شكل (١٩) نانو النحاس

▲ شكل (٢٠) ألوان مختلفة لنانو الذهب

وما ينطبق على الأمثلة السابقة ينطبق أيضًا على الحجم النانوى لأى مادة ، مما يجعل المواد النانوية تُظهر من الخواص الفريدة الفائقة مالا تظهره فى الحجمين الماكرو Macro ، والميكرو Micro من المادة، مما يؤدى إلى استخدامها فى تطبيقات جديدة غير مألوفة . وترجع الخواص الفائقة للمواد النانوية إلى العلاقة بين مساحة السطح إلى الحجم.

اختبر مهاراتك

راجع الرسم التالى واحسب النسبة بين **مساحة الأسطح والحجم** فى المكعبات الثلاثة.
ماذا تستنتج ؟ ماذا يحدث لو استمر التقسيم لنصل إلى مكعب طول ضلعه يقدر بالنانومتر ؟



▲ شكل (٢١) العلاقة بين مساحة السطح والحجم

فى الحجم النانوى من المادة تزداد النسبة بين مساحة السطح إلى الحجم زيادة كبيرة جدًّا ويصبح عدد ذرات المادة المعرضة للتفاعل كثيرة جدًّا إذا ما قورنت بعددها فى الحجم الأكبر من المادة ، هذه النسبة بين مساحة السطح إلى الحجم تكسب الجسيمات النانوية خواص كيميائية وفيزيائية وميكانيكية جديدة وفريدة.

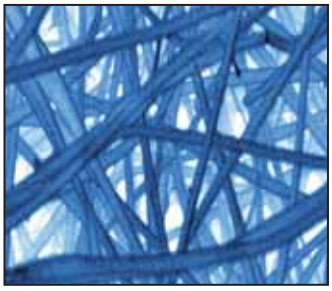
ويمكنك فهم ذلك ، إذا ما تذكرت أن سرعة ذوبان مكعب من السكر فى الماء أقل من سرعة ذوبان نفس المكعب فى نفس كمية الماء وفى نفس درجة الحرارة إذا تم تجزئته إلى حبيبات من السكر فى نفس كمية الماء ، فالنسبة الكبيرة بين مساحة السطح إلى الحجم فى حالة الحبيبات تزيد من سرعة الذوبان.

كيمياء النانو Nanochemistry

فرع من فروع علوم النانو ، يتعامل مع التطبيقات الكيميائية للمواد النانوية ويتضمن دراسة ووصف وتخليق المواد ذات الأبعاد النانوية . ويتعلق بالخواص الفريدة المرتبطة بتجميع الذرات والجزيئات بأبعاد نانوية ، والمواد النانوية متعددة الأشكال ، قد تكون على شكل حبيبات أو أنابيب أو أعمدة أو شرائح دقيقة أو أشكال أخرى ، ويمكن تصنيف المواد النانوية وفقا لعدد الأبعاد النانوية للمادة كما يلى :

المواد النانوية أحادية الأبعاد

هى المواد ذات البعد النانوى الواحد الذى يتراوح ما بين nm (100 – 1) ، ومن أمثلتها الأغشية الرقيقة Thin Films التى تستخدم فى طلاء الأسطح لحمايتها من الصدأ والتآكل، وفى تغليف المنتجات الغذائية بهدف وقايتها من التلوث والتلف. والأسلاك النانوية nanowires التى تستخدم فى الدوائر الإلكترونية والألياف النانوية التى تستخدم فى عمل مرشحات الماء.

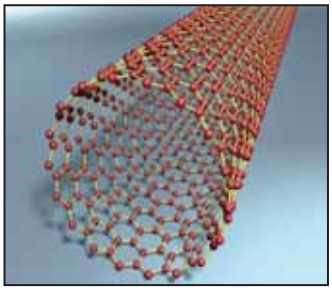


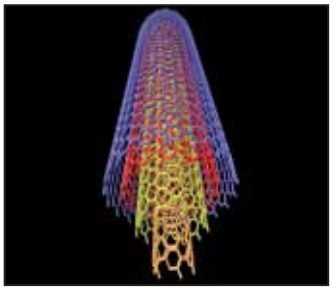
▲ شكل (٢٢) الألياف النانوية

▲ شكل (٢٣) الأغشية الرقيقة

المواد النانوية ثنائية الأبعاد

وهى المواد النانوية التى تمتلك بعدين يتراوح ما بين nm(100 - 1) ، ومنها أنابيب الكربون النانوية Carbon nanotubes أحادية ومتعددة الجدر .





▲ شكل (٢٤) من أشكال أنابيب النانو أحادية ومتعددة الجدر

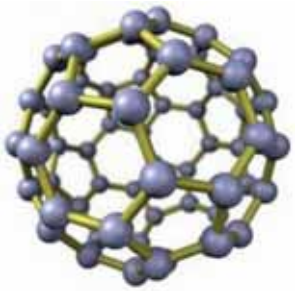
ومن الخواص المميزة لأنابيب الكربون النانوية :

- موصل جيد للكهرباء والحرارة ، فدرجة توصيلها للكهرباء أعلى من النحاس ، أما توصيلها للحرارة فهو أعلى من درجة توصيل الماس.
- أقوى من الصلب بسبب قوى الترابط بين جزيئاتها ، وأخف منه وبذلك فإن سلك أنابيب النانو ، والذى يساوى حجم شعرة الإنسان يمكنه بسهولة أن يحمل قاطرة. هذه القوة ألهمت العلماء لعمل أحبال ذات متانة يستخدمونها لعمل مصاعد الفضاء.
- ترتبط بسهولة بالبروتين وبسبب هذه الخاصية ، يمكن استخدامها كأجهزة استشعار بيولوجية لأنها حساسة لجزيئات معينه .

المواد النانوية ثلاثية الأبعاد

وهى المواد التى تمتلك ثلاثة أبعاد نانوية يتراوح ما بين (100 - 1)nm، مثل صدفة النانو وكرات البوكى Bucky Balls . تتكون كرة البوكى من 60 ذرة من ذرات الكربون ويرمز لها بالرمز C60 ، ولها مجموعة من الخصائص المميزة والتى تعتمد على تركيبها. لاحظ أن النموذج الجزيئى لكرات البوكى يبدو ككرة قدم مجوفة ، وبسبب شكل الكرة المجوف يختبر العلماء الآن فاعلية استخدام كرة البوكى كحامل للأدوية فى الجسم. فالتركيب المجوف يمكنه أن يتناسب مع جزيء من دواء معين داخله. بينما الجزء الخارجى لكرات البوكى مقاوم للتفاعل مع جزيئات أخرى داخل الجسم .

▲ شكل (٢٥) صدفة النانو



▲ شكل (٢٦) كرة البوكى

كتاب الأنشطة والتدريبات
تصميم نموذج لكرة البوكى

معلومة إثرائية

اكتشف العلماء أن السيوف الدمشقية التى استخدمها العرب والمسلمون قديمًا والمعروفة بالقوة والصلابة يدخل فى تركيبها جسيمات الفضة النانوية.

▲ شكل (٢٧) السيف الدمشقى

تطبيقات نانوتكنولوجية

فى مجال الطب

- التشخيص المبكر للأمراض وتصوير الأعضاء والأنسجة.
- توصيل الدواء بدقة إلى الأنسجة والخلايا المصابة مما يزيد من فرص الشفاء ويقلل من الأضرار الجانبية للعلاج التقليدى الذى لا يفرق بين الخلايا المصابة والخلايا السليمة.
- إنتاج أجهزة متناهية الصغر للغسيل الكلوى يتم زراعتها فى جسم المريض.
- إنتاج روبوتات نانوية يتم إرسالها إلى تيار الدم حيث تقوم بإزالة الجلطات الدموية من جدار الشرايين دون تدخل جراحى.

معلومة إثرائية

الدكتور مصطفى السيد أول عالم مصرى يحصل على قلادة العلوم الوطنية الأمريكية لإنجازاته فى مجال النانوتكنولوجى وتطبيقه لهذه التكنولوجيا باستخدام مركبات الذهب النانوية فى علاج مرض السرطان.

فى مجال الزراعة

- التعرف على البكتريا فى المواد الغذائية وحفظ الغذاء.
- تطوير مغذيات ومبيدات حشرية وأدوية للنبات والحيوان بمواصفات خاصة.

فى مجال الطاقة

- إنتاج خلايا شمسية باستخدام نانو السيليكون تتميز بقدرة تحويلية عالية للطاقة فضلًا عن عدم تسرب الطاقة الحرارية.
- انتاج خلايا وقود هيدروجينى قليلة التكلفة وعالية الكفاءة.

فى مجال الصناعة

- إنتاج جزيئات نانوية غير مرئية تكسب الزجاج والخزف خاصية التنظيف التلقائى.

- تصنيع مواد نانوية من أجل تنقية الأشعة فوق البنفسجية بهدف تحسين نوعية مستحضرات التجميل والكريمات المضادة لأشعة الشمس.
- تكنولوجيا التغليف بالنانو على شكل طلاءات وبخاخات تعمل على تكوين طبقات تغليف تحمى شاشات الأجهزة الالكترونية من الخدش.
- تصنيع أنسجة طاردة للبقع وتتميز بالتنظيف الذاتى.

فى مجال وسائل الاتصالات

- أجهزة النانو اللاسلكية والهواتف المحمولة والأقمار الصناعية.
- تقليص حجم الترانزستور.
- تصنيع شرائح إلكترونية تتميز بقدرة عالية على التخزين.

فى مجال البيئة

- مثل المرشحات النانوية التى تعمل على تنقية الهواء والماء ، وتحلية الماء وحل مشكلة النفايات النووية ، إزالة العناصر الخطيرة من النفايات الصناعية.

التأثيرات الضارة المحتملة للنانوتكنولوجى

على الرغم من أن تكنولوجيا النانو لها العديد من التطبيقات إلا أن البعض يرى أنه من الممكن حدوث تأثيرات ضارة لها ، ومن مخاوفهم :

- **التأثيرات الصحية** : تتمثل فى أن جزيئات النانو صغيرة جدًّا يمكن أن تتسلل من خلال أغشية خلايا الجلد والرئة لتستقر داخل الجسم أو داخل أجسام الحيوانات وخلايا النباتات ما قد يتسبب عنه مشكلات صحية .
- **التأثيرات البيئية** : منها التلوث النانوى Nanopollution ونقصد به التلوث بالنفايات الناجمة عن عملية تصنيع المواد النانوية ، والتى يمكن أن تكون على درجة عالية من الخطورة، ذلك بسبب حجمها. حيث تستطيع أن تعلق فى الهواء وقد تخترق بسهولة الخلايا الحيوانية والنباتية فضلًا عن تأثيرها على كل من المناخ والماء والهواء والتربة.
- **التأثيرات الاجتماعية** : يرى المعنيون بالآثار الاجتماعية للنانوتكنولوجى أنها ستسفر عن تفاقم المشكلات الناجمة عن عدم المساواة الاجتماعية والاقتصادية القائمة بالفعل ومنها التوزيع غير المنصف للتكنولوجيا والثروات.

المصطلحات الأساسية فى الباب الأول

- **علم الكيمياء** : العلم الذى يهتم بدراسة تركيب المادة وخصائصها والتغيرات التى تطرأ عليها ، وتفاعل المواد المختلفة مع بعضها البعض. ص **4**
- **القياس** : هو مقارنة كمية مجهولة بكمية أخرى من نوعها لمعرفة عدد مرات احتواء الأولى على الثانية. ص **6**
- **وحدة القياس** : مقدار محدد من كمية معينة ، معرفة ومعتمدة بموجب القانون ، تستخدم كمعيار لقياس مقدار فعلى لهذه الكمية . ص **7**
- **النانوتكنولوجى** : تكنولوجيا المواد المتناهية فى الصغر ، ويختص بمعالجة المادة على مقياس النانو لإنتاج نواتج جديدة مفيدة . ص **13**
- **كيمياء النانو** : فرع من فروع علوم النانو ، يتعامل مع التطبيقات الكيميائية للمواد النانوية . ص **16**

نشاط بحثى

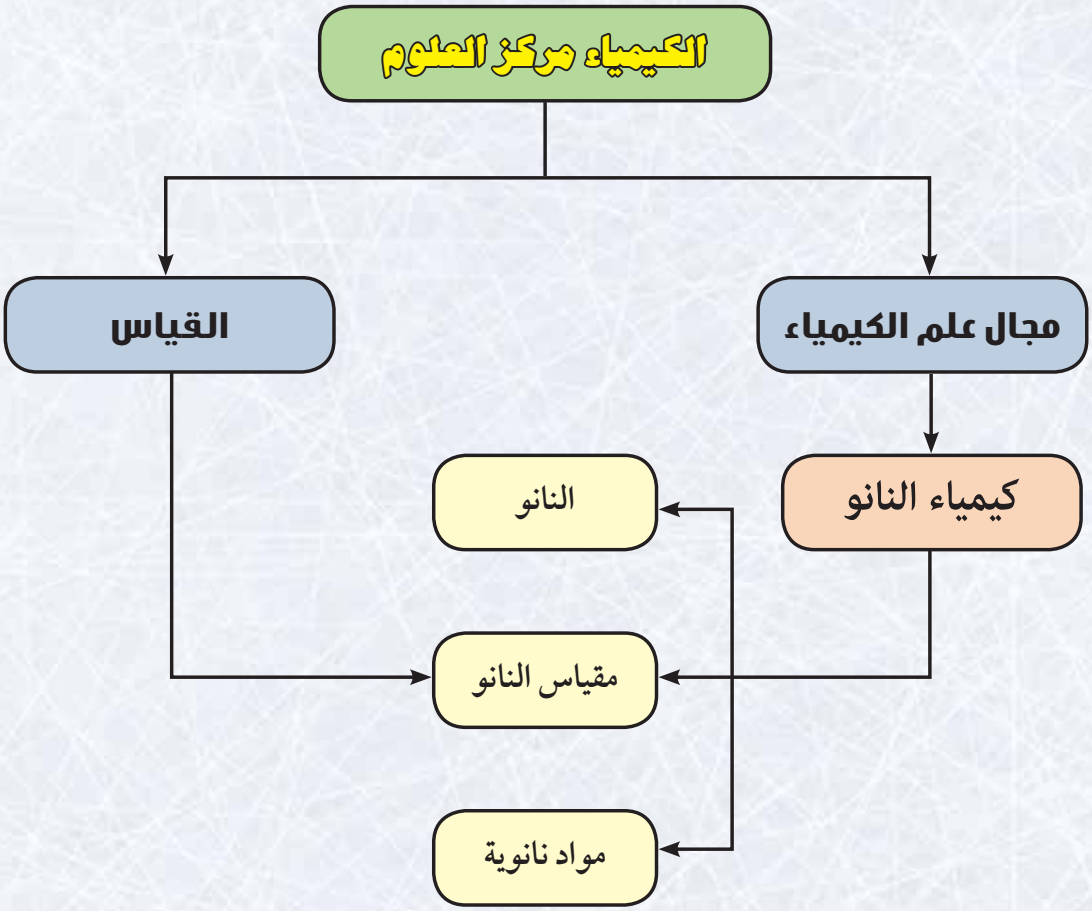
استخدم شبكة المعلومات لعمل بحث عن مصاعد الفضاء.

- لماذا يهتم علماء الفضاء بعمل مصاعد للفضاء ؟
- كيف يساعد مجال النانو تكنولوجى العلماء فى انجاز هذا الاختراع.
- ما مدى التقدم الذى أحرزه العلماء فى هذا المشروع.
- هل تعتقد أن مثل هذه المشروعات تستحق ما يبذل فيها من جهد ومال.

اكتب رأيك واعرض التقرير على معلمك وزملائك.

نصائح عامة

مخطط تنظيمى للباب الأول



الباب الثانى

الأهدافُ العامّةُ للباب الثانى :

فى نهايةِ هذا الباب يُصبح الطالب قادرًا على أن :

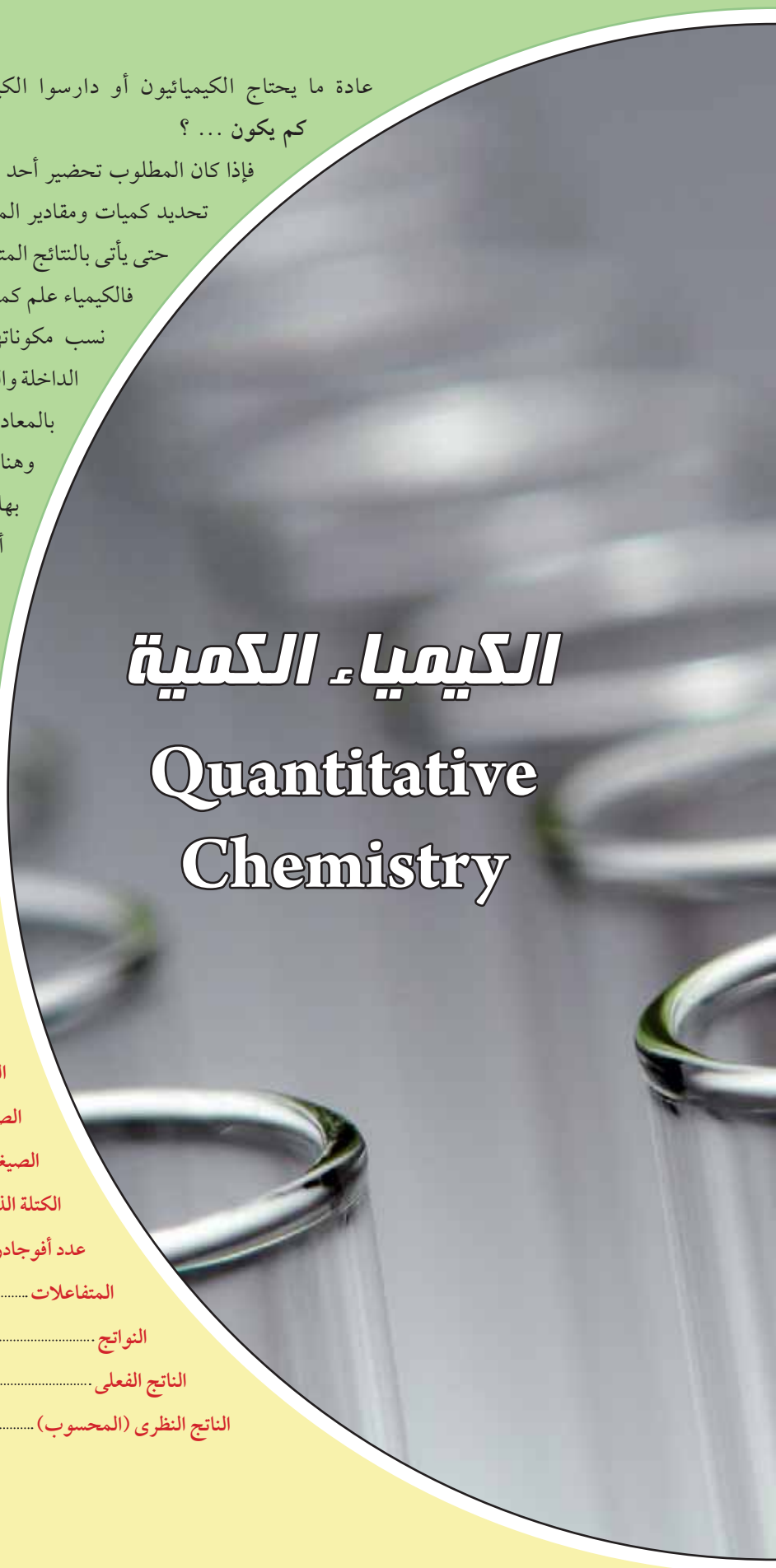
- يعبر عن تفاعل كيميائى باستخدام معادلة رمزية موزونة.
- يحسب كتلة المول لمركب كيميائى بمعلومية الكتل الذرية.
- يذكر العلاقة بين المول وعدد أفوجادرو.
- يتعرف حجم مول الغاز عند (م. ض. د).
- يحسب عدد مولات الغاز بمعلومية حجمه وحجم المول الواحد.
- يحسب النسبة المئوية لمكونات مادة بالاستعانة بصيغتها الكيميائية أو بالنتائج التجريبية.
- يستنبط الصيغة الأولية والصيغة الجزيئية للمركب بالاستعانة بالنتائج التجريبية.
- يحسب كميات المواد المتفاعلة الكيميائية المتزنة.

فصول الباب الثانى :

① المول والمعادلة الكيميائية

② حساب الصيغة الكيميائية

القضايا المتضمنة : ترشيد الاستهلاك



الكيمياء الكمية
Quantitative Chemistry

عادة ما يحتاج الكيميائيون أو دارسوا الكيمياء للإجابة على تساؤل مهم وهو **كم يكون ... ؟**

فإذا كان المطلوب تحضير أحد العقاقير الطبية بطريقة كيميائية فلابد من تحديد كميات ومقادير المواد الداخلة فى تركيب هذا العقار بدقة حتى يأتى بالنتائج المتوقعة له.

فالكيمياء علم كمى نستخدمه لتحليل عينات معينة لتحديد نسب مكوناتها ، كذلك فإن تحديد كميات المواد الداخلة والناتجة من التفاعل الكيميائى يكون مرتبطًا بالمعادلة الكيميائية المعبرة عن هذا التفاعل.

وهناك أكثر من وسيلة للقياس يمكن التعامل بها مع المواد المختلفة مثل الكتلة أو العدد أو الحجم ، ويتوقف ذلك على طبيعة المواد التى نتعامل معها وفى هذا الجزء سوف نتناول الطرق الحسابية المستخدمة لتحديد الكميات فى التفاعلات الكيميائية.

المصطلحاتُ الأساسيّةُ :

- Balanced Equation ..... المعادلة الموزونة
- Mass ..... كتلة
- Mole ..... المول
- Molecular Formula ..... الصيغة الجزيئية
- Chemical Formula ..... الصيغة الكيميائية
- Empirical Formula ..... الصيغة الأولية
- Atomic Mass ..... الكتلة الذرية
- Avogadro's Number ..... عدد أفوجادرو
- Reactants ..... المتفاعلات
- Products ..... النواتج
- Practical Yield ..... الناتج الفعلى
- Theoretical Yield ..... الناتج النظرى (المحسوب)

الفصل الأول : المول والمعادلة الكيميائية

Mole and Chemical Equation

نواتج التعلم

فى نهاية هذا الفصل يصبح الطالب قادرًا على أن:

- يعبر عن تفاعل كيميائى باستخدام معادلة رمزية موزونة.
- يحسب كتلة المول لمركب كيميائى بمعلومية الكتل الذرية.
- يتذكر العلاقة بين المول وعدد أفوجادرو.
- يتعرف حجم مول الغاز عند (م. ض. د).
- يحسب عدد مولات الغاز بمعلومية حجمه وحجم المول الواحد.
- يحسب كميات المواد المتفاعلة والناتجة من المعادلة المتزنة باستخدام وحدات المول والكتلة.
- يقدر جهود العلماء.
- يقدر عظمة الخالق وإبداعه فى الكون.

ابحث بنفسك

قام أحد الطلاب بمعاونة معلمه بحرق شريط من الماغنسيوم فى أكسجين نقى داخل بوتقة من السيراميك للحصول على أكسيد الماغنسيوم.

ما هى الخطوات والحسابات التى يجب اجراؤها للتعبير عن هذا التفاعل بمعادلة كيميائية موزونة ؟

المعادلة الكيميائية Chemical Equation

عندما يحدث تفاعل كيميائى بين الماغنسيوم والأكسجين على سبيل المثال فإن المعادلة الكيميائية الرمزية المعبرة عن ذلك تكتب كما يلى :

$$2Mg_{(s)} + O_{2(g)} \xrightarrow{\Delta} 2MgO_{(s)}$$

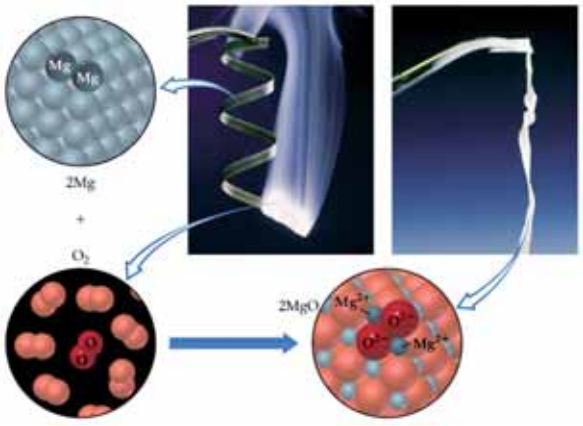
- تعبر المعادلة الكيميائية عن الرموز والصيغ الكيميائية للمواد المتفاعلة والناتجة من التفاعل يربط بينهما سهم يُعبر عن اتجاه سير التفاعل يَحمل شروط هذا التفاعل.

✪ توضح المعادلة الكيميائية كميات المواد الداخلة فى التفاعل والناتجة منه ، فعند وصف المعادلة المعبرة عن احتراق الماغنسيوم فى الأكسجين كميًا فإننا نقول إن كل 2 جزيء من الماغنسيوم الصلب تتفاعل مع 1 جزيء من غاز الأكسجين وينتج 2 جزيء من أكسيد الماغنسيوم الصلب .

✪ تتضمن المعادلة الحالة الفيزيائية للمادة سواء كانت صلبة أو سائلة أو غازية أو محلولاً مائيًا وغيرها ... والجدول رقم (1) يوضح الرموز المستخدمة للتعبير عن الحالات الفيزيائية ، وتكتب أسفل يمين الرمز الكيميائى للمادة.

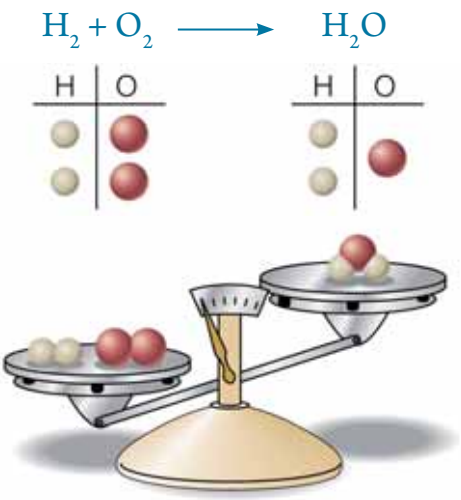
s	Solid	صلب
l	Liquid	سائل
g	Gas	غاز
aq	Aqueous Solution	محلول مائى

▲ جدول (١) رموز الحالة الفيزيائية للمادة

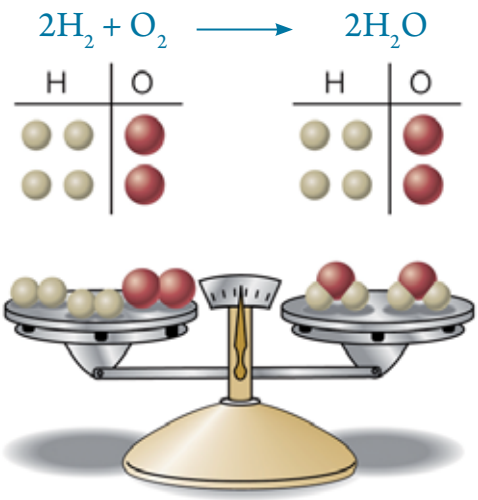


احتراق الماغنسيوم فى الأكسجين

✪ يجب أن تكون المعادلة الكيميائية موزونة ، بمعنى أن يكون عدد ذرات العنصر الداخلة فى التفاعل مساوٍ لعدد ذرات نفس العنصر الناتجة من التفاعل لتحقيق قانون بقاء الكتلة ، فالمعادلة التالية تعبر عن تفاعل اتحاد الهيدروجين مع الأكسجين لتكوين الماء وبالنظر للمعادلة فى شكل (1) نجد أن عدد ذرات الأكسجين الناتجة من التفاعل أقل من الداخلة فى التفاعل ، ولوزن المعادلة نبدأ فى التعامل معها كمعادلة رياضية بضرب طرفى المعادلة فى المعاملات التى تجعل المعادلة موزونة Balanced Equation كما بالشكل (2) :



▲ شكل (١) قبل وزن المعادلة

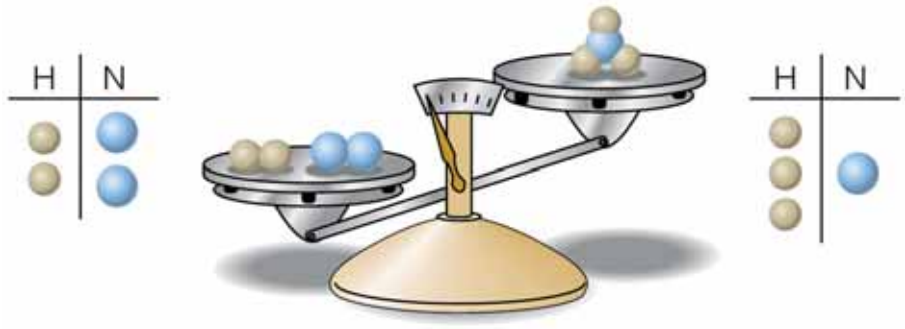


▲ شكل (٢) بعد وزن المعادلة

معلومة إثرائية

أول من وضع تصورًا لشكل المعادلة الكيميائية هو العالم الفرنسى جان بيجين Jean Beguin فى عام 1615.

اختبر مهاراتك



التفاعل السابق يعبر عن اتحاد الهيدروجين H_2 مع النيتروجين N_2 لتكوين النشادر NH_3.
عبر عن هذا التفاعل بمعادلة رمزية موزونة.

✪ تمثل المعادلة الكيميائية قانونًا للعلاقة الكمية بين المتفاعلات Reactants والنواتج Products أى يمكن مضاعفة أو تجزئة هذه الكميات ، ولكن إذا أردنا تنفيذ هذا التفاعل عمليًا. فهل يمكن الحصول على 2 جزيء من الماغنسيوم أو 4 جزيئات أو حتى آلاف الجزيئات منه ؟

تذكر أن

الجزيء : هو أصغر جزء من المادة يمكن أن يوجد على حالة انفراد وتتضح فيه خواص المادة.

الذرة : هى أصغر وحدة بنائية للمادة تشترك فى التفاعلات الكيميائية.

الجزيء أو الذرة كلها جسيمات متناهية فى الصغر تقدر أبعادها بوحدة النانومتر ويصعب التعامل معها عمليًا.

المول The Mole

اتفق العلماء على استخدام اصطلاح المول فى النظام الدولى للقياس (SI) للتعبير عن كميات المواد المستخدمة والناتجة من التفاعل الكيميائى. **فماذا يعنى المول ؟**

✪ إذا كانت المادة فى صورة ذرات فإن كتلة الذرة الواحدة يطلق عليها الكتلة الذرية وهى صغيرة جدًا ، وتقدر بوحدة الكتل الذرية a. m. u. .

✪ فإذا كانت الكتلة الذرية للكربون (C) = 12 a. m. u. ، فإن مولًا من ذرات الكربون يعبر عن 12 g من ذرات الكربون.

- إذا كانت المادة فى صورة جزيئات ففى هذه الحالة تكون كتلة الجزيء الواحد عبارة عن مجموع الكتل الذرية للذرات المكونة لهذا الجزيء ، ويطلق عليها الكتلة الجزيئية.

الكتلة الجزيئية : هى مجموع كتل الذرات المكونة للجزيء.

كتلة الجزيء من ثانى أكسيد الكربون CO_2 تعنى المجموع الجبرى لكتلة ذرتين من الأكسجين وذرة من الكربون.

أى أن كتلة جزيء CO_2 = (2 × كتلة ذرة الأكسجين) + (1 × كتلة ذرة الكربون)

فإذا علمت أن الكتلة الذرية للأكسجين = 16 a. m. u. والكتلة الذرية للكربون = 12 a. m. u.

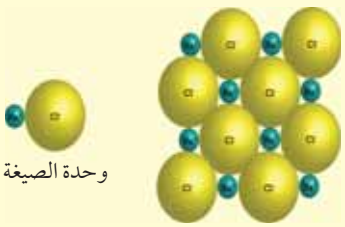
فإن كتلة جزيء CO_2 = (16 × 2) + (12 × 1) = 32 + 12 = 44 a. m. u.

ويكون مول من جزيئات CO_2 = 44 g

- فى حالة المركبات الأيونية والتى يمكن التعبير عن وحدتها البنائية بوحدة الصيغة بدلًا من الجزيء ، فإن كتلة وحدة الصيغة يمكن حسابها بنفس طريقة حساب الكتلة الجزيئية.

لاحظ أن

المركبات الأيونية تكون فى شكل بناء هندسى منتظم يعرف بالشبكة البللورية ، حيث يحاط الأيون بأيونات مخالفة له فى الشحنة من جميع الاتجاهات ، ويمكن التعبير عنها بوحدة الصيغة التى توضح النسبة بين الأيونات المكونة لها. والصورة التى أمامك توضح نموذجًا تخطيطيًّا للشبكة البللورية لملح كلوريد الصوديوم الأيونى.



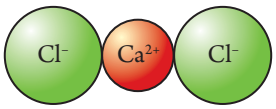
فعلى سبيل المثال فإن كتلة وحدة الصيغة من كلوريد الكالسيوم الأيونى $CaCl_2$ تحسب كالآتى :

كتلة $CaCl_2$ = (2 × كتلة أيون الكلوريد) + (1 × كتلة أيون الكالسيوم)

فإذا علمت أن الكتلة الذرية للكلور = 35.5 a. m. u. والكتلة الذرية للكالسيوم = 40 a. m. u.

فإن كتلة $CaCl_2$ = (35.5 × 2) + (40 × 1) = 71 + 40 = 111 a. m. u.

وبذلك يكون مول من $CaCl_2$ = 111 g



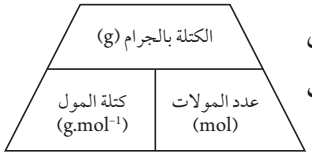
▲ شكل (٣) وحدة الصيغة من كلوريد الكالسيوم

معلومة إثرائية

أول من أطلق اسم (مول) هو العالم فيلهلم أوستفالد فى عام 1894 من الكلمة الألمانية Mol وهو تكبير لكلمة Molecule أى جزيء

كتاب الأنشطة والتدريبات
المول والمعادلة الكيميائية

المول وكتلة المادة Mole and the Mass of Matter



إذا استخدمت كتلة من غاز ثانى أكسيد الكربون مقدارها 44 g فهذا يعنى أنك تستخدم مولًا واحدًا منه. وإذا استخدمت كتلة منه مقدارها 22 g فإنك تستخدم نصف مول منه.

$$\text{عدد المولات من المادة (mol)} = \frac{\text{كتلة المادة بالجرام (g)}}{\text{كتلة المول الواحد منها } (g.mol^{-1})}$$

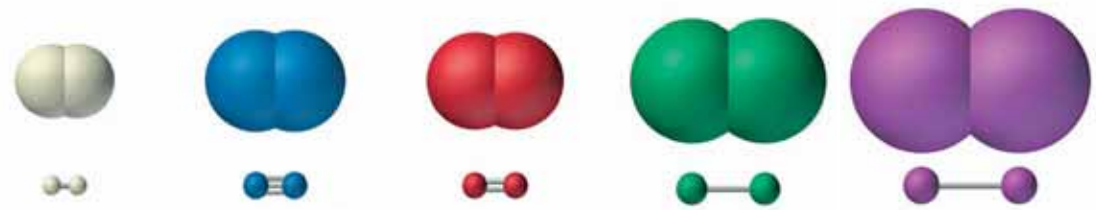
- تختلف كتلة المول من مادة لأخرى ، ويرجع ذلك إلى اختلاف المواد عن بعضها فى تركيبها الجزيئى وبالتالى اختلاف كتلتها الجزيئية ، حيث أن مول من النحاس (Cu) = 63.5 g بينما مول من كبريتات النحاس المائية ($CuSO_4.5H_2O$) = 249.5 g

▲ شكل (٤) يوضح مول واحد من مواد مختلفة

- يختلف مول جزيء العنصر عن مول ذرة العنصر فى الجزيئات ثنائية الذرة مثل الأكسجين O_2 والنيتروجين N_2 والهيدروجين H_2 وغيرها.

فإذا كان الأكسجين فى صورة جزيئات فإن كتلة المول من جزيئات الأكسجين $O_2 = 16 \times 2 = 32$ g

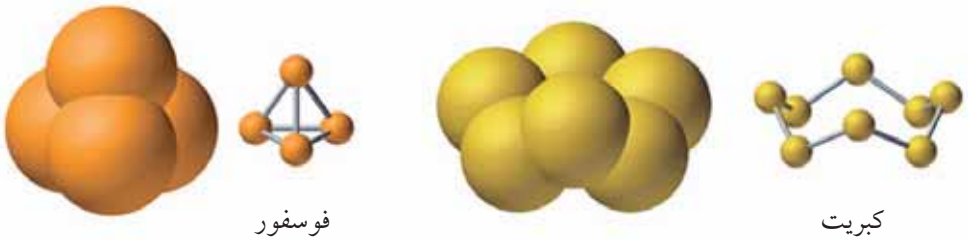
وإذا كان الأكسجين فى صورة ذرات تكون كتلة المول من ذرات الأكسجين $O = 16 \times 1 = 16$ g



يود (I_2) | كلور (Cl_2) | أكسجين (O_2) | نيتروجين (N_2) | هيدروجين (H_2)

▲ شكل (٥) جزيئات ثنائية الذرة

✪ هناك عناصر يختلف تركيبها الجزيئى تبعًا لحالتها الفيزيائية مثل الفوسفور فى الحالة البخارية يتكون الجزيء من أربعة ذرات (P_4) ، وكذلك الكبريت فى الحالة البخارية يوجد فى صورة جزيء ثمانى الذرات (S_8) ، بينما فى الحالة الصلبة فإن جزيء كل منهما عبارة عن ذرة واحدة ، وبالتالى يختلف المول فى الحالة البخارية عن المول فى الحالة الصلبة.



كبريت (S_8) | فوسفور (P_4)

▲ شكل (٦) اختلاف التركيب الجزيئى تبعًا للحالة الفيزيائية

اختبر مهاراتك

احسب الكتلة المولية لكل مما يأتى P_4 ، $NaCl$ ، H_2SO_4 ، H_2O علما بأن الكتل الذرية هى [H = 1 ، O = 16 ، S = 32 ، Na = 23 ، Cl = 35.5 ، P = 31]

مما سبق يمكننا التعبير عن الكميات الداخلة والناتجة من تفاعل الماغنسيوم والأكسجين كما يلى :

2 مول من الماغنسيوم تحتاج إلى 1 مول من الأكسجين لينتج 2 مول من أكسيد الماغنسيوم

أى أن 48 g من الماغنسيوم تحتاج إلى 32 g من الأكسجين لينتج 80 g من أكسيد الماغنسيوم

علمًا بأن الكتلة الذرية Atomic Mass لكل من الماغنسيوم والأكسجين هى 24 a. m. u. ، 16 a. m. u. على الترتيب.

$2Mg$	+	O_2	⟶	$2MgO$
2 mol		1 mol		2 mol
2×24		2×16		$2(24 + 16)$
48		32		2×40
		80g		80g

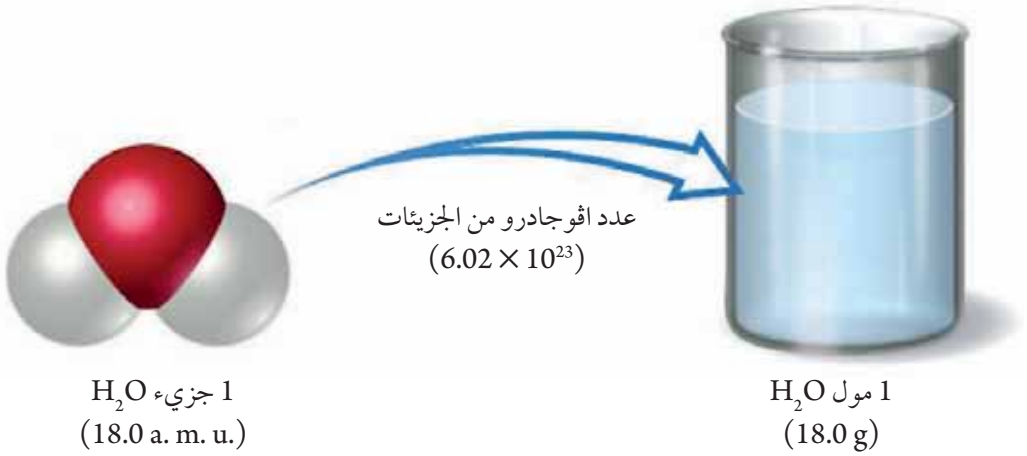
▲ شكل (٧) العلاقة بين كميات المواد الداخلة والناتجة فى تفاعل الماغنسيوم والأكسجين

المادة المحددة للتفاعل :

إن كل تفاعل كيميائى يحتاج كميات محسوبة بدقة من المتفاعلات للحصول على الكميات المطلوبة من النواتج. وإذا زادت كمية أحد المتفاعلات عن المطلوب فإن هذه الكمية الزائدة تظل كما هى دون أن تتفاعل، وإذا كانت كمية أحد المتفاعلات أقل من عدد مولاتها فى المعادلة الموزونة تكون هى المادة المتحكمة فى التفاعل وتسمى بالمادة المحددة للتفاعل ، فإذا كانت كمية الأكسجين فى المثال السابق 16g فقط أى 0.5 mol يكون الأكسجين هو المادة المحددة للتفاعل وتصبح كمية MgO الناتجة 40 g فقط ويتبقى 24 g من الماغنسيوم دون تفاعل ، أما إذا كانت كتلة الماغنسيوم 12 g فقط أى 0.25 mol يكون هو المادة المحددة للتفاعل وتكون كمية MgO الناتجة 10 g فقط ويتبقى من الأكسجين 24 g دون تفاعل.

المول وعدد أڤوجادرو The Mole and Avogadro's number

استخدم الكيميائيون المول للتعبير عن عدد وحدات المادة سواء كانت فى صورة ذرات أم جزيئات أم وحدات الصيغة الأيونية أم الأيونات المفردة . وقد توصل العالم الإيطالى أميدو أڤوجادرو Amedeo Avogadro إلى أن عدد الذرات أو الجزيئات أو الأيونات الموجودة فى مول واحد من المادة هو عدد ثابت مهما كانت الصورة التى توجد عليها هذه المادة ، وُجد فيما بعد أن هذا العدد يقدر بحوالى 6.02×10^{23} لذا سمى بعدد أفوجادرو تكريمًا له.



▲ شكل (٨) مول من الماء عبارة عن 6.02×10^{23} جزيء منها

عدد أڤوجادرو Avogadro's Number : هو عدد ثابت يمثل عدد الذرات أو الجزيئات أو الأيونات الموجودة فى مول واحد من المادة ويساوى 6.02×10^{23} (ذرة أو جزيء أو أيون).

أضف إلى معلوماتك

تمكن العلماء من قياس كتلة ذرة الكربون -12 بدقة باستخدام مطياف الكتلة ووجد انها تساوى 1.993×10^{-23} g وبالتالى تم الوصول إلى ثابت أڤوجادرو حسابيًا كما يلى :

$$\frac{12 \text{ g}}{1 \text{ mol}} \times \frac{1 \text{ atom}}{1.993 \times 10^{-23} \text{ g}} = 6.02 \times 10^{23} \text{ atom/mol}$$

- إذا كانت المادة فى صورة ذرات مثل الكربون أو الحديد أو الكبريت الصلب ، فهذا يعنى أن مولًا من أى من هذه المواد يحتوى على 6.02×10^{23} ذرة من هذه المادة ، فعلى سبيل المثال :

مول من الكربون يحتوى على 6.02×10^{23} ذرة كربون.

معلومة إثرائية

إذا تم ترتيب الذرات المتناهية الصغر الموجودة فى 12 g من عنصر الكربون على شكل خط فإنه يمتد أكثر من أضعاف المسافة بين الأرض والشمس.

- إذا كانت المادة فى صورة جزيئات سواء لعناصر أو مركبات فإن مولًا من هذه المادة يحتوى على 6.02×10^{23} جزيء من هذه المادة ، فعلى سبيل المثال :

✓ فى حالة عنصر مثل الأكسجين فإن مولًا من O_2 يحتوى على 6.02×10^{23} جزيء O_2

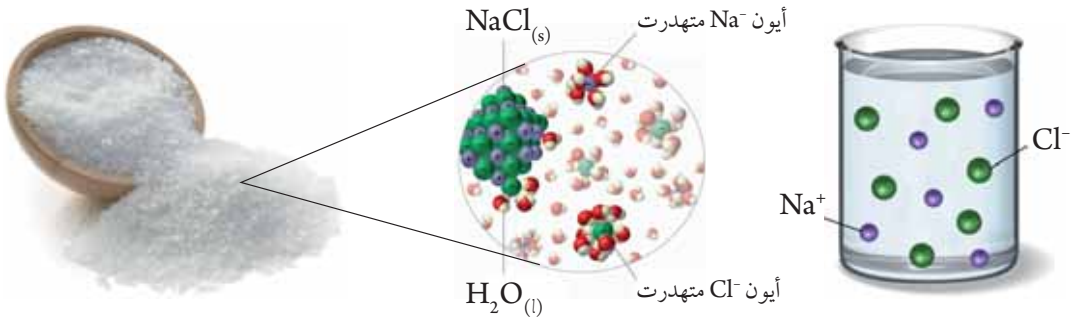
✓ فى حالة مركب مثل الماء فإن مولًا من H_2O يحتوى على 6.02×10^{23} جزيء H_2O

- بعض العمليات الفيزيائية مثل تفكك جزيئات بعض المواد عند ذوبانها فى الماء فى صورة أيونات أو انصهار المركبات الأيونية ، وكذلك بعض التفاعلات الكيميائية تتم بين الأيونات مثل تفاعلات التعادل بين الحمض والقاعدة أو تفاعلات الترسيب يتم التعبير عنها فى صورة معادلات أيونية.

✓ فعند إذابة ملح كلوريد الصوديوم فى الماء يعبر عنه بالمعادلة الأيونية التالية :

$$\underset{1 \text{ mol}}{NaCl_{(s)}} \xrightarrow{\text{ماء}} \underset{1 \text{ mol}}{Na^+_{(aq)}} + \underset{1 \text{ mol}}{Cl^-_{(aq)}}$$

وهذا يعنى أن مولًا من NaCl الصلب ينتج مولًا من أيونات Na^+ عبارة عن 6.02×10^{23} أيون Na^+ ومولًا من أيونات Cl^- عبارة عن 6.02×10^{23} أيون Cl^- ويكون المجموع الكلى لعدد الأيونات فى المحلول 12.04×10^{23} أيون.



▲ شكل (٩) عند إذابة ملح كلوريد الصوديوم فى الماء فإنه يتفكك إلى أيونات Cl^- , Na^+

✓ عند تعادل حمض الكبريتيك مع هيدروكسيد الصوديوم لتكوين ملح كبريتات صوديوم وماء ، فإننا نعبر عن هذا التفاعل بالمعادلة الرمزية التالية :

$$2NaOH_{(aq)} + H_2SO_{4(aq)} \longrightarrow Na_2SO_{4(aq)} + 2H_2O_{(l)}$$

وحيث أن هذه المواد فى محاليلها المائية تكون موجودة فى صورة أيونات ما عدا الماء هو المادة الوحيدة الموجودة فى صورة جزيئات ، فإنه يمكن التعبير عن هذا التفاعل فى صورة معادلة أيونية كما يلى :

$$2Na^+_{(aq)} + 2OH^-_{(aq)} + 2H^+_{(aq)} + SO^{2-}_4 \longrightarrow 2Na^+_{(aq)} + SO^{2-}_4 + 2H_2O_{(l)}$$

وبالنظر إلى المعادلة السابقة نجد أن أيونات Na^+ وأيونات $SO^{2-}_{4(aq)}$ ظلت فى التفاعل كما هى دون اتحاد ، أى أنها لم تشترك فى التفاعل ، وبإهمالها من طرفى المعادلة نحصل على المعادلة الأيونية المعبرة عن التفاعل ، والتى تبين الأيونات المتفاعلة فقط.

$$2OH^-_{(aq)} + 2H^+_{(aq)} \longrightarrow 2H_2O_{(l)}$$

وعند إضافة قطرات من محلول ملح ثانى كرومات البوتاسيوم إلى محلول نترات الفضة يتكون كرومات الفضة الذى لا يذوب فى الماء فينفصل فى صورة صلبة عبارة عن راسب أحمر.

$$K_2Cr_2O_{7(aq)} + 2AgNO_{3(aq)} \longrightarrow 2KNO_{3(aq)} + Ag_2Cr_2O_{7'(s)}$$

اختبر مهاراتك

عبر عن التفاعل السابق بمعادلة أيونية موزونة.

لاحظ أن

فى المعادلة الأيونية الموزونة يجب أن يكون مجموع الشحنات الموجبة مساويًا لمجموع الشحنات السالبة فى كل من طرفى المعادلة بالإضافة إلى تساوى عدد ذرات العنصر الداخلة والناتجة من التفاعل.

مما سبق يمكن أن نعبر عن العلاقة بين عدد المولات وعدد الذرات أو الجزيئات أو الأيونات فى القانون الكلى :

عدد ← الذرات / أو الجزيئات / أو الأيونات = عدد مولات × عدد أفوجادرو (6.02×10^{23}) ← الذرات / أو الجزيئات / أو الأيونات

مثال:

احسب عدد ذرات الكربون الموجودة فى 50 g من كربونات الكالسيوم علمًا بأن:

[Ca = 40 , C = 12 , O = 16]

الحل:

مول من كربونات الكالسيوم $CaCO_3 = 40 + 12 + 3 \times 16 = 100$ g

وحيث أن مول من $CaCO_3$ يحتوى على 1 mol من ذرات الكربون C

أى أن 100 g يحتوى على 1 mol من ذرات الكربون C

لذلك فإن 50 g يحتوى على X mol

` X (عدد مولات ذرات الكربون) $= \frac{1 \times 50}{100} = 0.5$ mol

` عدد ذرات الكربون $= 0.5 \times 6.02 \times 10^{23} = 3.01 \times 10^{23}$ ذرة

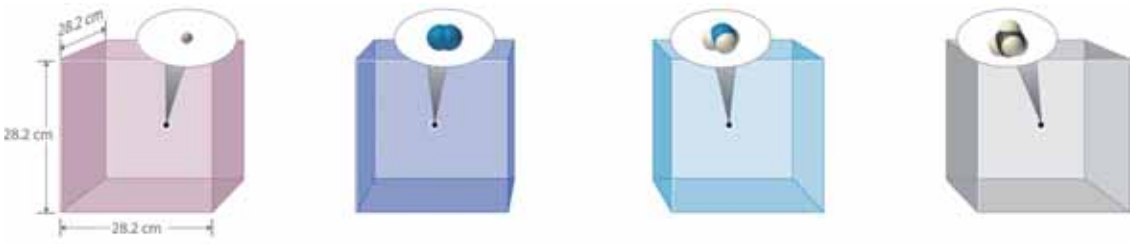
المول وحجم الغاز The Mole and the Volume of Gas

من المعلوم أن المادة الصلبة أو السائلة لها حجم ثابت ومحدد يمكن قياسه بطرق متعددة. أما حجم الغاز فإنه يساوى دائمًا حجم الحيز أو الإناء الذى يشغله. ولكن نتيجة البحث العلمى والتجارب وجد العلماء أن المول من أى غاز إذا وضع فى الظروف القياسية من درجة الحرارة والضغط Standard Temperature and Pressure (STP) يشغل حجمًا محددًا قدره 22.4 لترًا.

لاحظ أن

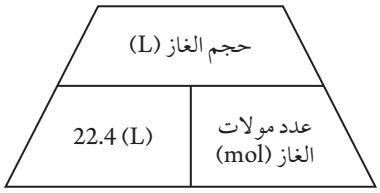
الظروف القياسية من درجة الحرارة والضغط (STP) تعنى وجود المادة فى درجة حرارة 273 كلفن والتى تعادل 0°C وضغط 760 mm.Hg وهو الضغط الجوى المعتاد 1 atm.p

هذا يعنى أن مولًا من غاز الميثان CH_4 يشغل حجمًا قدره 22.4 L كما أن مولًا من غاز الأمونيا NH_3 يشغل حجمًا قدره 22.4 L أيضًا بشرط أن تكون هذه الغازات فى (STP) .



CH_4	NH_3	N_2	He
16 g	17 g	28 g	4 g
n = 1 mol	n = 1 mol	n = 1 mol	n = 1 mol
V = 22.4 L	V = 22.4 L	V = 22.4 L	V = 22.4 L

▲ شكل (١٠) العلاقة بين عدد مولات الغاز وحجمه فى الظروف القياسية



وبذلك يمكن التعبير عن العلاقة بين عدد مولات الغاز وحجمه فى الظروف القياسية من الضغط ودرجة الحرارة كما يلى :

حجم الغاز (STP) = عدد مولات الغاز × 22.4 L

مثال:

احسب حجم الأكسجين اللازم لإنتاج 90 g من الماء عند تفاعله مع وفرة من الهيدروجين فى الظروف القياسية (STP). [O = 16 , H = 1]

الحل:

$$2H_{2(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2H_2O_{(l)}$$
$$2\ mol \quad 1\ mol \qquad 2\ mol$$

مول من الماء $H_2O = 2 \times 1 + 16 = 18\ g$

من المعادلة نجد أن :

1 mol من O_2 ⟵ 2 mol من H_2O

X mol من O_2 ⟵ 90 g من H_2O

` X (عدد مولات الأكسجين) = $\frac{1 \times 90}{36}$ = 2.5 mol

` حجم غاز الأكسجين = 2.5 × 22.4 = 50 L

قانون جاى – لوساك : حجوم الغازات الداخلة فى التفاعل والناتجة منه ذات نسب محددة

وبقول آخر فإن هناك علاقة طردية بين حجوم الغازات الداخلة فى التفاعل والناتجة منه. فعند تفاعل غاز الكلور مع غاز الهيدروجين لتكوين غاز كلوريد الهيدروجين يعبر عن ذلك بالمعادلة :

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

أى أن حجمًا واحدًا من الهيدروجين يتفاعل مع حجمًا واحدًا من الكلور لتكوين حجمين من غاز كلوريد الهيدروجين.

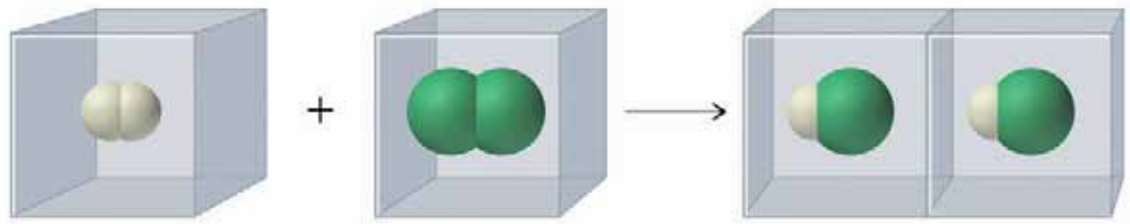
وفى تفاعل النيتروجين مع الهيدروجين لتكوين غاز النشادر :

$$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \longrightarrow 2NH_{3(g)}$$

أى أن حجمًا واحدًا من النيتروجين يتفاعل مع ثلاثة حجوم من الهيدروجين لتكوين حجمين من غاز النشادر. وقد وضح العالم أفوجادرو هذه العلاقة من خلال القانون التالى :

قانون أڤوجادرو : الحجوم المتساوية من الغازات تحت نفس الظروف من الضغط ودرجة الحرارة تحتوى على نفس عدد الجزيئات.

وهذا يعنى أن المول من أى غاز فى الظروف القياسية من الحرارة والضغط (STP) يشغل حجمًا قدره 22.4 L ويحتوى على 6.02×10^{23} جزيء من هذا الغاز. وإذا تضاعف عدد المولات يتضاعف الحجم ويتضاعف عدد الجزيئات أيضًا .



هيدروجين (H_2)	كلور (Cl_2)	كلوريد الهيدروجين (2HCl)
1 mol	1 mol	2 mol
22.4 L	22.4 L	2×22.4 L
6.02×10^{23} جزيء	6.02×10^{23} جزيء	$2 \times 6.02 \times 10^{23}$ جزيء

▲ شكل (١١) حجوم الغازات الداخلة فى التفاعل والناتجة منه ذات نسب محددة

مما سبق يمكننا وضع عدة مفاهيم للمول منها ما يلى :

- كتلة الذرة أو الجزيء أو الأيون أو وحدة الصيغة معبرًا عنها بالجرامات.
- عدد ثابت من الجزيئات أو الذرات أو الأيونات أو وحدات الصيغة مقداره 6.02×10^{23} .
- كتلة 22.4 L من الغاز فى الظروف القياسية من الحرارة والضغط (STP).

المول : هو كمية المادة التى تحتوى على عدد أڤوجادرو (6.02×10^{23}) من الذرات أو الجزيئات أو الأيونات أو وحدات الصيغة للمادة.

الفصل الثانى: حساب الصيغة الكيميائية

Calculation of Chemical Formula

نواتج التعلم

فى نهاية هذا الفصل يصبح الطالب قادرًا على أن:

- يحسب النسبة المئوية لمكونات مادة بالاستعانة بصيغتها الكيميائية أو بالنتائج التجريبية.
- يستنبط الصيغة الأولية والصيغة الجزيئية للمركب بالاستعانة بالنتائج التجريبية.
- يحسب النسبة المئوية للناتج الفعلى بالنسبة للناتج النظرى المحسوب من المعادلة الكيميائية المتزنة.

النسبة المئوية الوزنية

Weight Percent

أصبحت الملصقات الموجودة على المعلبات الغذائية أو المياه المعدنية ، وكذلك النشرات الموجودة داخل علب الأدوية شيء مهم وضرورى لتوعية المستهلكين بمكونات هذه المواد ، وعادة ما يستخدم مصطلح النسبة المئوية والذى يعنى عدد الوحدات من الجزء بالنسبة لكل 100 وحدة من الكل. وفى الحسابات الكيميائية يمكن استخدام مصطلح النسبة المئوية لحساب نسب كل مكون من مكونات عينة ما ؛ فعند حساب نسبة النيتروجين فى سماد نترات الأمونيوم NH_4NO_3 ، يجب أن نعلم كم جرامًا من النيتروجين موجودة فى 100 g من السماد ، ويمكن تحديد ذلك إما بالاستعانة بالصيغة الجزيئية للمادة أو من خلال النتائج التجريبية التى يتم الحصول عليها عمليًّا.

$$\text{النسبة المئوية لمادة} = \frac{\text{كتلة المادة فى العينة}}{\text{الكتلة الكلية للعينة}} \times 100$$

أضف إلى معلوماتك

يمكن حساب النسبة المئوية لعنصر فى مركب بمعلومية الكتلة المولية الذرية للعنصر والكتلة المولية للمركب من العلاقة :

$$\frac{\text{الكتلة المولية للعنصر}}{\text{الكتلة المولية للمركب}} \times 100$$

فالكتلة المولية لنترات الأمونيوم $NH_4NO_3 = 4 \times (H) + 2 \times (N) + 3 \times (O)$

$$= 4 \times 1 + 2 \times 14 + 3 \times 16 = 80\ g$$

هذه الكتلة تحتوى بداخلها على 2(N) أى $2 \times 14 = 28\ g$ من النيتروجين

وبذلك تكون نسبة النيتروجين فى هذا السماد = $\frac{\text{الكتلة المولية للنيتروجين (28)}}{\text{الكتلة المولية لنترات الأمونيوم (80)}} \times 100 = 35\ \%$

احسب نسبة كل من الأكسجين والهيدروجين بنفس الطريقة.

مجموع نسب العناصر المكونة للمركب لابد أن يساوى 100 ، ففى نترات الأمونيوم نجد أن نسبة النيتروجين 35% + نسبة الأكسجين 60% + نسبة الهيدروجين 5% = 100%

لاحظ أن

يمكن حساب كتلة العنصر فى مركب بمعلومية النسبة المئوية له فى هذا المركب.

مثال:

احسب كتلة الحديد الموجودة فى طن (1000 kg) من خام الهيماتيت Fe_2O_3 إذا علمت أن نسبة الحديد فى الخام حوالى 58%

الحل:

نسبة الحديد فى الخام تعنى أن :

كل 100 طن من الخام تحتوى على 58 طن من الحديد

` 1 طن من الخام يحتوى على X طن من الحديد

` X (كتلة الحديد) $= \frac{58 \times 1}{100} = 0.58$ طن $= 580\ kg$

▲ شكل (١٢) خام الهيماتيت

فكر واستنتج

احسب نسبة الأكسجين فى أكسيد الحديد III النقى Fe_2O_3 ثم استعن بالمثال السابق لحساب كتلة الشوائب الموجودة فى طن من خام الهيماتيت. (Fe = 56 , O = 16)

يمكن حساب عدد مولات كل عنصر فى المركب بمعلومية النسبة المئوية له والكتلة المولية للمركب.

مثال:

احسب عدد مولات الكربون فى مركب عضوى يحتوى على كربون وهيدروجين فقط. إذا علمت أن نسبة الكربون فى هذا المركب هى 85.71 % والكتلة المولية لهذا المركب 28 g (C = 12 , H = 1)

الحل:

$$\text{كتلة الكربون} = \frac{\text{نسبة الكربون} \times \text{الكتلة المولية للمركب}}{100} = \frac{28 \times 85.71}{100} = 24\ g$$

$$\text{عدد مولات الكربون} = \frac{24}{12} = 2\ mol$$

فكر واستنتج

فى المثال السابق احسب عدد مولات الهيدروجين ثم استنتج الصيغة الكيميائية لهذا المركب.

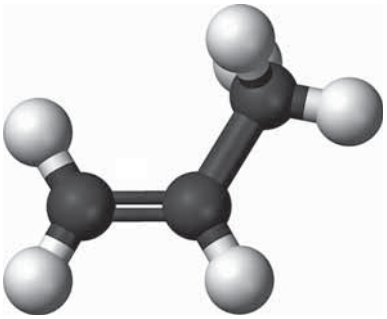
حساب الصيغة الكيميائية

تنقسم الصيغ الكيميائية إلى عدة أنواع منها الصيغة الأولية والصيغة الجزيئية والصيغة البنائية ، ويمكن استخدام الحساب الكيميائى فى التعبير عن كل من الصيغة الأولية والصيغة الجزيئية.

الصيغة الأولية Empirical Formula : هى صيغة تعبر عن أبسط نسبة للأعداد الصحيحة بين ذرات العناصر التى يتكون منها جزيء المركب.

وهى مجرد إحصاء نسبى لعدد الذرات أو مولات الذرات فى الجزيئات أو وحدات الصيغة لمركب.

مثال : الصيغة الجزيئية المعبرة عن مركب البروبيلين هى C_3H_6 وهى تعنى أن الجزيء يتركب من 6 ذرات هيدروجين و3 ذرات كربون ، أى بنسبة 6 (H) : 3 (C) وإذا قمنا بتبسيط هذه النسبة إلى أقل قيمة صحيحة ممكنة بالقسمة على المعامل (3) تصبح النسبة 2 (H) : 1 (C) وبذلك تكون الصيغة الأولية لهذا المركب هى CH_2



▲ شكل (١٣) البروبيلين

لاحظ أن

الصيغة الأولية فى هذه الحالة لا تعبر عن التركيب الحقيقى للجزيء ، ولكنها توضح فقط أبسط نسبة بين مكوناته.

فى بعض الأحيان تعبر الصيغة الأولية عن الصيغة الجزيئية أيضًا مثل جزيء أول أكسيد الكربون CO أو أكسيد النيتريك NO

قد تشترك عدة مركبات فى صيغة أولية واحدة مثل الأسيتيلين C_2H_2 والبنزين العطرى C_6H_6 ، حيث أن الصيغة الأولية لهما هى (CH)

يمكن حساب الصيغة الأولية للمركب بمعلومية النسبة المئوية للعناصر المكونة له على اعتبار أن هذه النسبة تمثل كتل هذه العناصر الموجودة فى كل 100 g من المركب.

مثال:

احسب الصيغة الأولية لمركب يحتوى على نيتروجين بنسبة 25.9% وأكسجين بنسبة 74.1% علمًا بأن (N = 14 , O = 16)

الحل:

عدد مولات النيتروجين $= \frac{25.9}{14} = 1.85$ mol عدد مولات الأكسجين $= \frac{74.1}{16} = 4.63$ mol

النسبة بين عدد مولات O : عدد مولات N هى 4.63 : 1.85 وبالقسمة على أصغرهما للتبسيط فإن:

N	:	O
$\frac{1.85}{1.85}$	:	$\frac{4.63}{1.85}$
1	:	2.5

ولاتزال هذه النسبة لا تعبر عن صيغة أولية ، ولكن بالضرب فى المعامل (2) تصبح الصيغة الأولية هى N_2O_5

الصيغة الجزيئية Molecular Formula : هى صيغة رمزية لجزيء العنصر أو المركب أو وحدة الصيغة تعبر عن النوع والعدد الفعلى للذرات أو الأيونات التى يتكون منها هذا الجزيء أو الوحدة.

يمكن حساب الصيغة الجزيئية لمركب بمعلومية الكتلة المولية له وحساب الصيغة الأولية ، ثم بالضرب فى عدد وحدات الصيغة الأولية.

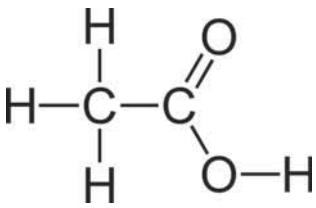
لاحظ أن

$$\text{عدد وحدات الصيغة الأولية} = \frac{\text{الكتلة المولية للمركب}}{\text{الكتلة المولية للصيغة الأولية}}$$

مثال:

أثبتت التحاليل الكيميائية أن حمض الأسيتيك (الخل) يتكون من كربون بنسبة 40 % وهيدروجين بنسبة 6.67 % وأكسجين بنسبة 53.33 % فإذا كانت الكتلة المولية الجزيئية له 60 g. استنتج الصيغة الجزيئية للحمض علمًا بأن (C = 12 , H = 1 , O = 16)

الحل:



▲ شكل (١٤) حمض الأسيتيك

✪ حساب عدد المولات =

C	H	O
$\frac{40}{12}$	$\frac{6.67}{1}$	$\frac{53.33}{16}$
3.33	6.67	3.33

✪ النسبة بين عدد المولات = بالقسمة على أصغر عدد من المولات

1 : 2 : 1

✪ الصيغة الأولية = CH_2O

✪ حساب الكتلة الجزيئية للصيغة الأولية = $12 + 2 \times 1 + 16 = 30$

✪ حساب عدد وحدات الصيغة الأولية = $\frac{60}{30} = 2$

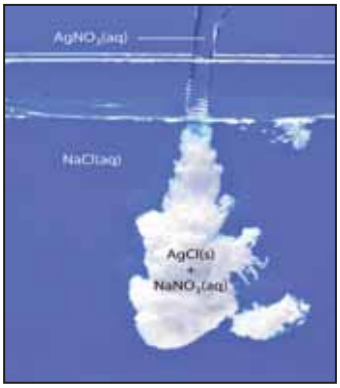
✪ الصيغة الجزيئية للمركب = الصيغة الأولية × عدد الوحدات

$$C_2H_4O_2 = 2 \times CH_2O =$$

الناتج الفعلى والناتج النظرى

ابحث بنفسك

أذيب 20 g من ملح كلوريد الصوديوم فى كمية كافية من الماء ، ثم أضيف إليها محلول نترات الفضة فترسب 45 g من كلوريد الفضة.



▲ شكل (١٥) راسب أبيض من AgCl

✪ هل يمكن بطريقة حسابية التأكد من صحة هذه النتائج ؟

✪ إذا كان هناك اختلاف بين النتائج المحسوبة والنتائج الفعلية. فما تفسيرك لذلك ؟

كتاب الأنشطة والتدريبات
الناتج الفعلى والناتج النظرى

عند إجراء تفاعل كيميائى للحصول على مادة كيميائية معينة فإن معادلة التفاعل تحدد نظريا كميات ما يمكن الحصول عليه من المادة الناتجة وما يلزم من المواد المتفاعلة بوحدة المولات أو الجرامات أو غيرها.

ولكن عمليًّا – وبعد إتمام عملية التفاعل – فإن الكمية التى نحصل عليها والتى تسمى بالناتج الفعلى Practical Yield تكون عادة أقل من الكمية المحسوبة والمتوقعة نظريًّا. وأسباب ذلك كثيرة مثل أن تكون المادة الناتجة متطايرة فيتسرب جزءًا منها. وكذلك ما قد يلتصق منها بجدران آنية التفاعل. إضافة إلى أسباب أخرى مثل حدوث تفاعلات جانبية منافسة تستهلك المادة الناتجة نفسها أو أن المواد المستخدمة فى التفاعل ليست بالنقاء الكافى ، وتسمى الكمية المحسوبة أو المتوقعة اعتمادا على معادلة التفاعل بالناتج النظرى Theoretical Yield.

ويمكن حساب النسبة المئوية للناتج الفعلى من العلاقة التالية :

$$\text{النسبة المئوية للناتج الفعلى} = \frac{\text{الناتج الفعلى}}{\text{الناتج النظرى}} \times 100$$

مثال:

ينتج الكحول الميثيلى تحت ضغط عالى من خلال التفاعل التالى :

$$CO_{(g)} + 2H_{2(g)} \xrightarrow{\Delta} CH_3OH_{(l)}$$

فإذا نتج 6.1 g من الكحول الميثيلى من تفاعل 1.2 g من الهيدروجين مع وفرة من أول أكسيد الكربون. احسب النسبة المئوية للناتج الفعلى. [C = 12 , O = 16 , H = 1]

الحل:

الكتلة المولية الجزيئية $CH_3OH = 12 + 16 + 4 \times 1 = 32$ g

2 mol من H_2 $\xleftarrow{\text{تنتج}}$ 1 mol من CH_3OH

4 g $\xleftarrow{\text{تنتج}}$ 32 g

1.2 g $\xleftarrow{\text{تنتج}}$ X g

∴ X (كتلة CH_3OH النظرية) $= \frac{32 \times 1.2}{4} = 9.6$ g

∴ النسبة المئوية للناتج الفعلى $= \frac{6.1}{9.6} \times 100 = 64$ %

ابحث وتعلم

تعاون مع مجموعة من زملائك فى عمل بحث عن المول واستخداماته فى الحسابات الكيميائية. استعن فى ذلك بشبكة المعلومات (الإنترنت) وبعض المراجع الموجودة فى مكتبة المدرسة.

المصطلحات الأساسية فى الباب الثانى

- **المعادلة الكيميائية :** تعبر عن الرموز والصيغ الكيميائية للمواد المتفاعلة والناتجة من التفاعل وشروط التفاعل. ص **24**
- **عدد أفوجادرو :** هو عدد الذرات أو الجزيئات أو الأيونات فى مول واحد من المادة . ص **31**
- **المول :** كتلة الذرة أو الجزيء أو وحدة الصيغة للمادة معبرًا عنها بالجرامات والتى تحتوى على عدد أفوجادرو من ذرات أو جزيئات أو وحدات الصيغة للمادة. ص **35**
- **الصيغة الأولية :** هى صيغة تعبر عن أبسط نسبة للأعداد الصحيحة بين ذرات العناصر التى يتكون منها جزيء المركب. ص **38**
- **الصيغة الجزيئية :** هى صيغة رمزية لجزيء العنصر أو المركب أو وحدة الصيغة تعبر عن النوع والعدد الفعلى للذرات أو الأيونات التى يتكون منها هذا الجزيء أو الوحدة. ص **39**
- **الناتج النظرى :** هو كمية المادة المحسوبة اعتمادًا على معادلة التفاعل. ص **41**
- **الناتج الفعلى :** هو كمية المادة التى نحصل عليها عمليًا من التفاعل. ص **41**
- **العلاقات الرياضية :**

كتلة المادة بالجرام = عدد مولاتها × الكتلة المولية لها. ص **28**

عدد (الذرات – الجزيئات – الأيونات) = عدد المولات × عدد أفوجادرو. ص **33**

حجم الغاز فى STP = عدد المولات × 22.4 ص **34**

$$\text{النسبة المئوية لمادة} = \frac{\text{كتلة المادة فى العينة}}{\text{الكتلة الكلية للعينة}} \times 100 \quad \text{ص } \mathbf{36}$$

$$\text{عدد وحدات الصيغة الأولية} = \frac{\text{الكتلة المولية للمركب}}{\text{الكتلة المولية للصيغة الأولية}} \quad \text{ص } \mathbf{39}$$

$$\text{النسبة المئوية للناتج الفعلى} = \frac{\text{الناتج الفعلى}}{\text{الناتج النظرى}} \times 100 \quad \text{ص } \mathbf{41}$$

نشاط بحثى

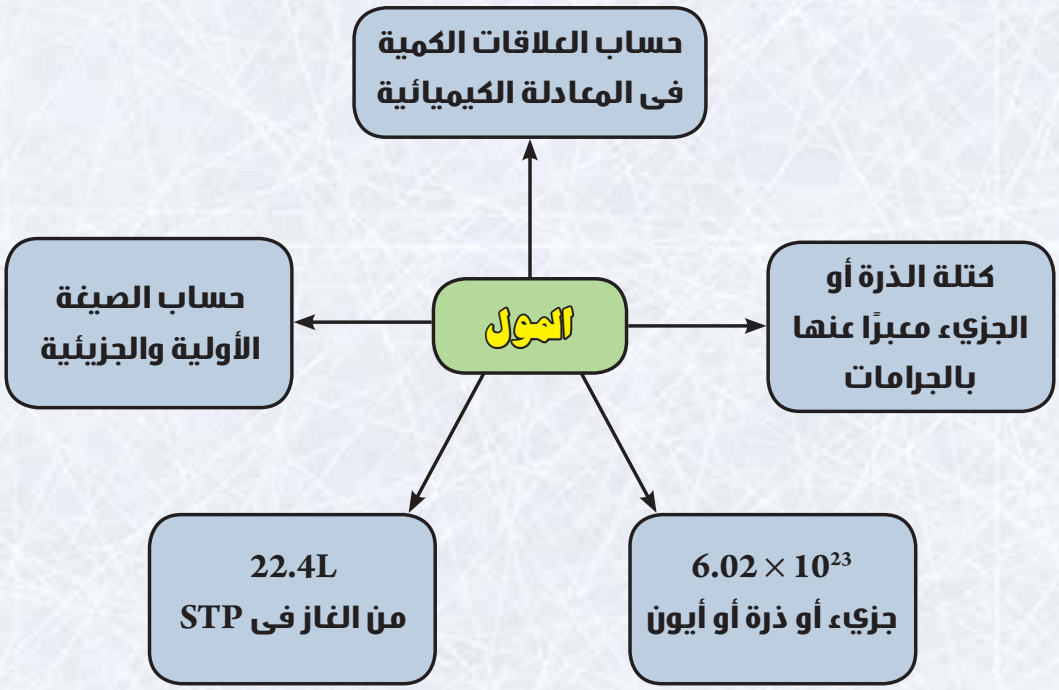
تعاون مع أحد زملائك فى إعداد بحث عن مفهوم المول وعلاقته بالكميات الأخرى مثل : الكتلة ، وعدد الذرات ، أو الجزيئات ، أو الأيونات ، أو وحدات الصيغة ، وحجم الغاز ، وذلك من الناحية التاريخية – دور العلماء – العلاقات الرياضية – الوحدات المستخدمة – استخدامه فى استنتاج الصيغة الجزيئية لمركب.

استعن فى ذلك بشبكة المعلومات (الإنترنت) أو المراجع العلمية الموجودة فى المكتبة المدرسية.

ثم ناقش هذا البحث مع باقى زملائك وقدمه إلى معلمك لتقييمه.

نصائح عامة

مخطط تنظيمى للباب الثانى



الباب الثالث

الأهدافُ العامّةُ للباب الثالث :

فى نهايةِ هذا الباب يُصبح الطالب قادرًا على أن :

- يشرح المقصود بالمحلول ويميز بين أنواع المحاليل بتجارب عملية.
- يصف عملية الذوبان والعوامل المؤثرة عليها والتغيرات الحرارية المصاحبة لها.
- يعبر عن تركيز المحاليل بالطرق المختلفة.
- يحسب تركيز المحلول بإحدى وحدات التركيز.
- يتعرف على الخواص العامة للمحاليل "صلب فى سائل".
- يمثل العلاقة البيانية بين تركيز المحلول والضغط البخارى والتغير فى درجة غليانه وتجمده.
- يقارن بين المحاليل الغروية والحقيقية من حيث حجم مكوناتها.
- يحضر بعض الغرويات البسيطة ويوضح أهميتها فى استخدامات حياتية.
- يشرح المقصود بكل من الحمض والقاعدة وتصنيفاتها.
- يقارن بين النظريات المختلفة لتعريف الحمض والقاعدة.
- يميز بين الأحماض والقواعد باستخدام الأدلة ومقياس الأس الهيدروجينى.
- يتعرف طرق تكوين الأملاح وتسميتها والأس الهيدروجينى لمحاليلها.

فصول الباب الثالث :

① المحاليل والغرويات

② الأحماض والقواعد

القضايا المتضمنة : حسن استغلال الموارد

المحاليل والأحماض والقواعد

Solutions - Acids and Bases

إذا أمعنت النظر فى البيئة من حولك تجد أنك تعيش فى عالم من المحاليل، فالهواء الذى تتنفسه هو محلول ضخم من الغازات كما أن البحار والمحيطات هى محاليل مائية لعدد كبير من الأملاح الذائبة ، كذلك الصخور والمعادن الموجودة فى القشرة الأرضية هى محاليل صلبة. وخلايا الكائنات الحية تحتوى على الماء بما يحتويه من مواد ذائبة والدم الذى يجرى فى عروقنا وسائل البلازما تعتبر محاليل. وهناك أنواع كثيرة من المحاليل منها ما هو حمضى مثل العصائر والموالح واللبن ، ومنها ما هو قلوى مثل ماء البحر والمنظفات السائلة. لذلك فمن الضرورى أن نعرف شيئًا عن المحاليل حتى نفهم العالم الذى نعيش فيه والكائنات الحية التى تسكنه.

المصطلحاتُ الأساسيّةُ :

- Solution ..... المحلول
- Mixture ..... المخلوط
- Colloids ..... الغرويات
- Homogenous ..... متجانس
- Heterogeneous ..... غير متجانس
- Saturated ..... مشبع
- Concentration ..... التركيز
- Morality ..... المولارية
- Molality ..... المولالية
- Normality ..... العيارية
- Percentage ..... النسبة المئوية
- Acid ..... الحمض
- Base ..... القاعدة
- Alkali ..... القلوى
- Salt ..... الملح
- Indicator ..... الكاشف (الدليل)

الفصل الأول : المحاليل والغرويات

Solutions and Colloids

نواتج التعلم

فى نهاية هذا الفصل يصبح الطالب قادرًا على أن:

- يشرح المقصود بالمحلول ويميز بين أنواع المحاليل بتجارب عملية.
- يصف عملية الذوبان (صلب فى سائل) والعوامل المؤثرة عليها والتغيرات الحرارية المصاحبة لها.
- يعبر عن تركيز المحاليل بالطرق المختلفة.
- يحسب تركيز محلول مستخدمًا المعطيات.
- يتعرف على الخواص العامة للمحاليل « الصلب فى سائل » (الضغط البخارى – درجة الغليان – درجة التجمد).
- يمثل العلاقة البيانية بين تركيز المحلول والضغط البخارى والتغير فى درجة تجمده أو غليانه.
- يفرق بين أنظمة المحاليل الغروية والحقيقية.
- يحضر بعض الغرويات البسيطة.
- يوضح أهمية الغرويات فى استخدامات حياتية.

عند إضافة ملح الطعام أوكلوريد الكوبلت II أو السكر إلى الماء فإنها تذوب وينتج عنها مخلوط متجانس يسمى محلولاً فى حين لا يذوب كل منها فى الكيروسين ، ويمكن تمييز كل مكون عن الآخر ؛ لذلك يكون غير متجانس ، وتسمى بالمعلقات. أما إذا جمع الخليط بين صفات المحلول والمعلق فإنه يسمى بالغروى ، والذى يمكن تمييز مكوناته باستخدام الميكروسكوب مثل اللبن والدم والأيروسولات وجل الشعر ومستحلب المايونيز.

▲ شكل (١) كلوريد الكوبلت II فى الماء محلول حقيقى

▲ شكل (٢) الزيت فى الماء معلق

▲ شكل (٣) اللبن غروى

المحاليل Solutions

المحاليل ضرورية فى العمليات الحيوية التى تحدث فى الكائنات الحية ، وأحيانًا ما تكون شرطًا أساسيًّا لحدوث تفاعلات كيميائية معينة ، إذا قمت بتحليل أى عينتين من نفس المحلول ستجد أنهما يحتويان نفس المواد بنفس الكميات ، وهو ما يؤكد التجانس داخل المحلول ، والدليل على ذلك المذاق الحلو لمحلول السكر فى الماء فى أى جزء من أجزائه.

المحلول الحقيقى True Solution : هو مخلوط متجانس من مادتين أو أكثر.

وعادة ما يطلق على المكون الغالب الذى له النسبة الأكبر اسم المذيب Solvent بينما المكون ذو النسبة الأصغر يعرف باسم المذاب Solute وفى الحقيقة لا يوجد أهمية فى تمييز أحدهما عن الآخر وخاصة إذا تساوت كمياتها.

أنواع المحاليل Types of Solutions :

يعتقد البعض أن كلمة محلول مرتبطة دائمًا بالحالة السائلة للمادة ، ولكن تصنف المحاليل تبعًا للحالة الفيزيائية للمذيب كما يوضحها الجدول التالى:

نوع المحلول	حالة المذاب	حالة المذيب	أمثلة
غاز	غاز	غاز	الهواء – الغاز الطبيعى
	سائل		بخار الماء فى الهواء – خليط الجازولين مع الهواء
	صلب		النفثالين فى الهواء
سائل	غاز	سائل	المشروبات الغازية – الأكسجين الذائب فى الماء
	سائل		الكحول فى الماء – الإيثيلين جليكول (مضاد التجمد) فى الماء
	صلب		السكر أو الملح فى الماء
صلب	غاز	صلب	الهيدروجين فى البلاتين أو البلاديوم
	سائل		مملغم الفضة $Ag_{(s)}$ / $Hg_{(l)}$
	صلب		السبائك مثل سبيكة النيكل كروم

▲ جدول (١) أنواع المحاليل

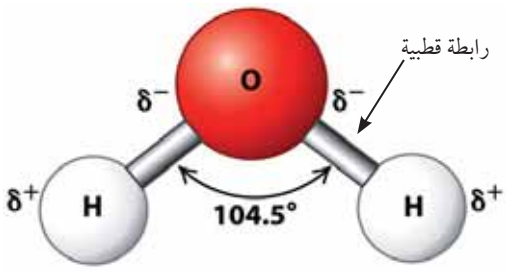
وسوف نركز فى دراستنا فى هذا الجزء على المحاليل من النوع صلب فى سائل والتى يكون فيها الماء هو المذيب.

أضف إلى معلوماتك

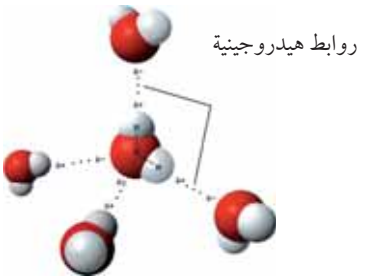
- ✓ السالبية الكهربية : هى قدرة الذرة على جذب إلكترونات الرابطة نحوها.
- ✓ الرابطة القطبية: هى رابطه تساهمية بين ذرتين مختلفتين فى السالبية الكهربية والذرة الأكبر سالبية تحمل شحنة جزئية سالبة δ^- بينما تحمل الأخرى شحنة جزئية موجبة δ^+
- ✓ الجزيئات القطبية : هى الجزيئات التى يكون لها طرف يحمل شحنة موجبة جزئية δ^+ وطرف يحمل شحنة سالبة جزئية δ^- ويتوقف ذلك على قطبية الروابط بها وشكلها الفراغى والزوايا بين هذه الروابط.

الماء مذيب قطبى :

الروابط الموجودة فى جزيء الماء روابط قطبية بسبب ارتفاع قيمة سالبية الأكسجين عن الهيدروجين ؛ لذلك تحمل ذرة الأكسجين شحنة سالبة جزئية بينما يحمل الهيدروجين شحنة موجبة جزئية ، كما أن قيمة الزاوية بين الرابطتين فى جزيء الماء تقدر بحوالى 104.5° ولذلك فإن جزيء الماء على درجة عالية من القطبية.



▲ شكل (٤) الزاوية بين الرابطتين فى جزيء الماء



▲ شكل (٥) الروابط الهيدروجينية بين جزيئات الماء

المحاليل الإلكتروليتية وغير الإلكتروليتية :

الإلكتروليتات Electrolytes : هى المواد التى محاليلها أو مصهوراتها توصل التيار الكهربى عن طريق حركة الأيونات الحرة.

وتنقسم الإلكتروليتات إلى :

✪ **إلكتروليتات قوية** : توصل التيار الكهربى بدرجة كبيرة ، حيث تكون تامة التأين بمعنى أن جميع جزيئاتها تتفكك إلى أيونات ومن أمثلتها :

- ✓ المركبات الأيونية مثل محلولى كلوريد الصوديوم NaCl وهيدروكسيد الصوديوم NaOH.
- ✓ المركبات التساهمية القطبية مثل غاز كلوريد الهيدروجين HCl والذى يوصل التيار الكهربى فى حالة محلوله فى الماء ولا يوصل التيار الكهربى فى الحالة الغازية.

لاحظ أن

عند ذوبان غاز كلوريد الهيدروجين فى الماء وانفصال أيون الهيدروجين H^+ لا يبقى فى صورته المفردة ولكنه يرتبط بجزيء الماء مكونًا أيون الهيدرونيوم H_3O^+ كما بالمعادلة التالية :

$$HCl_{(g)} + H_2O_{(l)} \longrightarrow H_3O^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$$

- **إلكتروليتات ضعيفة** : توصل التيار بدرجة ضعيفة لأنها غير تامة التأين بمعنى أن جزءًا صغيرًا من جزيئاتها يتفكك إلى أيونات مثل حمض الأسيتيك (الخليك) CH_3COOH وهيدروكسيد الأمونيوم (محلول الأمونيا) NH_4OH والماء H_2O .

اللاإلكتروليتات Non Electrolytes : هى المواد التى محاليلها أو مصهوراتها لا توصل التيار الكهربى لعدم وجود أيونات حرة

وهى مركبات ليس لها قدرة على التأين ، ومن أمثلتها السكر والكحول الإيثيلى.

كتاب الأنشطة والعمليات
المحاليل الإلكتروليتية واللاإلكتروليتية

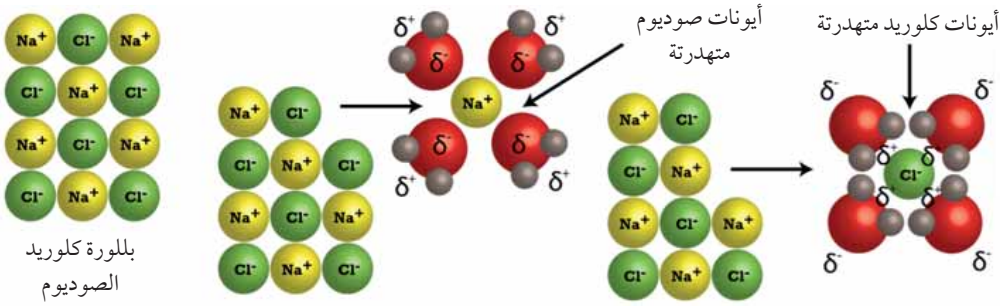
عملية الإذابة Dissolving Process :

المواد التى تذوب بسهولة فى الماء تتضمن مركبات أيونية وقطبية ، بينما الجزيئات غير القطبية مثل الميثان والزيت والشحم أو الدهن والبنزين ، كلها لا تذوب فى الماء بالرغم من إمكانية ذوبانها فى البنزين، ولفهم هذا الاختلاف يجب أن نتعرف أكثر على تركيب المذيب والمذاب وطرق التجاذب بينهما أثناء عملية الإذابة.

جزيئات الماء فى حالة حركة مستمرة بسبب طاقتها الحركية. وعند وضع بللورة من كلوريد الصوديوم NaCl كمثال لمركب أيونى فى الماء فإن جزيئات الماء القطبية تصطدم بالبللورة وتجذب أيونات المذاب، وتبدأ عملية إذابة كلوريد الصوديوم بمجرد انفصال أيونات الصوديوم Na^+ وأيونات الكلوريد Cl^- بعيدًا عن البللورة ، ويتكون المحلول الحقيقى من أيونات أو جزيئات تتراوح أقطارها ما بين 1 : 0.01 نانومتر موزعة بشكل منتظم داخل المحلول ، وبذلك يكون متماثلًا ومتجانسًا فى تركيبه وخواصه ، ويمكن للضوء النفاذ من خلاله.

أما عند وضع قليل من السكر فى الماء تنفصل جزيئات السكر القطبية وترتبط مع جزيئات الماء القطبية بروابط هيدروجينية ويحدث الذوبان.

الإذابة : هى عملية تحدث عندما يتفكك المذاب إلى أيونات سالبة وأيونات موجبة أو إلى جزيئات قطبية منفصلة ، ويحاط كل منهما بجزيئات المذيب.



▲ شكل (٦) ذوبان كلوريد الصوديوم فى الماء

يمكن التحكم فى سرعة عملية الإذابة عن طريق بعض العوامل مثل مساحة السطح وعملية التقليب ودرجة الحرارة.

كيف يذوب الزيت فى البنزين ؟

إن كل منهما يتكوّن من جزيئات غير قطبية ، وعند خلطهما تنتشر جزيئات الزيت أو الدهون بين جزيئات البنزين بسبب ضعف الروابط بين جزيئاته وتستقر مكونة محلولاً وكقاعدة فإن المذيبات القطبية تذيب المركبات الأيونية والجزيئات القطبية ، بينما المذيبات غير القطبية تذيب المركبات غير القطبية. هذه العلاقة يمكن تلخيصها فى مقولة أن الأشياء المتشابهة تذوب مع بعضها.

الذوبانية Solubility :

الذوبانية تعنى مدى قابلية المذاب للذوبان فى مذيب معين أو قدرة المذيب على إذابة مذاب ما.

الذوبانية : هى كتلة المذاب التى تذوب فى 100 g من المذيب عند درجة حرارة معينة.

العوامل التى تؤثر على الذوبانية :

- طبيعة المذاب والمذيب
- درجة الحرارة

إذا أضفت 1 mol أى 36.5 g من كلوريد الصوديوم فى 100 g من الماء عند درجة حرارة 25°C فإن كل كمية الملح سوف تذوب. وإذا قمت بإضافة كمية أخرى من الملح ولتكن جرامًا واحدًا فلن يذوب من هذه الكمية سوى 0.2 g فقط مهما طالت مدة التحريك أو زادت شدتها ؛ لأن هناك عملية عكسية تحدث ، فأثناء ذوبان وحدات جديدة من الملح ترتبط فى نفس الوقت أيونات صوديوم وأيونات كلوريد بنفس الكمية وتنفصل عن المحلول مترسبة على هيئة مادة صلبة متبللرة ، وهكذا فإن الجزيئات تتحرك من المادة الصلبة إلى المحلول ، ثم تعود مرة أخرى إلى المادة الصلبة دون أن يحدث تغير فى كمية الملح الذائبة أو فى النظام بأكمله ، ويقال أن المحلول فى حالة اتزان ديناميكى عندما يتساوى معدل الذوبان مع معدل الترسيب ويسمى بالمحلول المشبع.

ويمكن تصنيف المحلول تبعًا لدرجة التشبع إلى :

- **محلول غير مشبع** : هو المحلول الذى يقبل فيه المذيب إضافة كمية أخرى من المذاب خلالها عند درجة حرارة معينة.
- **محلول مشبع** : هو المحلول الذى يحتوى فيه المذيب أقصى كمية من المذاب عند درجة حرارة معينة.
- **محلول فوق مشبع** : هو المحلول الذى يقبل مزيد من المادة المذابة بعد وصوله إلى حالة التشبع ويمكن الحصول عليه بتسخين المحلول المشبع وإضافة المزيد من المذاب إليه ثم يترك ليبرد. تنفصل جزيئات المادة الصلبة الزائدة من المحلول المشبع عند التبريد أو عند وضع بللورة صغيرة من المادة الصلبة المذابة فى هذا المحلول ، حيث تتجمع المادة الزائدة على هذه البللورة فى شكل بللورات.

تزداد ذوبانية معظم المواد الصلبة بزيادة درجة حرارة المذيب فعلى سبيل المثال تزداد ذوبانية كلوريد الصوديوم إلى 41 g برفع درجة الحرارة إلى 80°C.

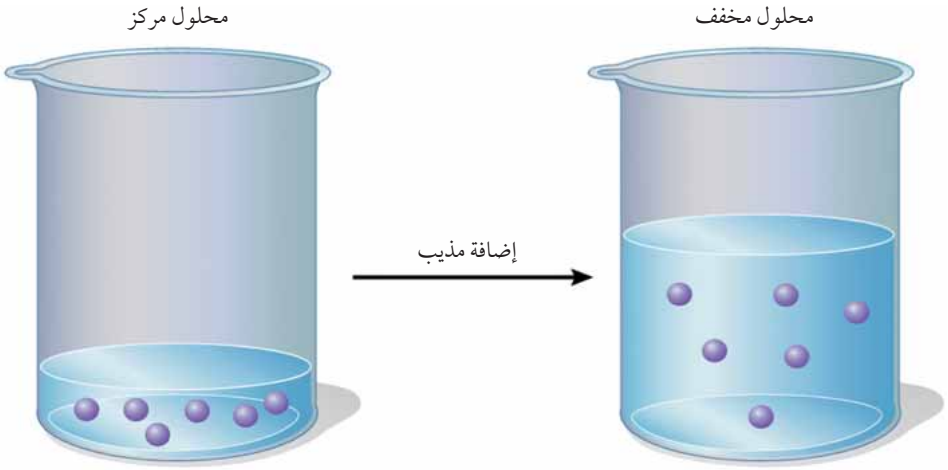
التغيرات الحرارية المصاحبة لعملية الذوبان :

عادة ما يصاحب تكوين المحلول تغيرًا فى الطاقة. فعند إذابة قليل من يوديد البوتاسيوم KI فى كمية من الماء فإنك تشعر ببرودة جدار الإناء عند ملامسته من الخارج ، ويقال أن الذوبان ماص للحرارة وعند إذابة قليل من هيدروكسيد الصوديوم NaOH فى كمية من الماء فإنك تشعر بإرتفاع فى درجة حرارة الإناء عند ملامسته من الخارج، ويقال أن الذوبان طارد للحرارة وهذا يعنى أن هناك مواد ذوبانها ماص للحرارة وأخرى ذوبانها طارد للحرارة .

تركيز المحاليل :

حيث أن المحلول هو مخلوط ؛ لذلك فإن مكوناته لا تكون ذات كميات محددة ، بل يمكن التحكم فى كمية المذاب داخل كمية معينة من المذيب مما يؤثر على تركيز المحلول ، لذلك تستخدم عبارة محلول مركز عندما يكون كمية المذاب كبيرة (ليست أكبر من المذيب) ونستخدم عبارة مخفف عندما تكون كمية المذاب قليلة بالنسبة لكمية المذيب. وهناك طرق مختلفة للتعبير عن تركيز المحاليل مثل النسبة المئوية – المولارية – المولالية .

كتاب الأنشطة والتدريبات
تحضير محاليل ذات تركيزات مختلفة



شكل (٧) المحلول المركز والمحلول المخفف

النسبة المئوية :

تتحد طريقة حساب التركيز باستخدام النسبة المئوية تبعًا لطبيعة المذاب والمذيب :

$$\text{النسبة المئوية (حجم – حجم)} = \frac{\text{حجم المذاب}}{\text{حجم المحلول}} \times 100$$

$$\text{النسبة المئوية (كتلة – كتلة)} = \frac{\text{كتلة المذاب (g)}}{\text{كتلة المحلول (ml)}} \times 100$$

حيث كتلة المحلول = كتلة المذاب + كتلة المذيب

ونظرًا لوجود عدة أنواع من النسب المئوية للمحاليل ، فيجب أن توضح الملصقات التى توضع على المنتجات المختلفة الوحدات التى تعبرعن النسب المئوية مثل ملصقات المواد الغذائية والدواء وغيرها.

شكل (٨) النسبة المئوية بدلالة الكتلة أو الحجم

المولارية (M) Molarity :

يمكن التعبير عن تركيز المحلول بمصطلح المولارية

المولارية : عدد المولات المذابة فى لتر من المحلول

وتقدر بوحدة (mol / L) أو مولر (M)

$$\text{المولارية (M)} = \frac{\text{عدد المولات (mol)}}{\text{حجم المحلول (L)}}$$

مثال:

احسب التركيز المولارى لمحلول سكر القصب $C_{12}H_{22}O_{11}$ فى الماء إذا علمت أن كتلة السكر المذابة 85.5 g فى محلول حجمه 0.5 L (O = 16 ، H = 1 ، C = 12)

الحل:

الكتلة المولية لسكر القصب $= 12 \times 12 + 22 \times 1 + 11 \times 16 = 342 \text{ g / mol}$

$$\text{عدد مولات السكر} = \frac{\text{كتلة المادة بالجرام}}{\text{الكتلة المولية}} = \frac{85.5 \text{ g}}{342 \text{ g/mol}} = 0.25 \text{ mol}$$

$$\text{التركيز المولارى (M)} = \frac{0.25 \text{ mol}}{0.5 \text{ L}} = 0.5 \text{ mol / L}$$

المولالية (m) Molality :

المولالية : عدد مولات المذاب فى كيلوجرام واحد من المذيب

وتقدر بوحدة (mol / kg) وتحسب من العلاقة

$$\text{المولالية m (mol /kg)} = \frac{\text{عدد مولات المذاب (mol)}}{\text{كتلة المذيب (kg)}}$$

مثال:

احسب التركيز المولالى لمحلول محضر بإذابة 20 g هيدروكسيد صوديوم فى 800 g من الماء علمًا بأن (Na = 23 ، H = 1 ، O = 16)

الحل:

الكتلة المولية NaOH = 23 + 16 + 1 = 40 g / mol

عدد مولات NaOH = $\frac{20}{40}$ = 0.5 mol

التركيز المولالى (m) = $\frac{0.5}{0.8}$ = 0.625 mol /kg

الخواص المترابطة للمحاليل :

تختلف خواص المذيب النقى عن خواصه عند إذابة مادة صلبة غير متطايرة به فى مجموعة من الخواص المترابطة مع بعضها وهى الضغط البخارى ودرجة الغليان ودرجة التجمد.

الضغط البخارى Vapour Pressure :

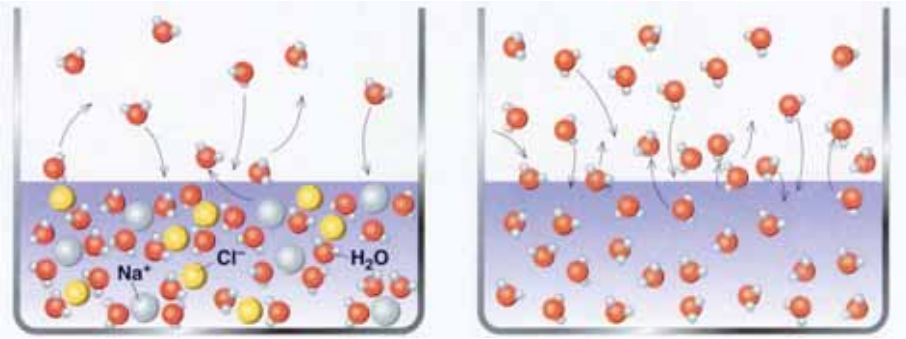
عند وضع سائل فى اناء مغلق تنشأ حالة اتزان بين البخار الموجود فوق سطح السائل وضغطه البخارى عندما يتساوى معدل تبخر السائل مع معدل تكثفه.

الضغط البخارى : الضغط الذى يؤثر به البخار عندما يكون البخار فى حالة اتزان مع السائل داخل إناء مغلق عند درجة حرارة وضغط ثابتين.

يعتمد الضغط البخارى على درجة حرارة السائل ، فكلما زادت درجة الحرارة يزداد معدل التبخر ويزداد الضغط البخارى للسائل وإذا استمرت درجة الحرارة فى الارتفاع حتى يصبح الضغط البخارى مساويًا للضغط الجوى فإن السائل يبدأ فى الغليان ، وتسمى نقطة الغليان فى هذه الحالة نقطة الغليان الطبيعية.

ويمكن الاستدلال على نقاء سائل من خلالتطابق درجة غليانه مع درجة الغليان الطبيعية له.

فى المذيب النقى تكون جزيئات السطح المعرضة بالكامل لعملية التبخير خاصة بهذا السائل والقوى الوحيدة التى يجب التغلب عليها هى قوى التجاذب بين جزيئات المذيب وبعضها ، أما عند إضافة مذاب يقل الضغط البخارى للمذيب ، لأن بعضًا من جزيئات السطح تصبح جزيئات مذاب مما يقلل من مساحة سطح المذيب المعرضة للتبخير. كما أن قوى التجاذب بين جزيئات المذيب والمذاب تصبح أكبر مما كانت بين جزيئات المذيب وبعضها. ويعتمد الضغط البخارى على عدد جسيمات المذاب وليس على تركيبه أو خواصه.



▲ شكل (٩) درجة غليان المذيب النقى أقل من المحلول

درجة الغليان :

درجة الغليان : هى درجة الحرارة التى عندها يتساوى الضغط البخارى للسائل مع الضغط الجوى.

يغلى الماء النقى عند 100°C ولكن الماء المالح ليس كذلك لإن إضافة الملح للماء ترفع من درجة غليان المحلول عن الماء النقى ؛ لأن جسيمات الملح تقلل جزيئات الماء التى تهرب من سطح السائل فيقل الضغط البخارى ويحتاج الماء إلى طاقة أكبر ، وبالتالى ترتفع درجة الغليان ويتكرر ذلك مع أى مذاب غير متطاير يضاف للمذيب ، فعلى سبيل المثال محلول 0.2 M من ملح الطعام NaCl يحدث به نفس التغيير الذى يحدث لمحلول 0.2 M من نترات البوتاسيوم KNO_3 لأن كل منهما ينتج نفس عدد مولات الأيونات فى المحلول ولكن إذا استخدمنا محلول 0.2 M كربونات صوديوم Na_2CO_3 ترتفع درجة الغليان بدرجة أكبر بسبب زيادة عدد مولات الأيونات الناتجة.

كتاب الأنشطة والتدريبات
العلاقة البيانية بين تركيز المحلول ودرجة غليانه

درجة التجمد :

إضافة مذاب غير متطاير إلى المذيب يؤثر تأثيرًا عكسيًّا على درجة تجمد المحلول عما يحدث فى درجة الغليان.

فعند إضافة مذاب إلى المذيب تنخفض درجة تجمد المذيب عن حالته النقية بسبب التجاذب بين المذاب والمذيب الذى يمنع تحول المذيب إلى مادة صلبة ؛ لذلك فعند إضافة الملح إلى الطرق الجليدية فإن الماء الموجود على الطرق لن يتجمد بسهولة ، مما يمنع انزلاق السيارات ويقلل من الحوادث.

ويتناسب مدى الانخفاض فى نقطة التجمد مع عدد جسيمات المذاب الذائبة فى المذيب ولا يعتمد على طبيعة كل منهما. فعند إضافة مول واحد (180 g) جلوكوز إلى 1000 g ماء ، فإن المحلول الناتج يتجمد عند 1.86°C – ولكن عند إضافة مول واحد (58.5 g) من كلوريد الصوديوم إلى 1000 g ماء، فإن المحلول الناتج يتجمد عند 3.72°C – ويعزى ذلك إلى أن مولًا واحدًا من NaCl ينتج مولين من الأيونات، ويؤدى ذلك إلى مضاعفة الانخفاض فى درجة التجمد.

اختبر مهاراتك

ما هى درجة تجمد المحلول الذى يحتوى على مول كلوريد الكالسيوم $CaCl_2$ فى 1000 g ماء ؟

المعلقات Suspensions

هى مخاليط غير متجانسة إذا تركت لفترة زمنية قصيرة تترسب دقائق المادة المكونة منها فى قاع الإناء بدون رج ويمكن رؤية دقائقها بالعين المجردة أو بالمجهر. فإذا وضعت مادة صلبة مثل الرمل أو مسحوق الطباشير فى الماء ورج المحلول وترك لفترة فإنها تترسب ، والمعلق يختلف عن المحلول الحقيقى وقطر كل دقيقة من دقائق المعلق أكبر من 100 نانومتر. يمكن التعرف بوضوح على مادتين على الأقل من المعلق كما هو الحال فى مثال الطباشير أو الرمل والماء ويمكن فصلهم بترشيح الخليط ، حيث تحتجز ورقة الترشيح دقائق الطباشير المعلقة ، فى حين يمر الماء الصافى من خلال ورقة الترشيح.

الغرويات Colloids

هى مخاليط غير متجانسة تحتوى على دقائق يتراوح قطر كل دقيقة منها ما بين قطر دقيقة المحلول الحقيقى (أقل من 1 nm) وقطر دقيقة المعلق (أكبر من 100 nm) ، أى تتراوح ما بين (1 : 100 nm). المادة التى تكون الدقائق الغروية تسمى بالصنف المنتشر، حين يطلق على الوسط الذى توجد فيه الدقائق الغروية بوسط الانتشار . والشكل التالى يوضح أمثلة لبعض الغرويات :

▲ شكل (١٠) أمثلة لبعض الغرويات

كتاب الأنشطة والتدريبات
المقارنة بين أنواع المحاليل

الجدول التالى يوضح بعض الأنظمة الغروية التى تتحدد بناء على طبيعة كل من الصنف المنتشر ووسط الانتشار وبعض التطبيقات الحياتية لها :

النظام		الاستخدامات الحياتية للغرويات
الصنف المنتشر	وسط الانتشار	
غاز	سائل	بعض أنواع الكريمة
غاز	صلب	بعض الحلوى المصنوعة من سكر وهلام وزلال البيض
سائل	سائل	اللبن والمايونيز
سائل	غاز	ضباب الأيروسولات
صلب	غاز	الغبار أو التراب فى الهواء
صلب	سائل	الدهانات وجيل الشعر والدم والنشا فى الماء

جدول (٢) الأنظمة الغروية

تختلف خواص الغرويات عن المحاليل الحقيقية والمعلقات ، فالكثير منها عند تركيزها يأخذ شكل الحليب أو السحب ، ولكنها تبدو رائقة صافية أو غالبًا ما تكون كذلك عند تخفيفه تخفيفًا شديدًا . ودقائقها لا يمكن حجزها بواسطة ورق الترشيح ، وإذا تركت فترة بدون رج فإنها لا تترسب فى قاع المحلول.

طرق تحضير الغرويات :

من أكثر الطرق المعروفة لتحضير الغرويات طريقة الانتشار وطريقة التكثيف :

- **طريقة الانتشار** : حيث تفتت المادة إلى أجزاء صغيرة حتى يصل حجمها إلى حجم جزيئات الغروى ثم تضاف إلى وسط الانتشار مع التقليب.
- **طريقة التكثيف** : حيث يتم تجميع الجزيئات الصغيرة إلى جسيمات أكبر مناسبة وذلك عن طريق بعض العمليات مثل الأكسدة أو الاختزال أو التحلل المائى.

كتاب الأنشطة والتدريبات
تحضير بعض الغرويات البسيطة

الفصل الثانى : الأحماض والقواعد

Acids and Bases

نواتج التعلم

فى نهاية هذا الفصل يصبح الطالب قادرًا على أن:

- يشرح المقصود بكل من الحمض والقاعدة وتصنيفاتهما.
- يقارن بين النظريات المختلفة لتعريف الحمض والقاعدة.
- يميز بين الأحماض والقواعد باستخدام الأدلة المختلفة.
- يشرح معنى الأس الهيدروجينى واستخداماته.
- يتعرف طرق تكوين الأملاح ويفسر الأس الهيدروجينى لمحاليلها.
- يسمى الأملاح عن طريق شقيها.

ما المقصود بكل من الحمض والقاعدة ؟

تمثل الأحماض والقواعد جزءًا كبيرًا من حياة الإنسان ، فعلى سبيل المثال الخل الذى يستخدم فى بعض الأطعمة وعمليات التنظيف هو محلول حمضى تم اكتشافه قديمًا والآن تدخل الأحماض فى كثير من الصناعات الكيميائية مثل الأسمدة والمتفجرات والأدوية والبلاستيك ومواتير السيارات والحواسب الآلية ...

والقواعد كذلك لها العديد من الاستخدامات فى المنزل والصناعات الكيميائية مثل الصابون والمنظفات الصناعية والأدوية والأصباغ وتنظيف البالوعات لمنع انسدادها وغيرها من الاستخدامات.

منظف صناعى قاعدة

الليمون حمض

الطماطم حمض

أقراص الدواء منها حمض ومنها قاعدة

الجدول التالى يوضح بعض المنتجات الطبيعية والصناعية والأحماض أو القواعد الداخلة فى تركيبها أو تحضيرها

المنتج	الحمض أو القاعدة الداخل فى تركيبها أو تحضيرها
الفواكه الحامضية (الليمون ، البرتقال ، الطماطم)	حمض الستريك – حمض الاسكوربيك
منتجات الألبان (الجبن ، اللبن ، الزبادى)	حمض اللاكتيك
المشروبات الغازية	حمض الكربونيك – حمض الفوسفوريك
الصابون	هيدروكسيد الصوديوم
صودا الخبيز	بيكربونات الصوديوم
صودا الغسيل	كربونات الصوديوم المتهدرتة

▲ جدول (٣) استخدامات الأحماض والقواعد

- **الحمض** : هو مركب ذو طعم لاذع يُغير لون صبغة عباد الشمس إلى اللون الأحمر يتفاعل مع الفلزات النشطة ويتصاعد الهيدروجين ويتفاعل مع أملاح الكربونات أو البيكربونات ويحدث فوران ويتصاعد غاز ثانى أكسيد الكربون ، ويتفاعل مع القواعد ويعطى ملحًا وماء.
- **القاعدة** : هى مركب ذو طعم قابض (مر) لها ملمس صابونى تغير لون صبغة عباد الشمس إلى الأزرق ، وتتفاعل مع الأحماض وتعطى ملحًا وماء.

▲ شكل (١١) الليمون يحتوى على حمض الستريك

▲ شكل (١٢) الصابون يحتوى على قاعدة مثل هيدروكسيد الصوديوم

الخواص الظاهرية لكل من الحمض والقاعدة تقودنا إلى تعريف تجريبى أو تنفيذى لكل منهما ولكن يجب أن نأخذ فى الاعتبار أن التعريف التجريبى يقوم على الملاحظة ولا يصف أو يفسر الخواص غير المرئية التى أتت بهذا السلوك والتعريف الأكثر شمولًا والذى يعطى العلماء فرصة للتنبؤ بسلوك هذه المواد يأتى من خلال الدراسات والتجارب والتى وضعت فى صورة نظريات.

كتاب الأنشطة والتدريبات
التمييز بين المحاليل الحمضية والقاعدية

النظريات التى وضعت لتعريف الحمض والقاعدة

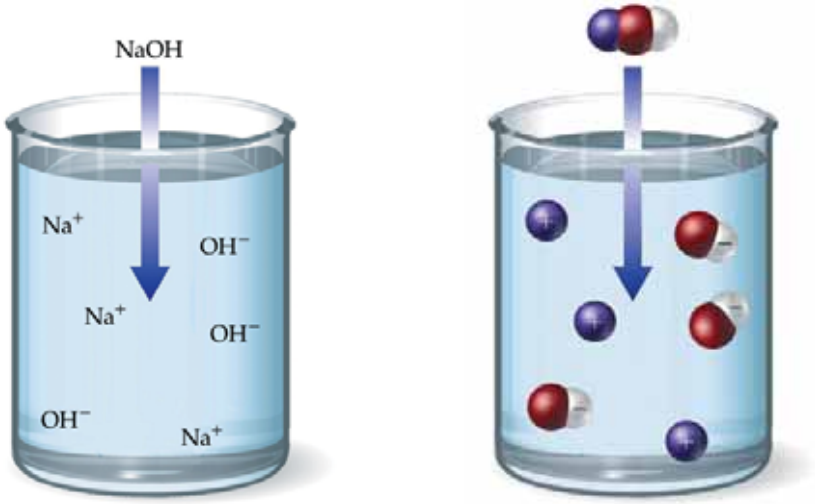
نظرية أرهينيوس The Arrhenius Theory :

التوصيل الكهربى لمحاليل الأحماض والقواعد يثبت وجود أيونات فيها فعند ذوبان كلوريد الهيدروجين فى الماء فإنه يتفكك إلى أيونات الهيدروجين وأيونات الكلوريد.

$$HCl_{(aq)} \longrightarrow H^{+}_{(aq)} + Cl^{-}_{(aq)}$$

كذلك عند ذوبان هيدروكسيد الصوديوم فى الماء فإنه يتفكك مكونًا أيونات صوديوم وأيونات هيدروكسيد.

$$NaOH_{(aq)} \longrightarrow Na^{+}_{(aq)} + OH^{-}_{(aq)}$$



▲ شكل (١٣) محلول هيدروكسيد الصوديوم فى الماء

وعملية تفكك الأحماض والقواعد فى الماء لها أنماط مختلفة ، وكان أول من لاحظ ذلك فى أواخر القرن التاسع عشر هو العالم السويدى أرهينيوس.

$$H_2SO_{4(aq)} \longrightarrow H^{+}_{(aq)} + HSO^{-}_{4(aq)}$$

$$HClO_{4(aq)} \longrightarrow H^{+}_{(aq)} + ClO^{-}_{4(aq)}$$

$$KOH_{(aq)} \longrightarrow K^{+}_{(aq)} + OH^{-}_{(aq)}$$

$$Ba(OH)_{2(aq)} \longrightarrow Ba^{2+}_{(aq)} + 2OH^{-}_{(aq)}$$

فى عام 1887 أعلن أرهينيوس نظريته التى تفسر طبيعة الأحماض والقواعد والتى تنص على :

- ✓ **الحمض : هو المادة التى تتفكك فى الماء وتعطى أيونًا أو أكثر من أيونات الهيدروجين H^+**
- ✓ **القاعدة : هى المادة التى تتفكك فى الماء وتعطى أيونًا أو أكثر من أيونات الهيدروكسيد OH^-**

ومن خلال هذه النظرية نلاحظ أن الأحماض تعمل على زيادة تركيز أيونات الهيدروجين الموجبة H^+ فى المحاليل المائية. وهذا يتطلب أن يحتوى حمض أرهينيوس على الهيدروجين كمصدر لأيونات الهيدروجين كما يتضح من معادلات تفكك الأحماض. ومن ناحية أخرى فإن القاعدة تعمل على زيادة تركيز أيونات الهيدروكسيد فى المحاليل المائية ، وبالتالى فإن قاعدة أرهينيوس لابد أن تحتوى على مجموعة الهيدروكسيد OH^- كما يتضح من معادلات تفكك القواعد، وتساعد نظرية أرهينيوس فى تفسير ما يحدث عند تعادل الحمض والقاعدة لتكوين مركب أيونى وماء ، كما بالمعادلة التالية :

$$HCl_{(aq)} + NaOH_{(aq)} \longrightarrow NaCl_{(aq)} + H_2O_{(l)}$$

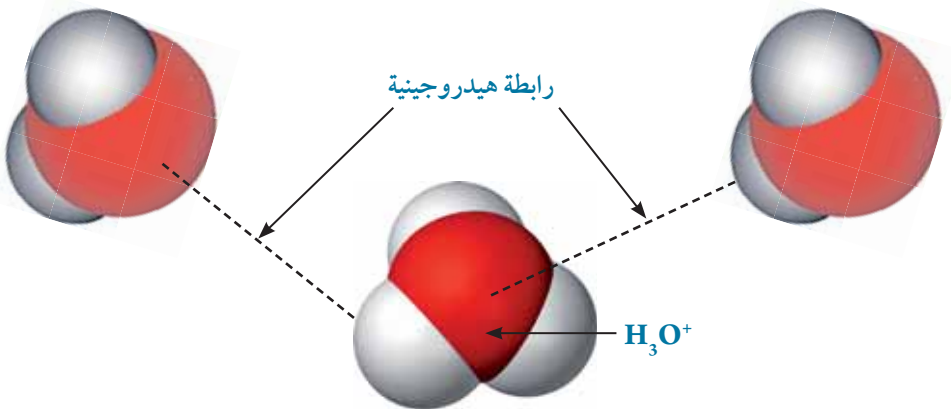
والمعادلة الأيونية المعبرة عن هذا التفاعل تبعًا لنظرية أرهينيوس هى:

$$H^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)} \longrightarrow H_2O_{(l)}$$

وبالتالى يكون الماء ناتجًا أساسيًّا عند تعادل الحمض مع القاعدة.

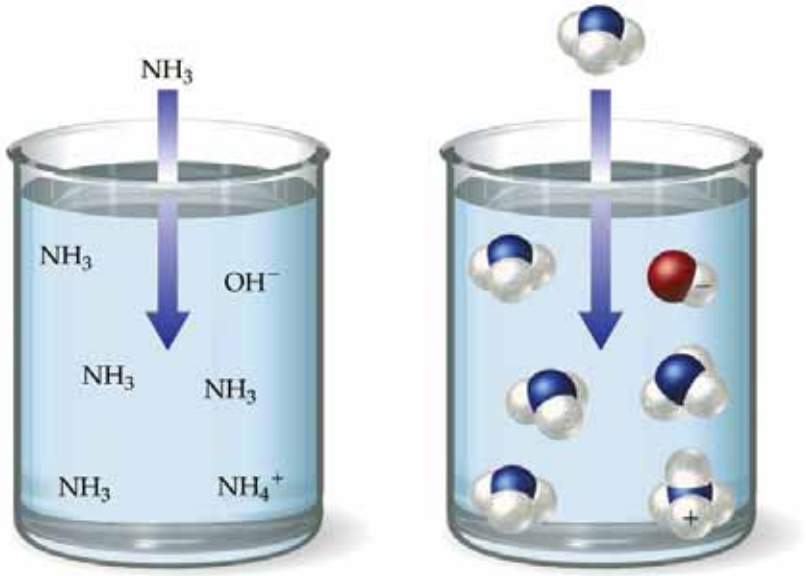
ملاحظات على نظرية أرهينيوس :

- الماء جزيء قطبى يحمل الأكسجين فيه شحنة سالبة جزئية ويحمل الهيدروجين شحنة موجبة جزئية ، لذا فإن الماء سوف يتأثر بطريقة أو أخرى بالأيونات الموجودة فى المحلول. وقد اكتشف العلماء حديثًا أن البروتون (أيون الهيدروجين الموجب) لا يمكن أن يوجد حرًا فى المحاليل المائية ، حيث يكون متحدًا بجزيئات الماء مكونًا بروتونًا متهدرت يسمى الهيدرونيوم $H_3O^+_{(aq)}$



▲ شكل (١٤) أيون الهيدرونيوم فى المحاليل المائية

✪ النشادر (الأمونيا) وبعض المركبات الأخرى تعطى محاليل قاعدية فى الماء رغم أنها لا تحتوى على أيون الهيدروكسيد فى تركيبها ، كما أنها تتعادل مع الأحماض وهذا لا ينطبق مع نظرية أرهينيوس.



▲ شكل (١٥) محلول النشادر فى الماء

نظرية برونشتد – لورى The Brönsted – Lowry Theory :

فى عام 1923 وضع الدنماركى جونز برونشتد Johannes Brönsted والإنجليزى توماس لورى Thomas Lowry نظريتهما عن الحمض والقاعدة.

✓ الحمض : هو المادة التى تفقد البروتون H^+ (مانح للبروتون).

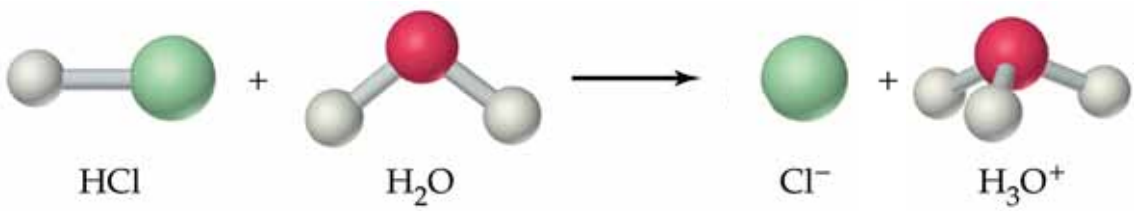
✓ القاعدة : هى المادة التى لها القابلية لاستقبال البروتون (مستقبلة للبروتون).

ومن التعريف نلاحظ أن حمض برونشتد – لورى يشبه حمض أرهينيوس فى احتوائه على الهيدروجين فى تركيبه ، بينما أى أيون سالب ماعدا أيون الهيدروكسيد يعتبر قاعدة برونشتد – لورى وبالتالى يكون تعريف الحمض والقاعدة هو أن مادة تعطى البروتون والأخرى تستقبل هذا البروتون أى أن التفاعل هو انتقال للبروتون من الحمض إلى القاعدة.

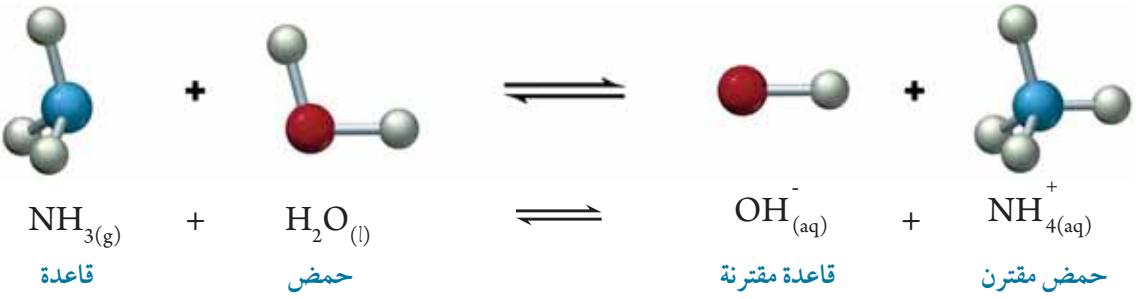
$$HA + B \rightleftharpoons A^- + BH^+$$

HA: حمض (مانح للبروتون) — B: قاعدة (مستقبل للبروتون) — A^-: قاعدة مقترنة — BH^+: حمض مقترن

عند إذابة حمض HCl فى الماء يعتبر HCl حمضًا لأنه يمنح بروتونًا إلى الماء وبالتالى يعتبر الماء قاعدة لأنه يكتسب هذا البروتون ويصبح أيون الكلوريد Cl^- قاعدة مقترنة بينما أيون الهيدرونيوم H_3O^+ حمض مقترن.



كما أن هذا التعريف يسمح لنا باعتبار الأمونيا (النشادر) قاعدة ويتضح ذلك من المعادلة التالية :



فعندما يمنح الحمض بروتونًا يتحول إلى قاعدة وعندما تكتسب القاعدة هذا البروتون تتحول إلى حمض.

✓ **الحمض المقترن : هو المادة الناتجة عندما تكتسب القاعدة بروتونًا.**

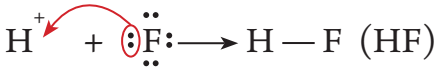
✓ **القاعدة المقترنة : هى المادة الناتجة عندما يفقد الحمض بروتونًا.**

نظرية لويس Lewis Theory :

وضع العالم جيلبرت نيوتن لويس 1923 نظرية أكثر شمولًا لتعريف كل من الجمض والقاعدة تنص على :

- الحمض : هو المادة التى تستقبل زوج أو أكثر من الإلكترونات.
- القاعدة : هى المادة التى تمنح زوج أو أكثر من الإلكترونات.

فعند اتحاد أيون الهيدروجين (H^+) مع أيون الفلوريد (F^-) يعتبر (H^+) حمض لويس بينما أيون (F^-) قاعدة لويس ويتضح ذلك من الشكل التالى :



تصنيف الأحماض والقواعد Classification of Acids and Bases

أولًا : الأحماض :

يمكن تصنيف الأحماض وفق بعض الأسس كما يلى :

تبعًا لدرجة تفككها فى المحلول تنقسم إلى :

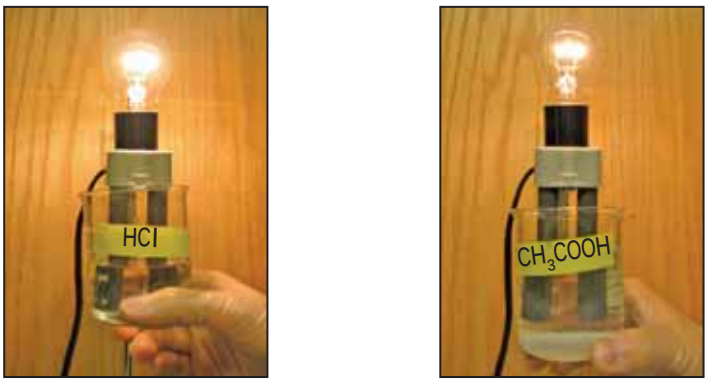
- أحماض قوية Strong Acids : هى الأحماض تامة التأين ، أى أن جميع جزيئاتها تتفكك فى المحلول إلى أيونات ومحاليلها توصل التيار الكهربى بدرجة كبيرة نسبيًا بسبب احتوائها على كمية كبيرة من الأيونات ؛ لذلك تعتبر إلكتروليتات قوية مثل HNO_3 – H_2SO_4 – HCl – HBr – $HClO_4$ – HI
- أحماض ضعيفة Weak Acids : هى الأحماض غير تامة التأين بمعنى أن جزءًا ضئيلًا من الجزيئات يتفكك إلى أيونات وتوصل التيار الكهربى بدرجة ضعيفة ؛ لذلك تعتبر إلكتروليتات ضعيفة.

مثل حمض الأسيتيك (الخل) CH_3COOH الذى يتأين فى الماء إلى أيون هيدرونيوم وأنيون الأسيتات

$$CH_3COOH + H_2O \rightleftharpoons CH_3COO^- + H_3O^+$$

لاحظ أن

لا توجد علاقة بين قوة الحمض وعدد ذرات الهيدروجين فى تركيبه الجزيئى فحمض الفوسفوريك H_3PO_4 يحتوى الجزيء منه على ثلاث ذرات هيدروجين ، ومع ذلك هو حمض أضعف من حمض النيتريك HNO_3 الذى يحتوى على ذرة هيدروجين واحدة.



شكل (١٦) الحمض القوى يوصل التيار الكهربى بدرجة أكبر من الحمض الضعيف

تبعًا لمصدرها تنقسم إلى :

- أحماض عضوية Organic acids : وهى الأحماض التى لها أصل عضوى (نبات – حيوان) وتستخلص من أعضاء الكائنات الحية ، وهى أحماض ضعيفة مثل : حمض الفورميك – حمض الأسيتيك – حمض اللاكتيك – حمض الستريك – حمض الأكساليك.

- أحماض معدنية Mineral acids : وهى تلك الأحماض التى يدخل فى تركيبها عناصر لافلزية غالبًا مثل الكلور والكبريت والنيتروجين والفوسفور وغيرها وليست من أصل عضوى مثل : حمض الهيدروكلوريك HCl – حمض الفوسفوريك H_3PO_4 – حمض البيروكلوريك $HClO_4$ – حمض الكربونيك H_2CO_3 – حمض النيتريك HNO_3 – حمض الكبريتيك H_2SO_4

▲ شكل (١٧) حمض الستريك فى الليمون

▲ شكل (١٨) حمض اللاكتيك فى اللبن ومنتجاته

▲ شكل (١٩) حمض الكربونيك فى المياه الغازية

تبعًا لعدد ذرات الهيدروجين التى يتفاعل عن طريقها الحمض والتى تعرف بقاعدية الحمض :

- أحادية البروتون (أحادية القاعدية Monobasic acids) :

تعطى بروتون واحد أثناء التفاعل مع جزيء واحد من القاعدة.

حمض الهيدروكلوريك HCl — CH_3COOH

حمض النيتريك HNO_3 — HCOOH

- ثنائية البروتون (ثنائية القاعدية Dibasic acids) :

قد تعطى بروتونًا أو اثنين أثناء التفاعل مع جزيئين من القاعدة.

حمض الكبريتيك H_2SO_4

حمض الكربونيك H_2CO_3

$\begin{matrix} COOH \\ | \\ COOH \end{matrix} . 2H_2O$ حمض الأكساليك

✪ ثلاثية البروتون (ثلاثية القاعدية Tribasic acids) :

قد تعطى حتى ثلاث بروتونات أثناء التفاعل.

حمض الفوسفوريك H_3PO_4

حمض الستريك $HO-C(CH_2-COOH)(COOH)-CH_2-COOH$

كتاب الأنشطة والتدريبات
الخواص الكيميائية للأحماض

ثانيًا : القواعد :

يمكن تصنيف القواعد وفق بعض الأسس كما يلى :

تبعًا لدرجة تفككها فى المحلول كما يلى:

✪ قواعد قوية Strong Bases : هى قواعد تامة التأين ، وتعتبر إلكتروليتات قوية كما فى الأحماض ، مثل هيدروكسيد البوتاسيوم KOH ، هيدروكسيد الصوديوم NaOH ، هيدروكسيد الباريوم $Ba(OH)_2$

✪ قواعد ضعيفة Weak Bases : هى قواعد غير تامة التأين ، وتعتبر إلكتروليتات ضعيفة مثل هيدروكسيد الأمونيوم NH_4OH

▲ شكل (٢٠) القاعدة القوية توصل التيار الكهربى بدرجة أكبر من القاعدة الضعيفة

تبعًا لتركيبها الجزيئى :

بعض المواد تتفاعل مع الحمض وتعطى ملح وماء لذا تعتبر قواعد مثل :

✪ أكاسيد الفلزات Metal Oxides :

$K_2O - Na_2O - MgO - CaO - PbO - FeO$

✪ هيدروكسيدات الفلزات Metal Hydroxides :

$$KOH - NaOH - Mg(OH)_2 - Ca(OH)_2 - Ba(OH)_2$$

✪ كربونات أو بيكربونات الفلزات (Metal Carbonates (or Bicarbonates :

$$K_2CO_3 - Na_2CO_3 - KHCO_3 - NaHCO_3$$

القواعد التى تذوب فى الماء تسمى قلويات Alkalis ويمكن تعريفها على أنها المواد التى تذوب فى الماء وتعطى أيون الهيدروكسيد OH^- أى أن القلويات هى جزء من القواعد ؛ ولذلك يمكننا القول : أن كل القلويات قواعد وليس كل القواعد قلويات.

الكشف عن الأحماض والقواعد

توجد عدة طرق للتعرف على نوع المحلول ما إذا كان حمضيًّا أو قلويًّا أو متعادلًا ، حيث يمكن استخدام الأدلة (الكواشف) أو مقياس الرقم الهيدروجينى pH .

أولًا : الأدلة (الكواشف) Indicators :

هى عبارة عن أحماض أو قواعد ضعيفة يتغير لونها بتغير نوع المحلول ، والسبب فى ذلك هو اختلاف لون الدليل المتأين عن لون الدليل غير المتأين ، ويرمز للدليل الحمضى بالرمز HIn بينما يرمز للدليل القاعدى بالرمز InOH وتستخدم الكواشف فى التعرف على نوع المحلول وأثناء عملية المعايرة بين الحمض والقاعدة ، والجدول التالى يوضح أمثلة لبعض الأدلة ولونها فى الأوساط المختلفة :

اسم الدليل	فى الوسط الحمضى	فى الوسط القاعدى	فى الوسط المتعادل
ميثيل برتقالى	أحمر	أصفر	برتقالى
بروموثيمول الأزرق	أصفر	أزرق	أخضر
فينولفثالين	عديم اللون	أحمر وردى	عديم اللون
عباد الشمس	أحمر	أزرق	بنفسجى

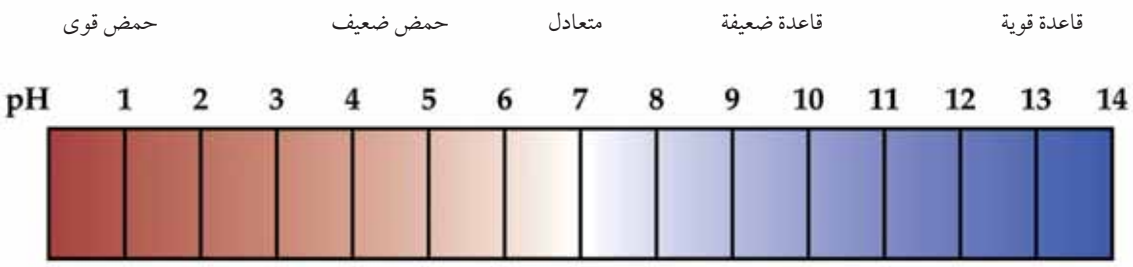
▲ جدول (٤) أمثلة لبعض الكواشف ولونها فى الوسط الحمضى والقاعدى والمتعادل

معلومة إثرائية

تعتبر لدغة النمل والنحل حمضية التأثير ويمكن علاجها باستخدام محلول بيكربونات الصوديوم ، أما لدغة الدبور وقنديل البحر فهى قلوية ويمكن علاجها باستخدام الخل.

ثانيًا : الرقم الهيدروجينى pH :

هو أسلوب للتعبير عن درجة الحموضة أو القاعدية للمحاليل بأرقام من 0 إلى 14. وقد يستخدم لذلك جهاز رقمى أو شريط ورقى وفى كل الحالات إذا كانت قيمة pH = 7 يكون المحلول متعادلًا وإذا كان أقل من 7 كان المحلول حمضى وكلما قلت القيمة عن 7 تزداد قوة الحمض وإذا كانت قيمة pH أكبر من 7 يكون المحلول قلويًّا ، وكلما زادت القيمة عن 7 تزداد قوة القاعدة أو القلوى.



▲ شكل (٢١) مقياس الرقم الهيدروجينى

الأملاح Salts

طرق تكوين الأملاح :

تعتبر الأملاح أحد أنواع المركبات المهمة فى حياتنا ، وتوجد بكثرة فى القشرة الأرضية ، كما توجد ذائبة فى ماء البحر أو مترسبة فى قاعه ، ولكن يمكن تحضير الأملاح كيميائيًّا بإحدى الطرق التالية :

- **تفاعل الفلزات مع الأحماض المخففة** : الفلزات التى تسبق الهيدروجين فى متسلسلة النشاط الكيميائى تحل محله فى محاليل الأحماض المخففة ويتصاعد الهيدروجين الذى يشتعل بفرقعة ويتبقى الملح ذائبًا فى الماء.

فلز (نشط) + حمض $\xleftarrow{\text{مخفف}}$ ملح الحمض + هيدروجين -

$$Zn_{(s)} + H_2SO_{4(aq)} \xrightarrow{dil.} ZnSO_{4(aq)} + H_{2(g)}\uparrow$$

ويمكن فصل الملح الناتج بتسخين المحلول فيتبخر الماء ويتبقى الملح

- **تفاعل أكاسيد الفلزات مع الأحماض** : وتستخدم هذه الطريقة عادة فى حالة صعوبة تفاعل الفلز مع الحمض مباشرة سواء بسبب خطورة التفاعل أو لقلة نشاط الفلز عن الهيدروجين

أكسيد فلز + حمض ⟵ ملح الحمض + ماء

$$CuO_{(s)} + H_2SO_{4(aq)} \xrightarrow{\Delta} CuSO_{4(aq)} + H_2O_{(l)}$$

✪ **تفاعل هيدروكسيد الفلز مع الحمض** : وتصلح هذه الطريقة فى حالة هيدروكسيدات الفلزات القابلة للذوبان فى الماء ، والتى تعتبر من القلويات.

حمض + قلوى ⟵ ملح الحمض + ماء

$$HCl_{(aq)} + NaOH_{(aq)} \xrightarrow{\Delta} NaCl_{(aq)} + H_2O_{(l)}$$

ويعرف هذا النوع من التفاعلات بالتعادل Neutralization وتستخدم تفاعلات التعادل فى التحليل الكيميائى لتقدير تركيز حمض أو قلوى مجهول التركيز باستخدام قلوى أو حمض معلوم التركيز فى وجود كاشف (دليل) مناسب ، ويحدث التعادل عندما تكون كمية الحمض مكافئة تمامًا لكمية القلوى.

✪ **تفاعل كربونات أو بيكربونات الفلز مع الحمض** : وهى أملاح حمض الكربونيك وهو غير ثابت (درجة غليانه منخفضة) يمكن لأى حمض آخر أكثر ثباتًا منه أن يطرده من أملاحه ويحل محله ويتكون ملح الحمض الجديد وماء ويتصاعد غاز ثانى أكسيد الكربون ويستخدم هذا التفاعل فى اختبار الحامضية.

$$Na_2CO_{3(s)} + 2HCl_{(aq)} \longrightarrow 2NaCl_{(aq)} + H_2O_{(l)} + CO_{2(g)}\uparrow$$

تسمية الأملاح Nomenclature of Salts :

يتكون الملح عند ارتباط الأيون السالب للحمض (الأنيون Y^-) مع الأيون الموجب للقاعدة (الكاتيون X^+) لينتج الملح (XY) لذلك فإن الاسم الكيميائى للملح يتكون من مقطعين فنقول مثلًا كلوريد صوديوم أو نترات بوتاسيوم وهكذا ... فالمقطع الأول يدل على الأيون السالب للحمض (الأنيون) والذى يطلق عليه الشق الحمضى للملح. بينما المقطع الثانى يدل على الأيون الموجب للقاعدة (الكاتيون) والذى يطلق عليه الشق القاعدى للملح. فعند اتحاد حمض النيتريك (HNO_3) مع هيدروكسيد البوتاسيوم (KOH) فإن الملح الناتج يسمى نترات بوتاسيوم (KNO_3)

$$KOH_{(aq)} + HNO_{3(aq)} \longrightarrow KNO_{3(aq)} + H_2O_{(l)}$$

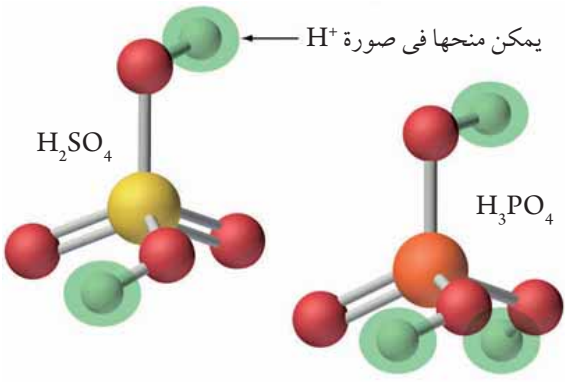
وتتوقف الصيغة الكيميائية للملح الناتج على تكافؤ كل من الأنيون والكاتيون. والجدول التالى يوضح أمثلة لبعض الأملاح وصيغتها والأحماض التى حضرت منها.

حمض	الشق الحمضى (الآنيون)	أمثلة لبعض أملاح الحمض
النيتريك HNO_3	نترات $(NO_3)^-$	نترات بوتاسيوم KNO_3 – نترات رصاص $Pb(NO_3)_2$ نترات حديد III $Fe(NO_3)_3$
الهيدروكلوريك HCl	كلوريد Cl^-	كلوريد صوديوم $NaCl$ – كلوريد ماغنسيوم $MgCl_2$ كلوريد ألومنيوم $AlCl_3$
الأسيتيك (الخليك) CH_3COOH	أسيتات (خلات) $(CH_3COO)^-$	أسيتات بوتاسيوم CH_3COOK – أسيتات نحاس $(CH_3COO)_2Cu$ أسيتات حديد III $(CH_3COO)_3Fe$
الكبريتيك H_2SO_4	كبريتات $(SO_4)^{2-}$ بيكبريتات $(HSO_4)^-$	كبريتات صوديوم Na_2SO_4 – كبريتات نحاس $CuSO_4$ بيكبريتات صوديوم $NaHSO_4$ – بيكبريتات الومنيوم $Al(HSO_4)_3$
الكربونيك H_2CO_3	كربونات $(CO_3)^{2-}$ بيكربونات $(HCO_3)^-$	كربونات صوديوم Na_2CO_3 – كربونات كالسيوم $CaCO_3$ بيكربونات صوديوم $NaHCO_3$ – بيكربونات ماغنسيوم $Mg(HCO_3)_2$

▲ جدول (٥) أمثلة لأحماض وبعض أملاحها

من الجدول السابق يمكن ملاحظة ما يلى :

- بعض الأحماض لها نوعان من الأملاح مثل حمض الكبريتيك وحمض الكربونيك ويرجع ذلك لعدد ذرات الهيدروجين فى جزيء الحمض وهناك أحماض لها ثلاثة أملاح مثل حمض الفوسفوريك H_3PO_4 .
- الملح الذى يحتوى هيدروجين فى الشق الحمضى له إما أن يسمى بإضافة (بيـ Bi) أو بإضافة كلمة هيدروجينية مثل بيكبريتات HSO_4^- أو كبريتات هيدروجينية .



▲ شكل (٢٢) أحماض متعددة الأملاح

- تدل الأرقام II أو III على تكافؤ الفلز المرتبط بالشق الحمضى وتكتب فى حالة الفلزات التى لها أكثر من تكافؤ.
- فى حالة الأحماض العضوية مثل حمض الأسيتيك يكتب الشق الحمضى فى الرمز إلى اليسار والقاعدى إلى اليمين مثل أسيتات البوتاسيوم $CH_3COO^-K^+$

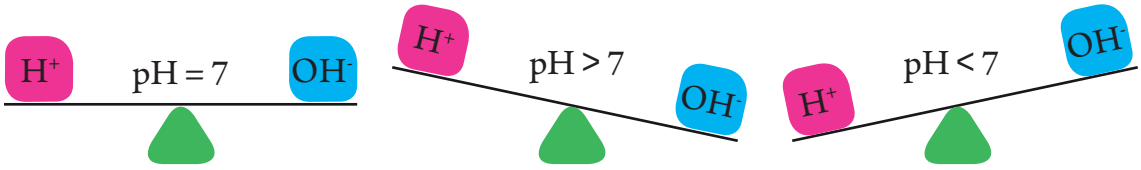
ذوبانية الأملاح Solubility of Salts

تختلف الأملاح فيما بينها فى قابليتها للذوبان فى الماء فمنها ما يذوب سريعًا فى الماء ، ومنها ما هو شحيح (قليل) الذوبان فى الماء البارد ولكن يذوب فى الماء الساخن ، ومنها ما لا يذوب فى الماء البارد أو الساخن. والجدول التالى يبين أمثلة لبعض الأملاح وذوبانيتها فى الماء :

الملح	الذوبانية فى الماء
أملاح الصوديوم والبوتاسيوم والأمونيوم	جميعها تذوب فى الماء البارد
النيترات	جميعها تذوب فى الماء البارد
الكبريتات	تذوب فى الماء البارد ما عدا كبريتات كل من الكالسيوم – الباريوم – الرصاص – الفضة
البيكربونات	جميعها تذوب فى الماء البارد
الكربونات	جميعها لا تذوب فى الماء ما عدا كربونات كل من الصوديوم – البوتاسيوم – الأمونيوم
الكلوريد	تذوب فى الماء البارد ما عدا كلوريد الرصاص $PbCl_2$ يذوب فى الماء الساخن وكلوريد الزئبق والفضة لا تذوب فى الماء البارد أو الساخن

▲ جدول (٦) ذوبانية الأملاح

وتختلف المحاليل المائية للأملاح فى خواصها ، فمنها ما يكون حمضيًّا ($pH < 7$) عندما يكون الحمض قويًّا والقاعدة ضعيفة مثل محلول NH_4Cl ، ومنها ما يكون قاعدى ($pH > 7$) عندما يكون الحمض ضعيفًا والقاعدة قوية مثل محلول Na_2CO_3 ، ومنها ما هو متعادل ($pH = 7$) عندما يتساوى كل من الحمض والقاعدة فى القوة مثل محلول $NaCl$ و CH_3COONH_4. ويتضح سبب ذلك من الشكل التالى :



▲ شكل (٢٣) العلاقة بين تركيز أيون H^+ وقيمة pH للمحلول

كتاب الأنشطة والتدريبات
ذوبانية الأملاح فى الماء

المصطلحات الأساسية فى الباب الثالث

- **المحلول الحقيقى** : مخلوط متجانس من مادتين أو أكثر. ص **47**
- **الغرويات** : هى مخاليط غير متجانسة لا تترسب دقائقها ويصعب فصل دقائقها بالترشيح. ص **56**
- **حمض أرهينوس** : هو المادة التى تتفكك فى الماء وتعطى أيون أو أكثر من أيونات الهيدروجين. ص **61**
- **قاعدة أرهينيوس** : هى المادة التى تتفكك فى الماء وتعطى أيون أو أكثر من أيونات الهيدروكسيد. ص **61**
- **حمض برونشتد – لورى** : هو المادة التى تفقد البروتون H^+ (مانح للبروتون). ص **62**
- **قاعدة برونشتد – لورى** : هى المادة التى لها القابلية لاستقبال البروتون (مستقبلة البروتون). ص **62**
- **الحمض المقترن** : هو المادة الناتجة عندما تكتسب القاعدة برتونًا. ص **63**
- **القاعدة المقترنة** : هو المادة الناتجة عندما يفقد الحمض برتونًا. ص **63**
- **حمض لويس** : هو المادة التى تستقبل زوج أو أكثر من الإلكترونات. ص **63**
- **قاعدة لويس** : هى المادة التى تمنح زوج أو أكثر من الإلكترونات. ص **63**
- **الأدلة (الكواشف)** : أحماض أو قواعد ضعيفة يتغير لونها بتغير لون المحلول. ص **67**
- **الرقم الهيدروجينى (pH)** : أسلوب للتعبير عن درجة الحموضة أو القاعدية للمحاليل بأرقام من صفر إلى 14. ص **68**
- **العلاقات الرياضية** : **طرق حساب التركيز** :

$$\text{المولارية } M = \frac{\text{عدد المولات (mol)}}{\text{حجم المحلول (L)}}$$ ص **53**

$$\text{المولالية } m\ (\text{mol/kg}) = \frac{\text{عدد مولات المذاب (mol)}}{\text{كتلة المذيب (kg)}}$$ ص **53**

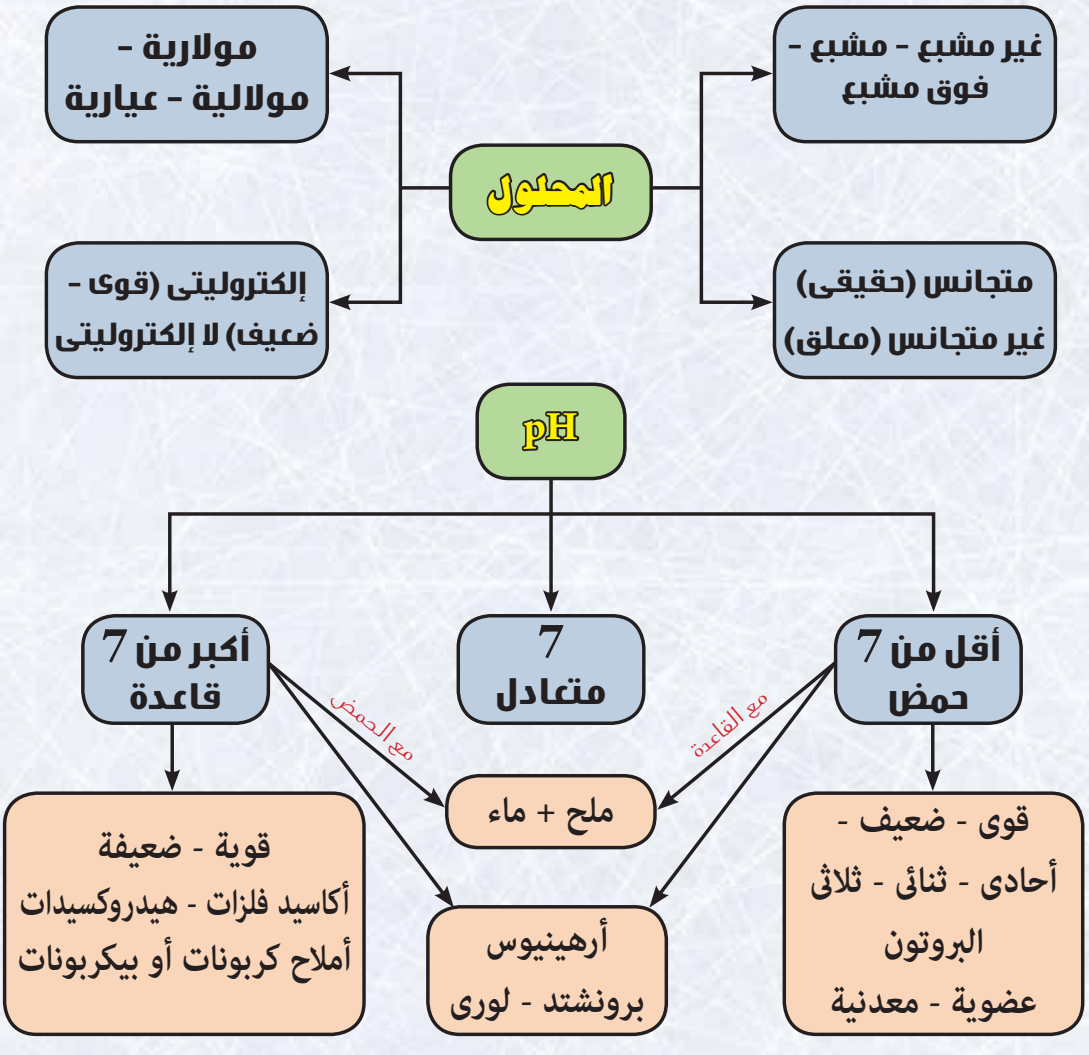
نشاط بحثى

تعاون مع زملائك فى إعداد بحث عن المحاليل بأنواعها (الحقيقى – الغروى) متضمنًا التصنيفات المختلفة لهذه المحاليل من حيث طبيعة المذاب والمذيب ، وخواص كل محلول والتطبيقات الحياتية له.

استعن فى ذلك بشبكة المعلومات (الإنترنت) أو المراجع العلمية الموجودة فى المكتبة المدرسية. ثم ناقش هذا البحث مع باقى زملائك وقدمه إلى معلمك لتقييمه.

نصائح عامة

مخطط تنظيمى للباب الثالث



الباب الرابع

الأهدافُ العامّةُ للباب الرابع :

فى نهايةِ هذا الباب يُصبح الطالب قادرًا على أن :

- يتعرف المعادلة الكيميائية الحرارية.
- يتعرف التفاعلات الطاردة والتفاعلات الماصة للحرارة.
- يميز بين النظام والوسط المحيط.
- يقارن بين أنواع الأنظمة المختلفة (المفتوح - المغلق - المعزول).
- يعرف القانون الأول للديناميكا الحرارية.
- يستنتج أن درجة الحرارة مقياس لمتوسط الطاقات الحركية لجزيئات النظام.
- يوضح العلاقة بين طاقة النظام وحركة جزيئاته.
- يعرف الإنثالبى (المحتوى الحرارى) المولارى.
- يطبق العلاقة التى تربط الحرارة النوعية والسعة الحرارية والتغير الحرارى.
- يفسر التغير فى الطاقة أثناء التغيرات الفيزيائية والكيميائية ويحدد تلقائية التفاعل من عدمه.
- يحسب الحرارة الممتصة أو المنطلقة من النظام.
- يعرف مفهوم الإنتروبى والطاقة الحرة.
- يحقق قانون هس للجمع الحرارى.

فصول الباب الرابع :

① المحتوى الحرارى

② صور التغير فى المحتوى الحرارى

القضايا المتضمنة : مشكلة الطاقة

الكيمياء الحرارية
Thermochemistry

الطاقة الحرارية من الطاقات الهامة جدًّا بالنسبة للإنسان ، حيث نعتمد فى قيامنا بالعديد من الأنشطة المختلفة على الحرارة الناتجة من احتراق الغذاء ، كما نستخدمها فى كثير من الأمور الحياتية ، حيث تستخدم فى المنزل فى عمليات التدفئة والطهى والتجفيف، كما تعتمد عدد كبير من الصناعات على الطاقة الحرارية ، ولأهميتها بالنسبة للإنسان اهتم العلماء فى فرع من فروع علم الكيمياء بدراسة التغيرات الحرارية المصاحبة للتغيرات الكيميائية والفيزيائية التى تحدث للمادة وسمى هذا الفرع بالكيمياء الحرارية.

لذا سنتناول فى هذه الوحدة بعض المفاهيم الأساسية المتصلة بالكيمياء الحرارية، كما ستتعرف على بعض صور التغير فى المحتوى الحرارى ، وكيفية حساب التغير فى المحتوى الحرارى ببعض الطرق ، واستخدام المسعر الحرارى فى قياس التغيرات الحرارية المصاحبة للتغيرات الكيميائية والفيزيائية.

المصطلحاتُ الأساسيّةُ

- Thermochemistry ... الكيمياء الحرارية
- System ..... النظام
- Surrounding ..... الوسط المحيط
- Isolated System ..... النظام المعزول
- Openend System ..... النظام المفتوح
- Closed System ..... النظام المغلق
- Specific Heat ..... الحرارة النوعية
- Heat Capacity ..... السعة الحرارية
- Heat Content ..... المحتوى الحرارى
- Entropy ..... الإنتروبى
- Free Energy ..... الطاقة الحرة
- Heat of Solution ..... حرارة الذوبان
- Heat of dilution ..... حرارة التخفيف
- Heat of formation ..... حرارة التكوين
- Heat of combustion ..... حرارة الاحتراق
- Hess's Law ..... قانون هس
- Bond Energy ..... طاقة الرابطة

الفصل الأول : المحتوى الحرارى

Heat Content

نواتج التعلم

فى نهاية هذا الفصل يصبح الطالب قادرًا على أن:

- يميز بين النظام والوسط المحيط.
- يقارن بين أنواع الأنظمة المختلفة (المفتوح - المغلق - المعزول).
- يتعرف القانون الأول للديناميكا الحرارية.
- يتعرف المعادلة الكيميائية الحرارية.
- يتعرف التفاعلات الطاردة والتفاعلات الماصة للحرارة.
- يوضح العلاقة بين طاقة النظام وحركة جزيئاته.
- يستنتج أن درجة الحرارة مقياس لمتوسط الطاقات الحركية لجزيئات النظام.
- يتعرف الإنثالبى (المحتوى الحرارى) المولارى.
- يطبق العلاقة التى تربط الحرارة النوعية والسعة الحرارية والتغير الحرارى.

المفاهيم الأساسية فى الكيمياء الحرارية:

جميع التغيرات الكيميائية والفيزيائية تصاحبها تغيرات فى الطاقة، والطاقة مهمة جدًّا لجميع الكائنات الحية ، حيث لا نستطيع الحركة أو القيام بالأنشطة المختلفة سواء كانت ذهنية أو عضلية دون الحاجة إلى الطاقة الناتجة من احتراق السكريات داخل أجسامنا ، وكذلك لا نستطيع طهو الطعام دون الحاجة إلى الطاقة الحرارية الناتجة من احتراق الغاز الطبيعى.

▲ شكل (١) تحتاج عملية طهو الطعام إلى طاقة حرارية

والعلم الذى يهتم بدراسة الطاقة وكيفية انتقالها يسمى علم الديناميكا الحرارية ، وقد اهتم العلماء بفرع من فروع الديناميكا الحرارية يتم فيه دراسة التغيرات الحرارية المصاحبة للتفاعلات الكيميائية والتغيرات الفيزيائية ويطلق عليه اسم (الكيمياء الحرارية) Thermochemistry .

قانون بقاء الطاقة Law of Conservation of Energy :

تتعدد صور الطاقة ، فمنها الطاقة الكيميائية والحرارية والضوئية والكهربية والحركية ، ولكن من خلال تصنيف الطاقة إلى صور مختلفة يمكنك أن تتصور أن كل صورة مستقلة بذاتها عن باقي الصور ، ولكن يوجد علاقة بين جميع صور الطاقة ، حيث تتحول الطاقة من صورة إلى أخرى ، وهذا يقودنا إلى نص قانون بقاء الطاقة.

قانون بقاء الطاقة : الطاقة فى أى تحول كيميائى أو فيزيائى لا تفنى ولا تنشأ من العدم ، بل تتحول من صورة إلى أخرى

ولكن ما علاقة التفاعل الكيميائى بالطاقة؟

معظم التفاعلات الكيميائية تكون مصحوبة بتغيرات فى الطاقة ، حيث أن أغلب التفاعلات الكيميائية إما أن ينطلق منها طاقة أو تمتص طاقة ، ويحدث تبادل للطاقة بين وسط التفاعل والوسط الذى يحيط به ، حيث يسمى وسط التفاعل بالنظام والوسط الذى يحيط به يُعرف بالوسط المحيط .

- ✓ **النظام (System) : هو جزء من الكون الذى يحدث فيه التغير الكيميائى أو الفيزيائى أو هو الجزء المحدد من المادة الذى توجه إليه الدراسة .**
- ✓ **الوسط المحيط (Surrounding) : هو الجزء الذى يحيط بالنظام ويتبادل معه الطاقة فى شكل حرارة أو شغل .**

فى حالة التفاعلات الكيميائية يعبر النظام عن المتفاعلات والنواتج وحدود النظام تكون الكأس أو الدورق أو أنبوب الاختبار الذى يحدث به التفاعل ، بينما الوسط المحيط يكون أى شيء محيط بالتفاعل.

أنواع الأنظمة Types of systems :

- ✪ النظام المعزول (Isolated System) وهو الذى لا يسمح بانتقال أى من الطاقة أوالمادة بين النظام والوسط المحيط.
- ✪ النظام المفتوح (Openend System) وهو النظام الذى يسمح بتبادل كل من المادة والطاقة بين النظام والوسط المحيط .
- ✪ النظام المغلق (Closed System) وهو الذى يسمح بتبادل الطاقة فقط بين النظام والوسط المحيط على صورة حرارة أو شغل .

▲ شكل (٢) العلاقة بين النظام والوسط المحيط

▲ شكل (٣) أنواع الأنظمة

فكروا واستنتج

للنظام المعزول أهمية كبرى فى حياتنا ، حيث إنه لا يسمح بانتقال أى من الطاقة والمادة بين النظام والوسط .

✓ قم بحصر أكبر عدد من أمثلة واستخدامات الأنظمة المعزولة فى حياتنا اليومية وفى مجال الصناعة.

القانون الأول للديناميكا الحرارية First law of Thermodynamic :

من خلال إيجاد العلاقة بين انتقال الطاقة بين النظام والوسط يمكننا التوصل إلى القانون الأول للديناميكا الحرارية كما يلى :

الكون = النظام + الوسط المحيط

التغير فى طاقة الكون = التغير فى طاقة النظام + التغير فى طاقة الوسط المحيط

$$\Delta E_{universe} = \Delta E_{system} + \Delta E_{surrounding}$$

لذا فإن أى تغير فى طاقة النظام يكون مصحوبًا بتغير مماثل فى طاقة الوسط المحيط ، ولكن بإشارة مخالفة حتى تظل الطاقة الكلية مقدارًا ثابتًا.

$$\Delta E_{system} = - \Delta E_{surrounding}$$

القانون الأول للديناميكا الحرارية (First law of Thermodynamic) : الطاقة الكلية لأى نظام معزول تظل ثابتة ، حتى لو تغير النظام من صورة إلى أخرى.

الحرارة ودرجة الحرارة Heat and Temperature :

يتوقف انتقال الحرارة من موضع لآخر على الفرق فى درجة الحرارة بين الموضعين ، فما المقصود بدرجة الحرارة ؟ وما العلاقة بين درجة حرارة النظام وحركة جزيئاته؟

درجة الحرارة (Temperature) : مقياس لمتوسط طاقة حركة جزيئات المادة ، كما تدل على حالة الجسم من حيث السخونة أو البرودة.

بعض المواد مكونة من جزيئات وذرات ، دائمة الحركة والاهتزاز ؛ ولكنها متفاوتة السرعة فى المادة الواحدة ، ويتكون النظام من مجموعة من الجزيئات المتفاعلة مع بعضها البعض. لذا كلما زاد متوسط حركة الجزيئات أدى ذلك لزيادة درجة الحرارة.

▲ شكل (٤) العلاقة بين اكتساب الحرارة وحركة الجزيئات

وتعتبر الحرارة Heat شكلًا من أشكال الطاقة ... ويمكن أن ينظر إليها على أنها طاقة فى حالة انتقال بين جسمَين مختلفَين فى درجة حرارتهما.

وكلما اكتسب النظام طاقة حرارية ازداد متوسط سرعة حركة الجزيئات ، والتى تُعبر عن الطاقة الحركية Kinetic energy للجزيئات ؛ مما يؤدى لارتفاع درجة حرارة النظام ، والعكس صحيح.

أى أن العلاقة طردية بين طاقة النظام وحركة جزيئاته .

كتاب الأنشطة والتدريبات
درجة الحرارة وكمية الحرارة

وحدات قياس كمية الحرارة :

السعر calorie :

يعرف بأنه كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة 1 g من الماء النقى 1°C

الجول Joule :

ويعرف بأنه كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة 1 g من الماء بمقدار $\frac{1}{4.184}$ °C

$$1 \text{ cal} = 4.184 \text{ J}$$

معلومة إثرائية

تستخدم وحدة السعر الحرارى Calorie عند حساب كمية الحرارة التى يتم الحصول عليها من الغذاء ، حيث يعتمد مستوى استهلاكك للسعرات الحرارية على مستوى نشاطك ، ففى يوم تقضيه فى الأعمال المكتبية تستهلك 800 سعرًا حراريًّا ، بينما يستهلك عداء الماراثون 1800 سعرًا حراريًّا لإنهاء السباق.

1 Calorie = 1 kilocalorie = 1000 calorie

الحرارة النوعية Specific Heat :

الحرارة النوعية : هى كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة جرام واحد من المادة درجة واحدة مئوية

الوحدة المستخدمة فى قياس الحرارة النوعية هى $J/g°C$. وتختلف الحرارة النوعية باختلاف نوع المادة ، والمادة التى لها حرارة نوعية كبيرة تحتاج إلى كمية كبيرة من الحرارة حتى ترتفع درجة حرارتها ويستغرق فى ذلك مدة طويلة كما تستغرق وقتًا طويلًا حتى تفقد هذه الطاقة مرة أخرى ، بعكس المادة التى لها حرارة نوعية صغيرة .

المادة	الألومنيوم	الكربون	النحاس	الحديد	الماء (سائل)	الماء (الغاز)
الحرارة النوعية	0.900	0.711	0.385	0.444	4.184	2.01

▲ جدول (١) الحرارة النوعية لبعض المواد

كتاب الأنشطة والتدريبات
الحرارة النوعية

حساب كمية الحرارة :

يمكن حساب كمية الحرارة المنطلقة أو الممتصة من النظام عن طريق استخدام القانون التالى:

$$q_p = m. c. \Delta T$$

حيث إن q_p تعبر عن كمية الحرارة المقاسة عند ضغط ثابت ، m الكتلة ، c الحرارة النوعية ، ΔT فرق درجات الحرارة وتحسب من العلاقة $(\Delta T = T_2 - T_1)$ ، حيث T_1 الحرارة الابتدائية ، بينما T_2 الحرارة النهائية.

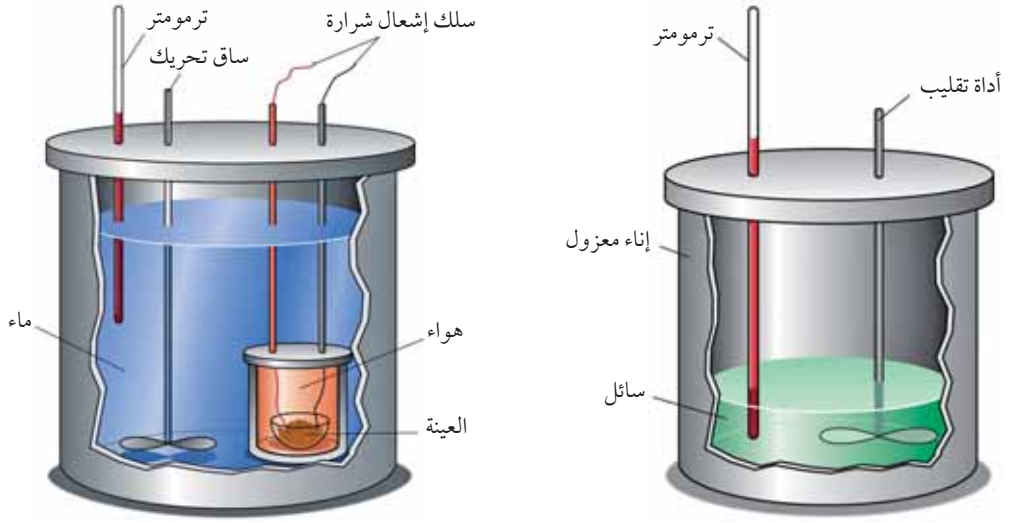
المسعر الحرارى :

يوفر المسعر نظامًا معزولًا يمكننا من قياس التغير فى درجة حرارة النظام المعزول ، حيث يمنع فقد أو اكتساب أى قدر من الطاقة أو المادة مع الوسط المحيط ، وكذلك يمكننا من استخدام كمية معينة من المادة التى يتم معها التبادل الحرارى ، والتى تكون فى الغالب الماء ، وذلك بسبب ارتفاع حرارته النوعية مما يسمح له باكتساب وفقد كمية كبيرة من الطاقة ، ويتم حساب التغير فى درجة الحرارة عن طريق حساب الفرق بين درجة الحرارة النهائية والابتدائية ΔT.

ويوجد نوع آخر من المسعرات يسمى مسعر الاحتراق يستخدم فى قياس حرارة احتراق بعض المواد ، حيث يجرى التفاعل باستخدام كميات معلومة من المادة المراد حرقها فى وفرة من الأكسجين تحت ضغط جوى ثابت ، والتى تكون موضوعة فى وعاء معزول من الصلب يسمى بوعاء الاحتراق ، ويتم إشعال المادة باستخدام سلك كهربى ، وتحاط غرفة الاحتراق بكمية معلومة من الماء.

مكونات المسعر الحرارى :

يتكون المسعر الحرارى من إناء معزول وترمومتر وأداة للتقليب ويوضع بداخله سائل غالبًا ما يكون ماء.



▲ شكل (٥) المسعر الحرارى

فكروا واستنتج

هل الحرارة النوعية ثابتة للمادة الواحدة حتى باختلاف كمية المادة أو الحالة الفيزيائية لها ؟

وحاصل ضرب الكتلة m فى الحرارة النوعية c يعرف بالسعة الحرارية C .

مثال:

باستخدام المسعر الحرارى تم حرق 0.28 g من وقود البروبانول فارتفعت درجة حرارة الماء بمقدار 21.5°C فإذا علمت أن كتلة الماء فى المسعر 100 g احسب كمية الحرارة الناتجة عن احتراق هذه الكمية من الوقود.

الحل:

$$q = m \cdot c \cdot \Delta T$$
$$q = 100 \times 4.18 \times 21.5$$
$$q = 9030\ J$$

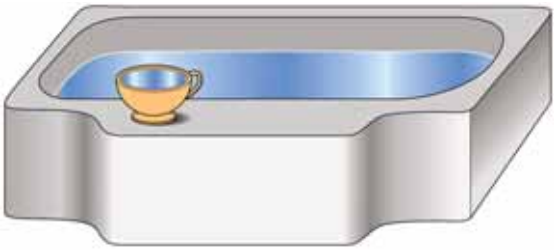
السعة الحرارية Heat Capacity :

تختلف السعة الحرارية عن الحرارة النوعية ، حيث تعرف السعة الحرارية بأنها :

السعة الحرارية لجسم: هى كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة الجسم درجة واحدة مئوية.

العوامل التى تتوقف عليها السعة الحرارية :

- **كتلة الجسم** : الماء الموجود فى حوض له سعة حرارية أكبر من تلك التى فى كأس صغيرة أو فنجان ، فعندما تتساوى درجة الحرارة الابتدائية – ولتكن 20°C – فإن الماء الموجود فى الحوض يحتاج لطاقة أكبر من الماء الموجود بالكأس أو الفنجان لرفع درجة الحرارة إلى 60°C.



▲ شكل (٦) الماء فى الحوض له سعة حرارية أكبر من الماء بالفنجان

- **نوع المادة** : تختلف السعة الحرارية من مادة لأخرى ، حتى لو تساوى الجسمان فى الكتلة فإن سعتيهما الحرارية تختلف مادام لهما تركيب مختلف ، ولتوضيح ذلك تأمل كأس بها 200 g من الماء وأخرى بها نفس الكتلة من الحديد ، بعد تعريضهما لفترة زمنية واحدة لحرارة الشمس يمكنك ملاحظة أن الماء لا يزال باردًا ، فى حين ارتفعت درجة حرارة الحديد.

مثال:

عند إذابة مول من نترات الأمونيوم فى كمية من الماء ، وأكمل حجم المحلول إلى 100 ml من الماء انخفضت درجة الحرارة من 25°C إلى 17°C احسب كمية الحرارة الممتصة.

الحل:

فى المحاليل المخففة يتم حساب كتلة المليلتر من الماء على أنها تساوى واحد جرام باعتبار أن كثافة الماء = 1 g / ml .

$$q = 100 \times 4.18 \times (25 - 17) = 3344\,J$$

$$q = 3.344\,kJ/mol$$

المحتوى الحرارى Heat Content

كل مادة كيميائية تختلف فى عدد ونوع الذرات الداخلة فى تركيبها ، كما تختلف فى نوع الترابط الموجود بين ذراتها عن غيرها من المواد ، ومن ثم فإن كل مادة بها قدر محدد من الطاقة يطلق عليه الطاقة الداخلية Internal Energy وهذا القدر من الطاقة هو محصلة عدة أنواع من الطاقة مختزنة داخل المادة.

- **الطاقة الكيميائية المختزنة فى الذرة** : وتتمثل فى طاقة الإلكترونات فى مستويات الطاقة ، والتى هى محصلة طاقة الحركة وطاقة الوضع للإلكترون فى مستوى الطاقة.

- **الطاقة الكيميائية المختزنة فى الجزيء** : تتواجد الطاقة الكيميائية فى الجزيء فى الروابط الكيميائية التى تربط بين ذراته سواء كانت روابط تساهمية أو روابط أيونية.
- **قوى الربط بين الجزيئات** : تعرف قوى الجذب بين جزيئات المادة بقوى جذب فاندرفال التبادلية وهى عبارة عن طاقة وضع ، كما توجد قوى أخرى بين الجزيئات مثل الروابط الهيدروجينية ، وتعتمد هذه القوى على طبيعة الجزيئات ومدى قطبيتها .

مما سبق يتضح أن :

المادة تختزن قدرًا من الطاقة ، تنتج من طاقة الإلكترونات فى مستويات الطاقة فى الذرة ، وطاقة الروابط الكيميائية ، وطاقة التجاذب بين الجزيئات المكونة لها ، ويطلق على مجموع تلك الطاقات الموجود فى مول من المادة بالمحتوى الحرارى للمادة أو الإنثالبى المولارى.

المحتوى الحرارى للمادة (H) (الإنثالبى المولارى) : مجموع الطاقات المختزنة فى مول واحد من المادة.

ونظرًا لاختلاف جزيئات المواد فى نوع الذرات أو عددها أو أنواع الروابط فيها ، فإنه من الطبيعى أن يختلف المحتوى الحرارى للمواد المختلفة ، ومن غير الممكن عمليًا قياس المحتوى الحرارى أو الطاقة المختزنة فى مادة معينة ، ولكن ما يمكننا قياسه هو التغير الحادث للمحتوى الحرارى أثناء التغيرات المختلفة التى تطرأ على المادة.

التغير فى المحتوى الحرارى (ΔH) : هو الفرق بين مجموع المحتوى الحرارى للمواد الناتجة ومجموع المحتوى الحرارى للمواد المتفاعلة.

أى أن :

التغير فى المحتوى الحرارى = المحتوى الحرارى للنواتج – المحتوى الحرارى للمتفاعلات

$$\Delta H = H_{products} - H_{reactants}$$

التغير فى المحتوى الحرارى القياسى ΔH° :

اتفق العلماء على أن يتم مقارنة قيم ΔH للتفاعلات المختلفة تحت ظروف قياسية واحدة وهى :

- ضغط يعادل الضغط الجوى 1 atm .
- درجة حرارة الغرفة 25°C .
- تركيز المحلول 1 M .

اعتبر العلماء أن المحتوى الحرارى للعنصر = صفر.

إذا كانت Δq_p كمية الحرارة ، n عدد المولات فإن $\Delta H = \frac{\Delta q_p}{n}$

ويمكن تقسيم التغيرات الحرارية المصاحبة للتفاعلات الكيميائية إلى نوعين :

أولاً : التفاعلات الطاردة للحرارة Exthothermic Reaction :

هى التفاعلات التى ينطلق منها حرارة كأحد نواتج التفاعل إلى الوسط المحيط فترتفع درجة حرارته.

ومن أمثلتها تفاعل غاز الهيدروجين مع غاز الأكسجين لتكوين الماء ، حيث يتفاعل 1 mol من غاز الهيدروجين (H_2) مع $\frac{1}{2}$ mol من غاز الأكسجين (O_2) ليتكون 1 mol من الماء (H_2O) وينطلق 285.8 kJ/mol من الحرارة ، كما بالمعادلة التالية :

$$H_{2(g)} + \frac{1}{2} O_{2(g)} \longrightarrow H_2O_{(l)} + 285.8\ kJ/mol$$

من المعادلة السابقة نتوصل إلى ما يلى :

- تنتقل الحرارة من النظام إلى الوسط المحيط ، مما يؤدى إلى نقص درجة حرارة النظام وارتفاع درجة حرارة الوسط المحيط.
- مجموع المحتويات الحرارية للمواد الناتجة أقل من مجموع المحتويات الحرارية للمواد المتفاعلة ، وطبقاً لقانون بقاء الطاقة فإن التفاعل سوف ينتج عنه قدرًا من الحرارة لتعويض النقص فى حرارة النواتج.
- يتم التعبير عن التغير فى المحتوى الحرارى (ΔH) بإشارة سالبة.

ثانياً : التفاعلات الماصة للحرارة Endothermic Reaction :

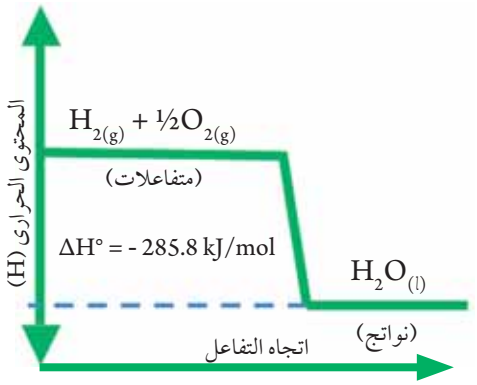
هى التفاعلات التى يتم فيها امتصاص حرارة من الوسط المحيط مما يؤدى إلى انخفاض درجة حرارته.

ومن أمثلة التفاعلات الماصة للحرارة تفاعل تفكك كربونات الماغنسيوم ($MgCO_3$) إلى أكسيد الماغنسيوم (MgO) وثانى أكسيد الكربون (CO_2) ، حيث يحتاج كل 1 mol من ($MgCO_3$) إلى امتصاص 117.3 kJ/mol من الطاقة ليتفكك ويعطى 1 mol من (MgO) و 1 mol من (CO_2) ، كما بالمعادلة التالية :

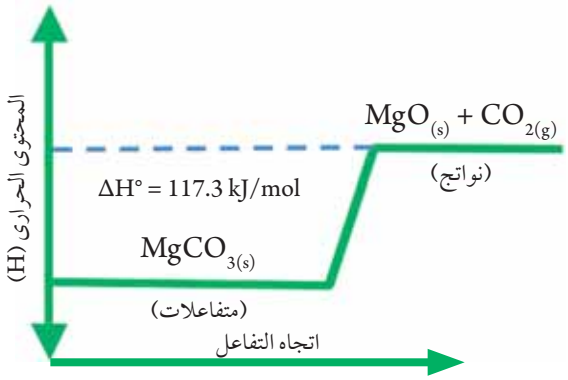
$$MgCO_{3(s)} + 117.3\ kJ/mol \longrightarrow MgO_{(s)} + CO_{2(g)}$$

ومن المعادلة السابقة نتوصل إلى ما يلى:

- تنتقل الحرارة من الوسط المحيط إلى النظام ، فيكتسب النظام طاقة حرارية ويفقد الوسط المحيط طاقة.
- مجموع المحتويات الحرارية للمواد الناتجة أعلى من مجموع المحتويات الحرارية للمواد المتفاعلة ، وطبقًا لقانون بقاء الطاقة فإن التفاعل سوف يمتص قدرًا من الحرارة لتعويض النقص فى حرارة المتفاعلات.
- يتم التعبير عن التغير فى المحتوى الحرارى (ΔH°) بإشارة موجبة.



▲ شكل (٧) مخطط التفاعلات الطاردة للحرارة



▲ شكل (٨) مخطط التفاعلات الماصة للحرارة

ويمكن توضيح العلاقة بين المحتوى الحرارى للمتفاعلات والنواتج والفرق بينهما (ΔH°) من العلاقة التالية:

$$\Delta H^\circ = H_p - H_r$$

كتاب الأنشطة والتدريبات
التفاعلات الماصة للحرارة

المحتوى الحرارى وطاقة الرابطة :

يحدث كسر للروابط الموجودة فى المواد المتفاعلة لتكوين روابط جديدة فى النواتج ، حيث تختزن الرابطة الكيميائية طاقة وضع كيميائية.

- أثناء كسر الرابطة يتم امتصاص مقدار من الطاقة من الوسط المحيط حتى يتم كسر الرابطة.

- أثناء تكوين الرابطة تنطلق طاقة إلى الوسط المحيط (فتزداد درجة حرارة الوسط المحيط) .

طاقة الرابطة : هى الطاقة اللازمة لكسر الروابط أو الناتجة عن تكوين الروابط فى مول واحد من المادة.

وتختلف طاقة الرابطة الواحدة تبعًا لنوع المركب أو حالته الفيزيائية ؛ لذلك اتفق العلماء على استخدام متوسط طاقة الرابطة بدلًا من طاقة الرابطة ، والجدول (2) يوضح متوسط الطاقة لبعض الروابط :

الرابطة	متوسط طاقة الرابطة kJ /mol
C — C	346
C = C	610
C ≡ C	835
C — H	413
Si — H	318

الرابطة	متوسط طاقة الرابطة kJ /mol
H — H	432
C — O	358
C = O	745
O — H	467
O = O	498

▲ جدول (٢) متوسط الطاقة لبعض الروابط (للإيضاح فقط)

- فى حالة انطلاق طاقة عند تكوين روابط النواتج أكبر من الطاقة اللازمة لكسر روابط المتفاعلات تنطلق طاقة مساوية للفرق بين العمليتين ، ويكون التفاعل طاردًا للحرارة ، وتكون ΔH° سالبة.
- عندما يتم امتصاص طاقة أكبر عند تكسير روابط المتفاعلات ، عما يتم انطلاقه عند تكوين الروابط فى النواتج ، يكون التفاعل ماصًّا للحرارة وتكون ΔH° موجبة.

مثال:

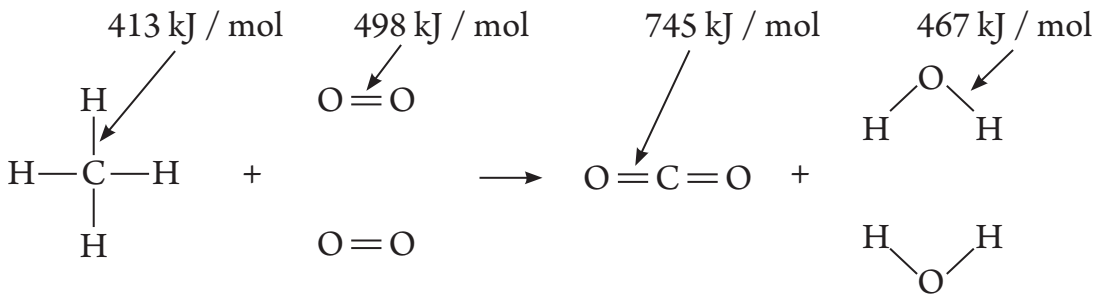
احسب حرارة التفاعل التالى ، وحدِّد ما إذا كان التفاعل طاردًا أو ماصًّا للحرارة.

$$CH_{4(g)} + 2O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} + 2H_2O_{(g)}$$

علماً بأن طاقة الروابط مقدرة بوحدة kJ /mol كما يلى :

$$(C=O)\ 745\ ,\ (O-H)\ 467\ ,\ (C-H)\ 413\ ,\ (O=O)\ 498$$

الحل:



الطاقة اللازمة لكسر روابط المتفاعلات = $[4 \times (C - H)] + [2 \times (O = O)]$

$= [4 \times 413] + [2 \times 498] = 2648$ kJ

الطاقة الناتجة عن تكوين الروابط فى النواتج = $[2 \times (C = O)] + [2 \times 2\ (O - H)]$

$= [2 \times 745] + [2 \times 2 \times 467] = 3358$ kJ

$(\Delta H) = (+ 2648) + (- 3358) = - 710$ kJ/mol

وبذلك يكون التفاعل طاردًا للحرارة ؛ لأن إشارة (ΔH) سالبة .

المعادلة الكيميائية الحرارية Thermochemical Equation :

لاحظ المعادلة التالية ، ثم استنتج المقصود بالمعادلة الحرارية ، وشروطها؟

$$H_{2(g)} + \frac{1}{2} O_{2(g)} \longrightarrow H_2O_{(g)} + 242 \text{ kJ/mol}$$

المعادلة الكيميائية الحرارية : هى معادلة كيميائية تتضمن التغير الحرارى المصاحب للتفاعل ويمثل فى المعادلة كأحد المتفاعلات أو النواتج.

يشترط فى المعادلة الكيميائية الحرارية ما يلى :

- يجب أن تكون موزونة ، والمعاملات فى المعادلة الكيميائية الحرارية الموزونة تمثل عدد مولات المتفاعلات والنواتج ، ولا تمثل عدد الجزيئات ؛ لذلك يمكن عند الحاجة كتابة هذه المعاملات ككسور وليس بالضرورة أعدادًا صحيحة ، كما بالمثال التالى :

$$H_{2(g)} + \frac{1}{2} O_{2(g)} \longrightarrow H_2O_{(l)} + 285.8 \text{ kJ/mol}$$

- يجب ذكر الحالة الفيزيائية للمواد الداخلة فى التفاعل والناتجة منه ، ويستخدم لذلك بعض الرموز التى تدل على هذه الحالة مثل: aq ، g ، l ، s ويعود السبب فى ذلك لأن المحتوى الحرارى يتغير بتغير الحالة الفيزيائية للمادة مما يؤثر على قيمة التغير الحرارى ، والمثال التالى يوضح ذلك :

$$H_{2(g)} + \frac{1}{2} O_{2(g)} \longrightarrow H_2O_{(l)} \qquad \Delta H^\circ = - 285.8 \text{ kJ/mol}$$

$$H_{2(g)} + \frac{1}{2} O_{2(g)} \longrightarrow H_2O_{(g)} \qquad \Delta H^\circ = - 242 \text{ kJ/mol}$$

- توضح قيمة وإشارة التغير فى المحتوى الحرارى (ΔH°) للتفاعل الكيميائى أو للتغيرات الفيزيائية ، أى أن تكون ذات إشارة موجبة أو سالبة ، فالإشارة الموجبة تعنى أن التفاعل ماص للحرارة ، بينما الإشارة السالبة تعنى أن التفاعل طارد للحرارة ، كما فى الأمثلة التالية :

$$H_2O_{(s)} \longrightarrow H_2O_{(l)} \qquad \Delta H^\circ = +6\ kJ/mol$$

$$CH_{4(g)} + 2O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} + 2H_2O_{(g)} \qquad \Delta H^\circ = -890\ kJ/mol$$

- عند ضرب أو قسمة طرفى المعادلة بمعامل عددى معين يجب أن تجرى نفس العملية على قيمة التغير فى المحتوى الحرارى ، كما يلى :

$$H_2O_{(s)} \longrightarrow H_2O_{(l)} \qquad \Delta H^\circ = +6\ kJ/mol$$

$$2H_2O_{(s)} \longrightarrow 2H_2O_{(l)} \qquad \Delta H^\circ = 2 \times 6\ kJ/mol = 12\ kJ/mol$$

- يمكن عكس اتجاه سير المعادلة الحرارية ، وفى هذه الحالة يتم تغيير إشارة التغير فى المحتوى الحرارى ΔH كما بالمثال التالى :

$$H_2O_{(s)} \longrightarrow H_2O_{(l)} \qquad \Delta H^\circ = +6\ kJ/mol$$

$$H_2O_{(l)} \longrightarrow H_2O_{(S)} \qquad \Delta H^\circ = -6\ kJ/mol$$

التغير فى المحتوى الحرارى والميل إلى التفاعل

معظم التفاعلات فى الطبيعة هى تفاعلات طاردة للحرارة ، وعند حدوثها تنطلق الطاقة. وتكون طاقة النواتج أقل من طاقة المتفاعلات ، وكذلك تكون النواتج أكثر استقرارًا وأكثر مقاومة للتغير ، والميل الطبيعى للتفاعل هو أن يحدث فى اتجاه يؤدى إلى حالة أقل من الطاقة.

يعتقد الكثيرون أن التفاعلات الماصة للحرارة لا تحدث تلقائيًّا لأن النواتج لها طاقة أعلى واستقرارية أقل من المتفاعلات ، وهذا يجعلنا نتوقع أن تحدث هذه التفاعلات بمساعدة تأثيرات خارجية ، كالتسخين مثلاً ، ولكن وجد أن بعض التفاعلات الماصة للحرارة تحدث بصورة تلقائية ، وهذا ما يجعلنا نستخلص أن هناك شيء آخر يساعد على تحديد إمكانية حدوث التفاعل تلقائيًّا.

الإنتروبى Entropy :

الانصهار من العمليات الماصة للحرارة التى تحدث طبيعيًّا ، فمكعب الثلج ينصهر تلقائيًّا عند درجة حرارة الغرفة ، وذلك بانتقال الطاقة من الهواء إلى الثلج ، كما بالمعادلة التالية :

$$H_2O_{(s)} + 6.0\ kJ/mol \longrightarrow H_2O_{(l)}$$

ويبدو فى هذا التغير أنه يحدث تلقائيًا على الرغم من أن طاقة النواتج أعلى من طاقة المتفاعلات ، ويقودنا ذلك إلى وجود عامل آخر يحدد تلقائية التغير وهذا العامل مرتبط بدرجة الترتيب ويسمى الإنتروبى.

الإنتروبى : هو مقياس لدرجة العشوائية فى نظام ما.

فالمثال السابق يفقد الترتيب المنتظم لجزيئات الماء فى بللورة الثلج ، فتتكون حالة السيولة ذات الترتيب الأقل انتظاماً وذات المحتوى الحرارى الأعلى ، فبالإضافة إلى القانون الذى يحكم التفاعلات الكيميائية والتغيرات الفيزيائية ، والذى ينص على أن التغيرات تتم فى الاتجاه الذى يؤدى إلى تقليل الطاقة ، فإنه يوجد قانون آخر ينظم التغيرات الكيميائية والفيزيائية وهو قانون العشوائية .

قانون العشوائية : التغيرات تحدث فى الاتجاه الذى يزيد من العشوائية ، أى أن التفاعلات تسير فى اتجاه زيادة الإنتروبى.

الطاقة الحرة Free Energy :

تحدث التفاعلات الكيميائية فى الاتجاه الذى يؤدى إلى تقليل طاقة النظام وزيادة درجة العشوائية فى النظام ، ولتحديد أى العاملين يكون له الغلبة فى سير التفاعل تم تعريف دالة تربط بين التغير فى المحتوى الحرارى والتغير فى الإنتروبى عند درجة حرارة معينة وضغط ثابت ، وتسمى هذه الدالة بالطاقة الحرة ، وتميل التفاعلات الكيميائية إلى السير فى الاتجاه الذى يقلل الطاقة الحرة للنظام.

الطاقة الحرة : هى القدرة على بذل شغل.

والجدول التالى يوضح الربط بين إمكانية حدوث التفاعل وبين التغير فى كل من المحتوى الحرارى والإنتروبى والطاقة الحرة كما يلى:

التغير فى المحتوى الحرارى	التغير فى الإنتروبى	تلقائية التفاعل
قيمة سالبة (تفاعل طارد للحرارة)	قيمة موجبة (أكثر عشوائية)	تلقائى دائمًا
قيمة سالبة (تفاعل طارد للحرارة)	قيمة سالبة (أقل عشوائية)	تلقائى عند درجات الحرارة المنخفضة
قيمة موجبة (تفاعل ماص للحرارة)	قيمة موجبة (أكثر عشوائية)	تلقائى عند درجات الحرارة المرتفعة
قيمة موجبة (تفاعل ماص للحرارة)	قيمة سالبة (أقل عشوائية)	غير تلقائى

▲ جدول (٣) العلاقة بين تلقائية التفاعل والتغير فى كل من المحتوى الحرارى والإنتروبى

الفصل الثانى : صور التغير فى المحتوى الحرارى

Forms of Changes in Heat Content

نواتج التعلم

فى نهاية هذا الفصل يصبح الطالب قادرًا على أن:

- يحسب الحرارة الممتصة او المنطلقة من النظام.
- يستنتج التغير فى المحتوى الحرارى للنظام من متوسطات المحتوى الحرارى.
- يحقق قانون هس للجمع الحرارى.

يعتبر حساب التغير فى المحتوى الحرارى من الأمور المهمة ، فالتعرف على التغير فى المحتوى الحرارى المصاحب لاحتراق أنواع الوقود المختلفة يساعد عند تصميم المحركات فى معرفة أى نوع من الوقود ملائم لها ، كما يساعد رجال الإطفاء فى التعرف على كمية الحرارة المصاحبة لاحتراق المواد المختلفة ، مما يساعدهم فى اختيار أنسب الطرق لمكافحة الحريق ، وتختلف صور التغير فى المحتوى الحرارى تبعًا لنوع التغير الحادث فيزيائيًّا أم كيميائيًّا.

▲ شكل (٩) تتحول الطاقة الكيميائية المختزنة فى الوقود إلى طاقة حرارية

التغيرات الحرارية المصاحبة للتغيرات الفيزيائية

من أمثلة التغيرات الفيزيائية الذوبان والتخفيف والتغير فى الحالة الفيزيائية وسوف ندرس بشيء من التفصيل التغيرات الحرارية المصاحبة لكل منها :

حرارة الذوبان القياسية Standard heat of Solution :

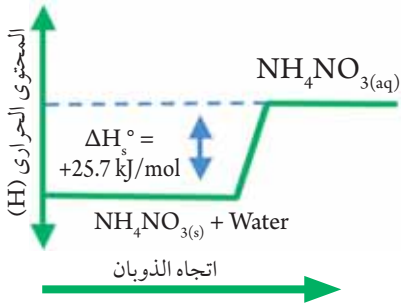
حرارة الذوبان القياسية ΔH_s° : هى كمية الحرارة المنطلقة أو الممتصة عند إذابة مول واحد من المذاب فى قدر معين من المذيب للحصول على محلول مشبع تحت الظروف القياسية.

عند إذابة نترات الأمونيوم (NH_4NO_3) فى الماء ، تنخفض درجة حرارة المحلول ، ويسمى الذوبان فى هذه الحالة بذوبان ماص للحرارة يعبر عنه بالمعادلة التالية :

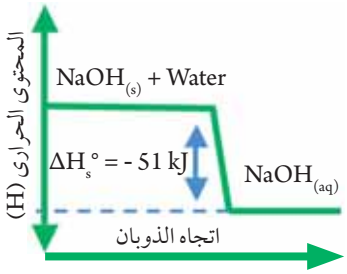
$$NH_4NO_{3(s)} \xrightarrow{H_2O} NH^+_{4(aq)} + NO^-_{3(aq)} \qquad \Delta H^\circ_s = +25.7\ kJ / mole$$

وعند إذابة هيدروكسيد الصوديوم (NaOH) فى الماء ترتفع درجة حرارة المحلول ، ويسمى الذوبان فى هذه الحالة بذوبان طارد للحرارة يعبر عنه بالمعادلة التالية :

$$NaOH_{(s)} \xrightarrow{H_2O} Na^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)} \qquad \Delta H^\circ_s = -51\ kJ / mole$$



▲ شكل (١٠) ذوبان نترات الأمونيوم ماص للحرارة



▲ شكل (١١) ذوبان هيدروكسيد الصوديوم طارد للحرارة

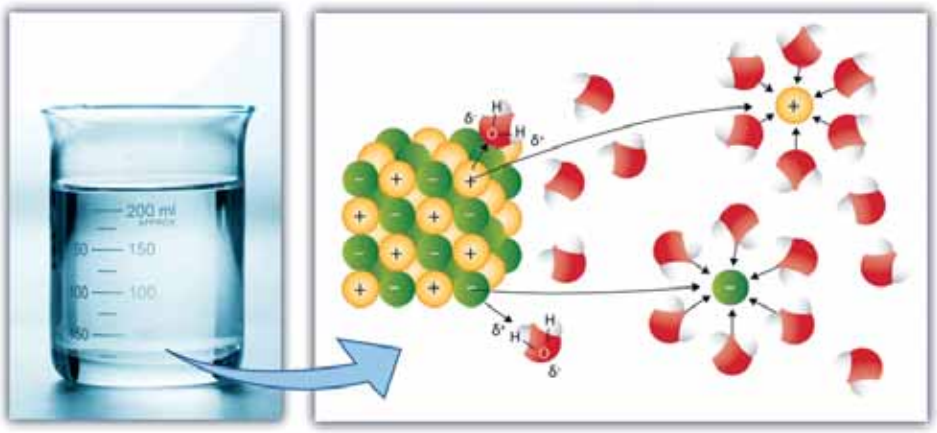
كتاب الأنشطة والتدريبات
حرارة الذوبان

ويمكن تفسير حرارة الذوبان فى الخطوات التالية :

فصل جزيئات المذيب : وهى عملية ماصة للحرارة تحتاج إلى طاقة للتغلب على قوى التجاذب بين جزيئات المذيب ويرمز لها بالرمز ΔH_1 .

فصل جزيئات المذاب : وهى عملية ماصة للحرارة أيضًا تحتاج إلى طاقة للتغلب على قوى التجاذب بين جسيمات المذاب ويرمز لها بالرمز ΔH_2 .

عملية الإذابة : وهى عملية طاردة للحرارة ، نتيجة لإنطلاق طاقة عند ارتباط جسيمات المذيب بجزيئات المذاب ويرمز لها بالرمز ΔH_3 . ويطلق عليها طاقة الإماهة إذا كان المذيب هو الماء.



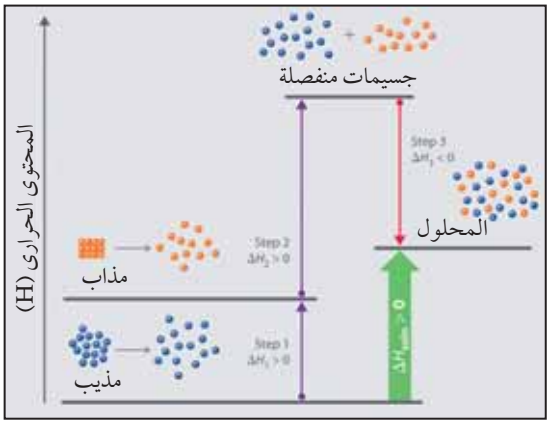
▲ شكل (١٢) تفكك الشبكة البللورية والإماهة

وتتوقف قيمة حرارة الذوبان ΔH_s على محصلة هذه العمليات :

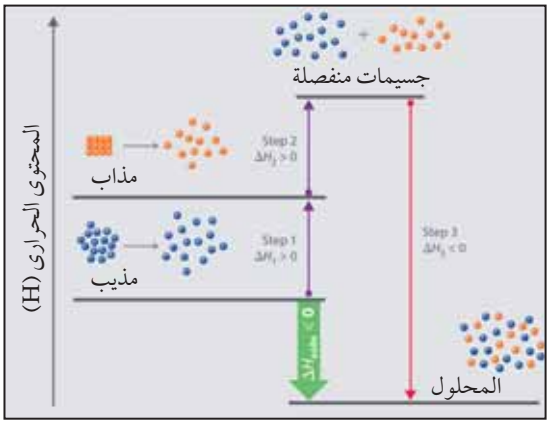
✪ إذا كانت $\Delta H_1 + \Delta H_2 > \Delta H_3$ يكون الذوبان ماص للحرارة.

✪ إذا كانت $\Delta H_1 + \Delta H_2 < \Delta H_3$ يكون الذوبان طارد للحرارة.

والمخطط التالى يوضح ذوبان ماص للحرارة وآخر طارد للحرارة.



▲ شكل (١٣) مخطط ذوبان ماص للحرارة



▲ شكل (١٤) مخطط ذوبان طارد للحرارة

معلومة إثرائية

يتم استخدام أكياس جاهزة تعمل ككمادات باردة ، حيث تحتوى هذه الأكياس على طبقتين يفصل بينهما غشاء رقيق يكون فى إحداهما نترات الأمونيوم والأخرى ماء ، وعند الحاجة إليها يتم الضغط عليها فيتمزق الغشاء الفاصل وبذلك يسمح للمادتين بالاختلاط ومن ثم تنخفض درجة الحرارة نظرًا لكونه ذوبانًا ماصًا للحرارة ، كما يتوفر كذلك أكياس كمادات ساخنة ، حيث تحتوى هذه الأكياس على كلوريد الكالسيوم والماء وفى هذه الحالة يكون الذوبان طاردًا للحرارة.

ويمكن حساب حرارة الذوبان باستخدام العلاقة : $q = m \cdot c \cdot \Delta T$

- فى المحاليل المخففة يمكن التعبير عن كتلة المحلول (m) بدلالة الحجم ؛ لأن كثافة الماء فى الظروف العادية تساوى الواحد الصحيح.
- يمكن اعتبار الحرارة النوعية للمحلول مساوية أيضًا للحرارة النوعية للماء $4.18\ J\ /\ g°C$
- إذا كان المحلول تركيزه 1 مولر ($1\ mol\ /\ L$) أى أن كمية المادة المذابة ($1\ mol$) والمحلول الناتج حجمه ($1\ L$) فإن كمية الحرارة المنطلقة أو الممتصة فى هذه الحالة تسمى حرارة الذوبان المولارية.

حرارة الذوبان المولارية : هى التغير الحرارى الناتج عن ذوبان مول من المذاب لتكوين لتر من المحلول.

حرارة التخفيف القياسية Standard heat of dilution :

ادرس المثالين التاليين واللذين يوضحان اختلاف حرارة الذوبان باختلاف كمية المذيب ، ثم حاول التوصل إلى تأثير التخفيف على التغير فى المحتوى الحرارى

$$NaOH_{(s)} + 5H_2O_{(l)} + heat \longrightarrow NaOH_{(aq)} + 37.8\ kJ/mol$$

$$NaOH_{(s)} + 200H_2O_{(l)} + heat \longrightarrow NaOH_{(aq)} + 42.3\ kJ/mol$$

فى المحلول المركز تتقارب أيونات المذاب من بعضها ، وعند إضافة كمية أخرى من المذيب (تخفيف) تتباعد الأيونات عن بعضها وهذا يحتاج إلى طاقة تسمى طاقة إبعاد الأيونات وهى طاقة ممتصة ، وبزيادة عدد جزيئات المذيب ترتبط الأيونات بعدد أكبر من جزيئاته وتنطلق كمية من الحرارة ، والتغير فى المحتوى الحرارى هو محصلة هاتين العمليتين ويمكن تعريف حرارة التخفيف القياسية على أنها :

حرارة التخفيف القياسية ΔH°_{dil} : كمية الحرارة المنطلقة أو الممتصة لكل واحد مول من المذاب عند تخفيف المحلول من تركيز أعلى إلى تركيز آخر أقل بشرط أن يكون فى حالته القياسية.

التغيرات الحرارية المصاحبة للتغيرات الكيميائية

سنتناول فيما يلى التغيرات الحرارية المصاحبة لبعض التغيرات الكيميائية مثل :

حرارة الاحتراق القياسية Standard heat of combustion :

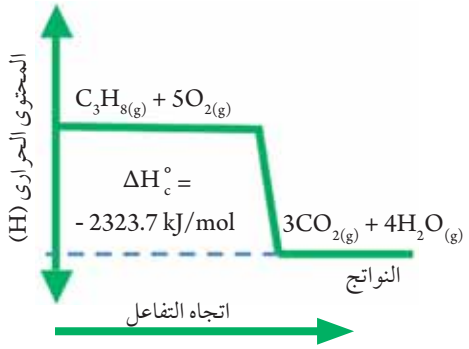
الاحتراق هو عملية اتحاد سريع للمادة مع الأكسجين ، وينتج عن احتراق بعض العناصر والمركبات احتراقًا تامًا إنطلاق كمية كبيرة من الطاقة تكون فى صورة حرارة أو ضوء ، وتعرف الحرارة المنطلقة بحرارة الاحتراق (ΔH_c).

وتعرف حرارة الاحتراق القياسية كما يلى :

حرارة الاحتراق القياسية ΔH_c° : كمية الحرارة المنطلقة عند احتراق مول واحد من المادة احتراقاً تامًا فى وفرة من الأكسجين تحت الظروف القياسية.

ومن أمثلة تفاعلات الاحتراق التى نستخدمها فى حياتنا اليومية احتراق غاز البوتاجاز (وهو خليط من البروبان C_3H_8 والبيوتان C_4H_{10}) مع أكسجين الهواء الجوى لإنتاج كمية كبيرة من الحرارة والتى يتم استخدامها فى طهى الطعام وغيرها من الاستخدامات ، والمعادلة التالية تمثل احتراق غاز البروبان احتراقًا تامًا فى وفرة من غاز الأكسجين :

$$C_3H_{8(g)} + 5O_{2(g)} \longrightarrow 3CO_{2(g)} + 4H_2O_{(g)} + 2323.7\ kJ/mol$$



▲ شكل (١٥) الاحتراق التام لغاز البروبان

ومن تفاعلات الاحتراق المهمة أيضًا احتراق الجلوكوز $C_6H_{12}O_6$ داخل جسم الكائنات الحية احتراق تام فى وفرة من الأكسجين لإمداد الكائن الحى بالطاقة اللازمة للقيام بالمهام الحيوية ، كما بالمعادلة التالية :

$$C_6H_{12}O_{6(s)} + 6O_{2(g)} \longrightarrow 6CO_{2(g)} + 6H_2O_{(g)}\ ,\ \Delta H_c^\circ = -2808\ kJ/mol$$

حرارة التكوين القياسية Standard heat of formation :

التغير الحرارى المصاحب لتكوين المركب من عناصره الأولية يسمى بحرارة التكوين (ΔH_f) ، ويمكن تعريف حرارة التكوين القياسية كما يلى :

حرارة التكوين القياسية ΔH_f° : كمية الحرارة المنطلقة أو الممتصة عند تكوين مول واحد من المركب من عناصره الأولية بشرط أن تكون هذه العناصر فى حالتها القياسية.

العلاقة بين حرارة التكوين وثبات المركبات :

حرارة تكوين المركب هى المحتوى الحرارى له ، وقد لاحظ العلماء من خلال نتائج التجارب أن المركبات التى تمتلك حرارة تكوين سالبة تكون أكثر ثباتًا واستقرارًا عند درجة حرارة الغرفة ولا تميل إلى التفكك لأن المحتوى الحرارى لها يكون صغيرًا ، بعكس المركبات التى تمتلك حرارة تكوين موجبة ، حيث تميل إلى الانحلال التلقائى إلى عناصرها الأولية عند درجة حرارة الغرفة. ومعظم التفاعلات تسير فى اتجاه تكوين المركبات الأكثر ثباتا.

استخدام حرارة التكوين القياسية (ΔH°_f) فى حساب التغير فى المحتوى الحرارى :

حرارة التكوين القياسية لجميع العناصر تكون مساوية للصفر فى الظروف القياسية من الضغط ودرجة الحرارة أى عندما يكون العنصر عند درجة حرارة 25°C وضغط جوى 1 atm .

وحيث أن التغير فى المحتوى الحرارى يمكن حسابه من العلاقة التالية :

(ΔH°) = المحتوى الحرارى للنواتج – المحتوى الحرارى للمتفاعلات

كذلك يمكن حساب التغير فى المحتوى الحرارى للمركبات باستخدام حرارة التكوين من العلاقة التالية :

(ΔH°) = المجموع الجبرى لحرارة تكوين النواتج – المجموع الجبرى لحرارة تكوين المتفاعلات.

مثال:

إذا كانت حرارة تكوين الميثان (−74.6) وثانى أكسيد الكربون (−393.5) وبخار الماء (−241.8) kJ / mol احسب التغير فى المحتوى الحرارى للتفاعل الموضح فى المعادلة التالية:

$$CH_{4(g)} + 2O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} + 2H_2O_{(g)}$$

الحل:

(ΔH°_f) = المجموع الجبرى لحرارة تكوين النواتج – المجموع الجبرى لحرارة تكوين المتفاعلات

$$= (CH_4 + 2O_2) - (CO_2 + 2H_2O)$$

$$= [(-74.6) + (2 \times 0)] - [(-393.5) + (2 \times -241.8)] = 802.5 \text{ kJ/mol}$$

قانون هس (المجموع الجبرى الثابت للحرارة) Hess's Law

يلجأ العلماء فى كثير من الأحيان إلى استخدام طرق غير مباشرة لحساب حرارة التفاعل ، وذلك لعدة أسباب منها :

- اختلاط المواد المتفاعلة أو الناتجة بمواد أخرى.
- بعض التفاعلات تحدث ببطء شديد وتحتاج إلى وقت طويل مثل تكوين الصدأ.
- وجود مخاطر عند قياس حرارة التفاعل بطريقة تجريبية.
- وجود صعوبة عند قياس حرارة التفاعل فى الظروف العادية من الضغط ودرجة الحرارة.

ولغرض قياس التغير الحرارى لمثل هذه التفاعلات استخدم العلماء ما يعرف بقانون هس .

قانون هس : حرارة التفاعل مقدار ثابت فى الظروف القياسية سواء تم التفاعل على خطوة واحدة أو عدة خطوات.

والصيغة الرياضية لقانون هس يمكن التعبير عنها كما يلى : $\Delta H = \Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_3 + \ldots$

وترجع أهمية هذا القانون إلى إمكانية حساب التغير فى المحتوى الحرارى (ΔH°) للتفاعلات التى لا يمكن قياسها بطريقة مباشرة ، وذلك باستخدام تفاعلات أخرى يمكن قياس حرارة كل منها. ويمكن توضيح مفهوم قانون هس من خلال المثال التالى:

الماس (diamond) والجرافيت (graphite) صورتان من صور الكربون ، ومن الصعب حساب التغير الحرارى الناتج عن تحول الماس إلى جرافيت ؛ لأن التفاعل بطيء جدًّا ، ولكن حرارة احتراق كل منهما معروفة.

▲ شكل (١٦) الماس

▲ شكل (١٧) الجرافيت

وبتطبيق قانون هس يمكن حساب التغير فى المحتوى الحرارى كما يلى:

1) $C\ (s, graphite) + O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)}$ $\quad \Delta H^\circ = -393.5\ kJ/mol$

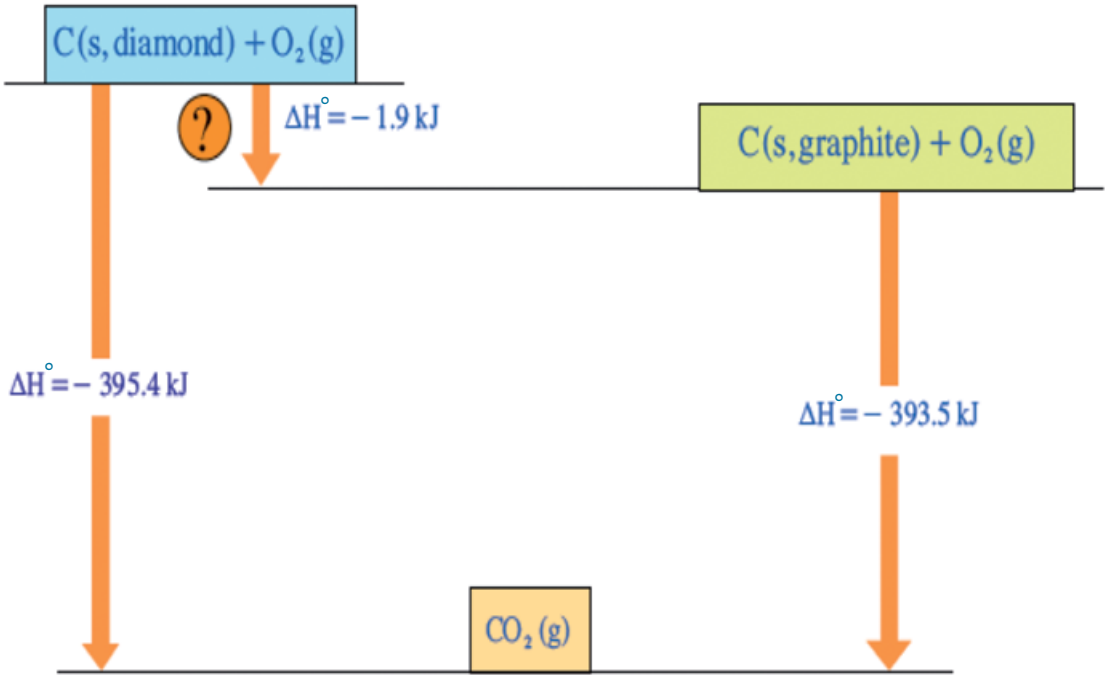
2) $C\ (s, diamond) + O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)}$ $\quad \Delta H^\circ = -395.4\ kJ/mol$

وبعكس المعادلة (1) تنتج المعادلة (3)

3) $CO_{2(g)} \longrightarrow C\ (s, graphite) + O_{2(g)}$ $\quad \Delta H^\circ = 393.5\ kJ/mol$

وبجمع المعادلة (2) والاختصار ينتج :

$C\ (s, diamond) \longrightarrow C\ (s, graphite)$ $\quad \Delta H^\circ = -1.9\ kJ/mol$



▲ شكل (١٨) مخطط حساب التغير فى المحتوى الحرارى لتحويل الماس إلى جرافيت (للايضاح فقط)

مما سبق يتضح أهمية قانون هس فى معاملة المعادلات الكيميائية وكأنها معادلات جبرية.

المصطلحات الأساسية فى الباب الرابع

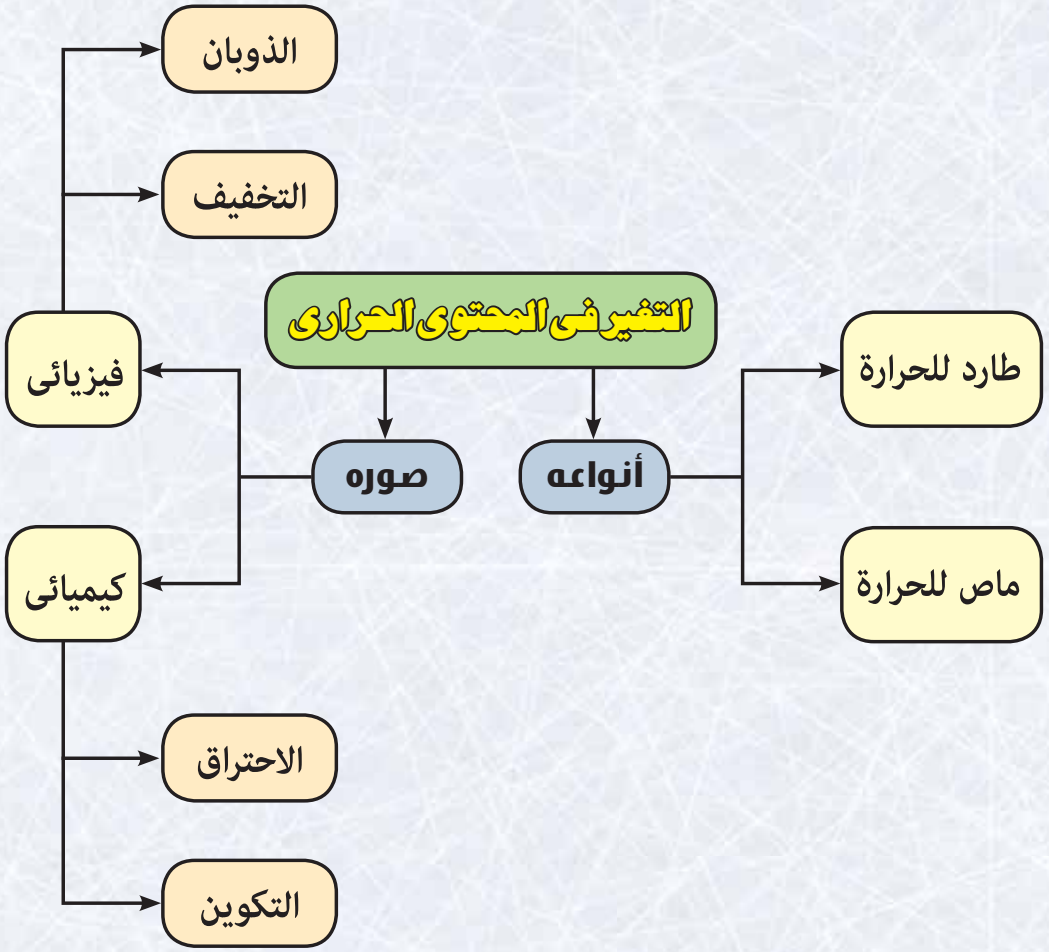
- **الكيمياء الحرارية** : فرع من فروع الديناميكا الحرارية ، يتم فيه دراسة التغيرات الحرارية المصاحبة للتفاعلات الكيميائية والتغيرات الفيزيائية. **ص 76**
- **النظام** : هو جزء من الكون الذى يحدث فيه التغير الكيميائى أو الفيزيائى أو هو الجزء المحدد من المادة التى توجه إليه الدراسة. **ص 77**
- **الوسط المحيط** : هو الجزء الذى يحيط بالنظام ويتبادل معه الطاقة فى شكل حرارة أو شغل. **ص 77**
- **القانون الأول للديناميكا الحرارية** : الطاقة الكلية لأى نظام معزول تظل ثابتة ، حتى لو تغير النظام من صورة إلى آخرى. **ص 78**
- **المحتوى الحرارى للمادة** : مجموع الطاقات المختزنة فى مول واحد من المادة. **ص 83**
- **المعادلة الكيميائية الحرارية** : هى معادلة كيميائية تتضمن تغير الحرارة المرافق للتفاعل ويظهر هذا المقدار مثل أى مادة متفاعلة أو ناتجة. **ص 87**
- **الإنتروبى** : هو مقياس لدرجة العشوائية فى نظام ما. **ص 89**
- **حرارة الذوبان القياسية** : كمية الحرارة المنطلقة أو الممتصة عند إذابة مول واحد من المذاب فى قدر معين من المذيب للحصول على محلول مشبع تحت الظروف القياسية. **ص 91**
- **حرارة التخفيف القياسية** : كمية الحرارة المنطلقة أو الممتصة لكل واحد مول من المذاب عند تخفيف المحلول من تركيز أعلى إلى تركيز آخر أقل بشرط أن يكون فى حالته القياسية. **ص 93**
- **حرارة الاحتراق القياسية** : كمية الحرارة المنطلقة عند احتراق مول واحد من المادة احتراقًا تامًا فى وفرة من الأكسجين تحت الظروف القياسية. **ص 94**
- **حرارة التكوين القياسية** : كمية الحرارة المنطلقة أو الممتصة عند تكوين مول واحد من المادة من عناصرها الأولية بشرط أن تكون هذه المواد فى حالتها القياسية. **ص 94**
- **قانون هس** : حرارة التفاعل مقدار ثابت فى الظروف القياسية سواء تم التفاعل على خطوة واحدة أو عدة خطوات. **ص 96**

نشاط بحثى

بالاستعانة بمكتبة المدرسة وبعض مواقع شبكة المعلومات (الإنترنت) وبتوجيه معلمك ، قم بإعداد بحث عن تطبيقات الكيمياء الحرارية فى حياتنا ، متضمنًا النقاط التالية :

- مفهوم الكيمياء الحرارية.
- أهمية الطاقة الحرارية.
- امثلة لاستخدام الطاقة الحرارية الناتجة من التفاعلات الكيميائية فى حياتنا.

مخطط تنظيمى للباب الرابع



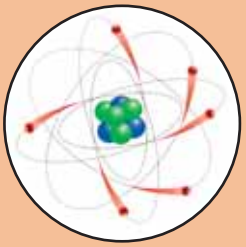
الباب الخامس

الأهدافُ العامّةُ للباب الخامس :

فى نهايةِ هذا الباب يُصبح الطالب قادرًا على أن :

- يتعرف مكونات الذرة.
- يبين القوى النووية الموجودة فى النواة.
- يربط بين نسبة عدد النيوترونات إلى البروتونات والثبات النووى.
- يعرف المقصود بالنظائر وتذكر أمثلة.
- يعرف طاقة الترابط النووى.
- يعرف مفهوم الكوارك وأنواع الكوارك.
- يذكر التسلسل التاريخى لظاهرة النشاط الإشعاعى.
- يميز بين جسيمات ألفا وبيتا وأشعة جاما.
- يقارن بين التفاعلات النووية والكيميائية.
- يقارن بين الأنشطار والأندماج النووى.
- يحسب الطاقة الناتجة من تفاعل نووى مع ذكر أمثلة.
- يشرح الأساس العلمى للمفاعلات النووية.
- يعرف الآثار الضارة للإشعاع.
- يعرف الاستخدامات السلمية للإشعاع.

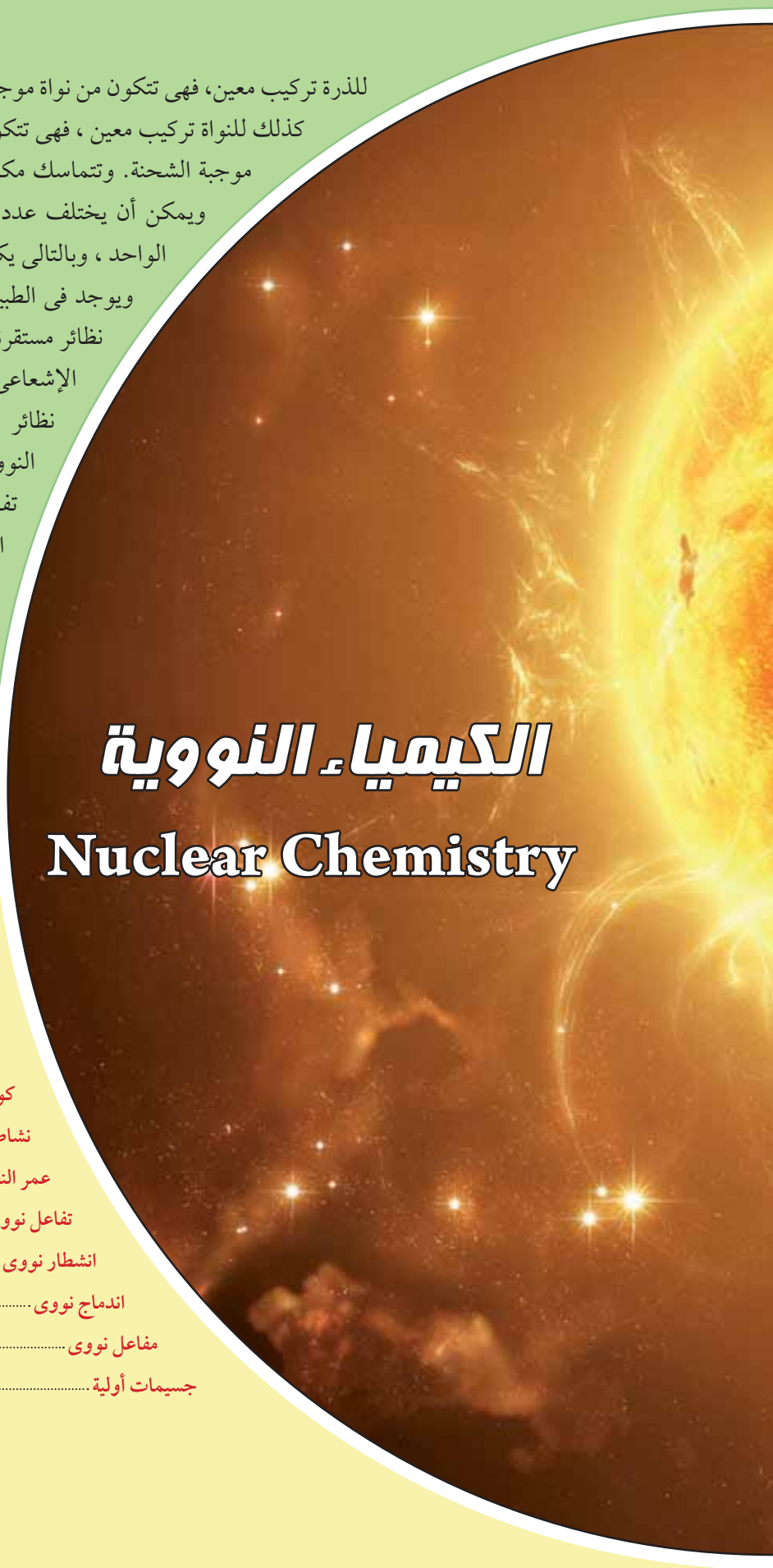
فصول الباب الخامس :



① نواة الذرة والجسيمات الأولية

② النشاط الاشعاعى والتفاعلات النووية

القضايا المتضمنة : التلوث الاشعاعى

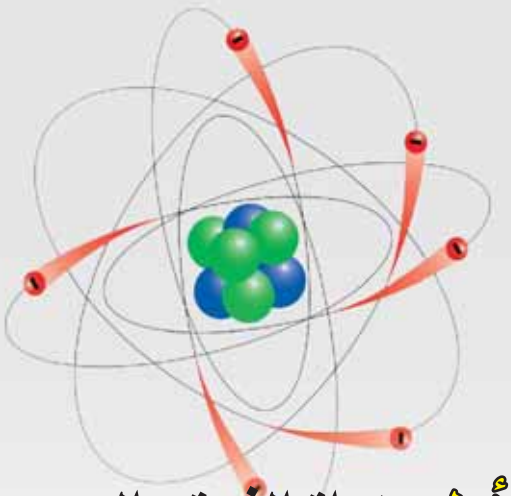


الكيمياء النووية
Nuclear Chemistry

للذرة تركيب معين، فهى تتكون من نواة موجبة الشحنة وإلكترونات سالبة حولها ، كذلك للنواة تركيب معين ، فهى تتكون من نيوترونات متعادلة وبروتونات موجبة الشحنة. وتتماسك مكونات النواة معًا بفعل القوى النووية. ويمكن أن يختلف عدد النيوترونات فى نوى ذرات العنصر الواحد ، وبالتالى يكون للعنصر الواحد ما يسمى بالنظائر ويوجد فى الطبيعة نوعان من نظائر العناصر أحدهما نظائر مستقرة والأخرى نظائر مشعة تتميز بنشاطها الإشعاعى الطبيعى ، وقد استطاع العلماء تحضير نظائر مشعة صناعية عن طريق التفاعلات النووية التى لها أنواع مختلفة ، أبرزها تفاعلات الانشطار النووى والاندماج النووى. وتعالج هذه الوحدة هذه المواضيع ضمن درسين، يتناول الدرس الأول تركيب نواة الذرة أما الدرس الثانى فيتناول النشاط الإشعاعى والتفاعلات النووية.

المصطلحاتُ الأساسيّةُ :

Isotopes	نظائر
Nuclear Force	القوة النووية
Stable Nucleus	نواة مستقرة
Quark	كوارك
Antiquark	كوارك مضاد
Radioactivity	نشاط اشعاعى
Half-life	عمر النصف
Nuclear Reaction	تفاعل نووى
Nuclear Fission	انشطار نووى
Nuclear Fusion	اندماج نووى
Nuclear Reactor	مفاعل نووى
Elementary Particles	جسيمات أولية



الفصل الأول : نواة الذرة والجسيمات الأولية

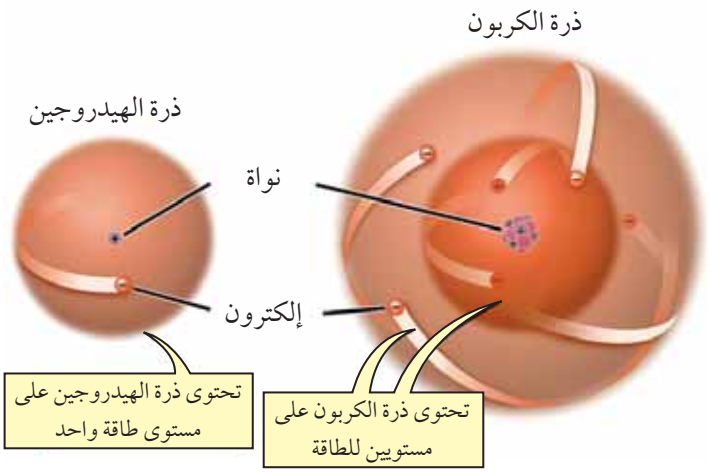
Atomic Nucleus and Elementary Particles

نواتج التعلم

فى نهاية هذا الفصل يصبح الطالب قادرًا على أن:

- يتعرف مكونات الذرة والكميات النووية التى تصنف النواة.
- يتعرف المقصود بالنظائر.
- يتعرف خصائص القوى النووية.
- يستنتج مصدر طاقة الترابط النووى ويحسبها.
- يربط بين الثبات النووى والنسبة بين عدد النيوترونات والبروتونات فى النواة.
- يتعرف الجسيمات الأساسية والأولية فى الذرة.
- يتعرف نموذج الكوارك ويستخدمه.

مكونات الذرة Atom Components



▲ شكل (١) تتكون الذرة من نواة تدور حولها الإلكترونات فى مستويات للطاقة

من المعلوم أن المادة تتكون من ذرات ، هذه الذرات يعزى إليها الخواص الفيزيائية والكيميائية للمادة ، وفى نهاية القرن التاسع عشر كان قد تأكد أن **الإلكترونات** من المكونات الأساسية للذرات، وهى جسيمات كتلتها صغيرة جدًّا وشحنتها سالبة ، وحيث أن الذرة متعادلة كهربيًا فهذا يعنى أن الذرة تحمل شحنة موجبة مساوية لشحنة الإلكترونات السالبة ، ولكن كيفية توزيع كل من هذه الشحنات فى الذرة لم يكن معروفًا فى ذلك الحين.

▲ شكل (٢) العالم رذرفورد

وضع العالم رذرفورد 1871 – 1937 نموذج لوصف الذرة ، الذى توصل إليه بعد تجارب عديدة ، حيث وَصَفَ الذرة بأنها تتكون من **نواة** ثقيلة نسبيًّا ، تتركز فيها كتلة الذرة وتحمل الشحنة الموجبة للذرة، ويدور حولها على بعد كبير نسبيًّا الإلكترونات سالبة الشحنة ووفقًا لما يسمى نموذج رذرفورد – بوهر تدور الإلكترونات حول النواة فى مدارات معينة ثابتة تسمى مستويات الطاقة وكل مستوى يشغله عدد معين من الإلكترونات لا يمكن أن يزيد عنه.

توصلت حسابات رذرفورد إلى أن قطر النواة يبلغ حوالى (4×10^{-15}m) بينما يبلغ قطر الذرة حوالى (0.1×10^{-9}m).

وفى عام 1932 أثبت رذرفورد أن نواة الذرة تحتوى على جسيمات تحمل الشحنة الموجبة تسمى "**بروتونات**" والبروتون كتلته أكبر من كتلة الإلكترون بحوالى 1800 مرة وفى عام 1932 أيضًا اكتشف العالم شادويك أن النواة تحتوى على جسيمات لا تحمل شحنة تسمى "**نيوترونات**" وكتلة النيوترون تساوى كتلة البروتون.

عدد الكتلة والعدد الذرى :

اصطلح العلماء على وصف نواة ذرة أى عنصر باستخدام ثلاث كميات نووية هى:

- عدد الكتلة (A)
- العدد الذرى (Z)
- عدد النيوترونات (N)

والجدول التالى ، يوضح هذه الكميات:

المصطلح	الرمز	التعريف
عدد الكتلة	A	عدد البروتونات + عدد النيوترونات فى النواة
العدد الذرى	Z	عدد البروتونات فى النواة
عدد النيوترونات	N	N = A – Z

▲ جدول (١) الكميات النووية

ويلاحظ أن:

- البروتونات والنيوترونات داخل النواة تعرف باسم «نيوكليونات».
- عدد البروتونات (Z) فى النواة يساوى عدد الإلكترونات حول النواة فى حالة الذرة المتعادلة.

كتاب الأنشطة والتدريبات
عدد الكتلة والعدد الذرى

فكر واستنتج

وحدات القياس:

حيث أن الأطوال فى الفيزياء النووية تكون صغيرة جدًّا ، لذلك تستخدم وحدة الفمتومتر (fm) لقياس الأبعاد الذرية ، وهذه تسمى أحيانًا فيرمى ، حيث $1\ fm = 10^{-15} m$

أما النانومتر (nm) هو وحدة أكبر من الفمتومتر ، حيث $1\ nm = 10^{-9} m$

- ما مقدار كل من نصف قطر الذرة ونصف قطر النواة بوحدات nm ، fm ؟
- لكى تتبين أن حجم النواة صغير جدًّا بالنسبة لحجم الذرة احسب النسبة بين قطر الذرة وقطر النواة.

رمز النواة Nucleus Symbol :

إذا فرضنا عنصرًا رمزه الكيميائى (X) فإن نواة ذرة هذا العنصر يمكن وصفها بالطريقة الآتية :

$$ {}^{A}_{Z}X $$

A (عدد الكتلة = عدد البروتونات + عدد النيوترونات)

Z (العدد الذرى = عدد البروتونات)

وفى بعض الأحيان يكتب الرمز كالآتى : ${}^{A}_{Z}X_{N}$

مثال:

اكتب الرمز الكيميائى لنواة ذرة الألومنيوم إذا علمت أنها تحتوى على 13 بروتونًا بالإضافة إلى 14 نيوترونًا .

الحل:

رمز عنصر الألومنيوم Al ويكون رمز نواة ذرة الألومنيوم هو ${}^{27}_{13}Al$

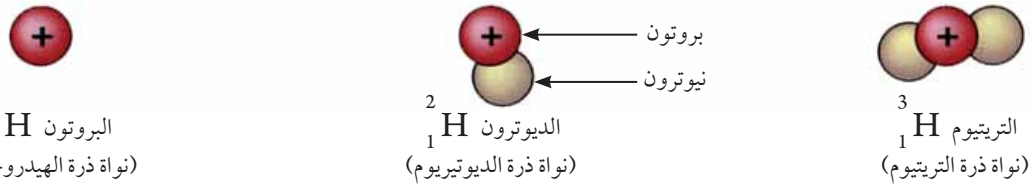
النظائر Isotopes :

النظائر : هى ذرات للعنصر نفسه تتفق فى عددها الذرى (Z) أى أن أنوية الذرات تحتوى على نفس العدد من البروتونات وتختلف فى عدد النيوترونات فى النواة.

وهذا يعنى أن ذرات النظائر تتشابه فى عدد الإلكترونات وترتيبها حول النواة ، وبذلك فهى تتشابه فى تفاعلاتها الكيميائية.

كتاب الأنشطة والتدريبات
النظائر النووية

والأمثلة على النظائر كثيرة ، فمعظم عناصر الجدول الدورى لها نظائر، وحتى أبسط العناصر الموجودة فى الطبيعة وهو الهيدروجين له ثلاثة نظائر ${}_1^1H$ ، ${}_1^2H$ ، ${}_1^3H$. نواة النظير ${}_1^1H$ تتكون من بروتون ، ويطلق على نواة ذرة النظير ${}_1^2H$ اسم الديوترون وهى عبارة عن بروتون ونيوترون بينما نواة التريتيوم عبارة عن بروتون و 2 نيوترون.



▲ شكل (٣) أنوية ذرات نظائر الهيدروجين

كذلك عنصر الأكسجين، يوجد له ثلاثة نظائر ${}_8^{16}O$ ، ${}_8^{17}O$ ، ${}_8^{18}O$.

وتختلف نسبة انتشار النظائر فى الطبيعة اختلافًا كبيرًا ، فالكربون له أربع نظائر هى (${}_6^{11}C$ ، ${}_6^{12}C$ ، ${}_6^{13}C$ ، ${}_6^{14}C$) إلا أن أكثرها انتشارًا فى الطبيعة هو النظير (${}_6^{12}C$) ، حيث تصل نسبته إلى 98.9 % بينما نسبة النظير (${}_6^{13}C$) هى حوالى 1.1 % .

وقد وجد أن بعض النظائر تكون مستقرة وبعضها غير مستقر ، كما أن بعض النظائر غير موجود فى الطبيعة ، ولكنها تتكون فى التفاعلات النووية الصناعية فقط.

معلومة إثرائية

تستخدم فى الكيمياء النووية بعض المصطلحات النووية الأخرى بالإضافة للنظائر هى :

- الأيزوبارات : وهى أنوية ذرات عناصر مختلفة لها نفس عدد الكتلة (A) ، ولكنها تختلف فى العدد الذرى (Z) مثال ذلك : ${}_9^{17}F$ ، ${}_8^{17}O$
- الأيزوتونات : وهى أنوية ذرات عناصر مختلفه لها نفس عدد النيوترونات ، ولكنها تختلف فى عدد الكتلة مثل : ${}_9^{17}F_8$ ، ${}_8^{16}O_8$

وحدات الكتلة والطاقة Mass and Energy Units

من المعروف أن وحدة قياس الكتلة فى النظام الدولى للوحدات هى الكيلو جرام ، ولكن لكون كتل ذرات نظائر العناصر صغيرة جدًّا ، فقد إصطلح العلماء على استخدام وحدة صغيرة لقياس كتل الذرات تسمى " وحدة الكتلة الذرية " ويرمز لها بالرمز (u) أو (a. m. u.).

وحدة الكتلة الذرية : هى $\frac{1}{12}$ من كتلة ذرة واحدة من نظير الكربون ${}_6^{12}C$

ولما كان المول من العنصر يحتوى على عدد من الذرات يساوى عدد أفوجادرو (6.023×10^{23}) ذرة ، فإن كتلة الذرة الواحدة من الكربون $^{12}_{6}C$ تساوى : $\frac{12}{6.023 \times 10^{23}}$

وبالتالى فإن وحدة الكتلة الذرية (u) تساوى:

$$u = \frac{1}{12} \times \frac{12}{6.023 \times 10^{23}}$$

$$u \ , \ 1.66 \times 10^{-24} \ g$$

$$\therefore 1 \ u \ , \ 1.66 \times 10^{-27} \ Kg$$

عندما تتحول كتلة مقدارها (1 u) كليًا إلى طاقة ، كما يحدث فى بعض التفاعلات النووية، فإن مقدار الطاقة الناتجة (E) يمكن حسابه طبقًا لمعادلة آينشتين من العلاقة :

$$E = m C^2$$

حيث (m) : الكتلة المتحولة إلى طاقة مقدرة بالكيلوجرام ،

(C) : سرعة الضوء فى الفراغ وتساوى (3×10^8 m/s)

$$\therefore E = (1.66 \times 10^{-27}) \times (3 \times 10^8)^2$$

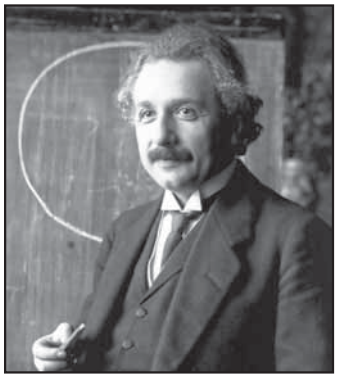
$$E = 14.94 \times 10^{-11} \text{ Joule}$$

ويمكن حساب الطاقة بوحدات MeV بالقسمة على (1.6×10^{-13})

$$\therefore E = 931 \text{ MeV}$$

يتضح مما سبق أن هناك تكافؤ بين الكتلة والطاقة ، أى أن :

$$\therefore 1 \ u \ - \ 931 \ MeV$$



▲ شكل (4) العالم آينشتين وضع تعبيرًا رياضيًا يوضح العلاقه بين الكتلة والطاقة

هل تعلم؟

وحدة الطاقة فى النظام الدولى للوحدات (SI) هى الجول، ولكن فى الفيزياء والكيمياء النووية تستخدم وحدة أخرى تسمى «إلكترون فولت» ويرمز لها بالرمز (eV) حيث :

$$1 \text{ eV} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$$

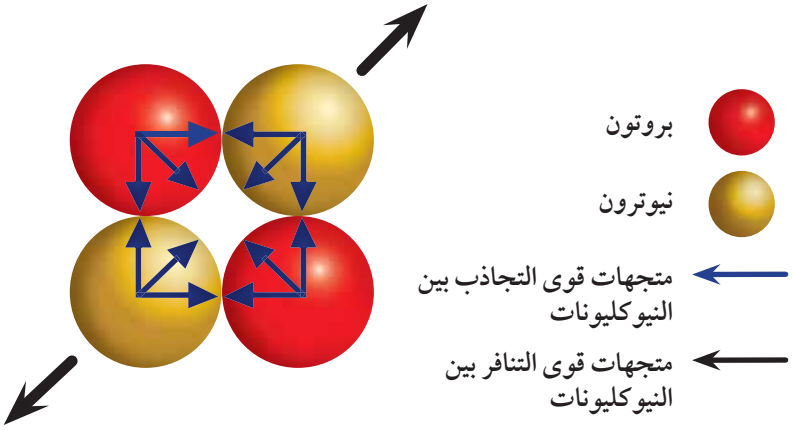
وتوجد وحدة أكبر تسمى «مليون إلكترون فولت» ويرمز لها (MeV) حيث :

$$1 \text{ MeV} = 1.6 \times 10^{-13} \text{ J}$$

القوى النووية Nuclear Forces

ذكرنا فى بداية هذه الوحدة أن النواة تتكون من بروتونات موجبة الشحنة ونيوترونات لا تحمل شحنة. ولكن ما الذى يجعل نواة الذرة متماسكة؟ أى ما الذى يؤدى إلى تماسك النيوكليونات داخل النواة ؟

من المعلوم أن البروتونات فى النواة تتنافر مع بعضها بفعل القوى الكهربية ، ومن هنا فإنه من المستحيل أن تكون النواة ثابتة إذا كانت القوة الوحيدة بين البروتونات هى قوى كولوم الكهربية ، ولا شك أنه توجد قوة جاذبية بين النيوكليونات داخل النواة ، مثل قوة الجاذبية بين أى جسمين ماديين. ولكن مقدار قوى الجاذبية هذه صغيرة جدًّا لا تتعادل مع قوى التنافر الكهربية بين النيوكليونات.



▲ شكل (٥) إذا كانت قوى الجاذبية بين النيوكليونات صغيرة جدًّا. فلابد من وجود قوة تعمل على دفع النيوكليونات نحو بعضها بعضًا.

من الواضح أن الجمع بين النيوكليونات داخل النواة لا يمكن أن يتم له الاستقرار إلا فى وجود قوى أخرى تعمل على ترابط هذه النيوكليونات. هذه القوة تسمى «**القوة النووية**» ولهذه القوة الخصائص التالية :

- قوة قصيرة المدى فلا يبدأ نيوكليونان بالتجاذب إلا عندما تصبح المسافة بينهما من رتبة (10^{-15} m)
- لا تعتمد على ماهية النيوكليونات ، فهى واحدة فى الأزواج التالية : (بروتون – بروتون ، بروتون – نيوترون ، نيوترون – نيوترون).
- هى قوة هائلة ، ولذلك يطلق عليها اسم (**القوة النووية القوية**).

تعمل القوة النووية القوية على اندفاع النيوكلونات واقترابها من بعضها أكثر ، فتفقد بذلك طاقة وضعها ، ونظرًا لأن طاقة وضعها وهى حرة تساوى صفرًا ، فإن فقد طاقة الوضع أثناء اقترابها لتكوين النواة يكسبها طاقة وضع سالبة ، وتشبه هذه الحالة ، حالة دخول الإلكترونات إلى مداراتها فى الذرة ، إذ تنخفض طاقة وضعها عن طاقة وضعها وهى حرة ، فتكتسب بذلك طاقة وضع سالبة.

طاقة الترابط النووى Nuclear Binding Energy

تتميز طاقة الوضع النووية للنيوكليونات داخل النواة بأنها طاقة هائلة تؤدى إلى التماسك الشديد لمكونات النواة ، والتغلب على قوى التنافر بين البروتونات بعضها بعضًا ، وبالتالى فإن طاقة الوضع النووية السالبة هى المسؤولة عن استقرار النواة. ويسمى الفرق بين طاقة وضع النيوكليونات الحرة (المتباعدة) ، وطاقة وضعها وهى داخل النواة «طاقة الترابط النووى».

أى أن طاقة الترابط النووى = طاقة وضع النيوكليونات – طاقة وضع النيوكليونات

(داخل النواة) (الحرة)

ملاحظات:

- طاقة وضع النيوكليونات الحرة تساوى صفرًا.
- حيث إن طاقة وضع النيوكليونات داخل النواة قيمتها سالبة، لذا، فإن طاقة الترابط النووى تكون قيمتها موجبة.

والسؤال الآن: من أين جاءت هذه الطاقة الهائلة ؟ وما هو مصدرها ؟

إن طاقة الترابط النووى تظهر كنقص فى كتلة النواة عن كتلة مكوناتها. لقد ساهم كل نيوكليون بجزء من كتلته – فقده كطاقة – أدت إلى ارتباط مكونات النواة مع بعضها ، وبذلك فإننا نجد دائمًا أن كتلة النواة وهى متماسكة تكون أقل من مجموع كتل النيوكليونات المكونة لها ، هذا النقص فى الكتلة (Δm) هو خاصية مميزة لكل نواة ، وهو المسؤول عن تماسك النواة ، ويكافئ طاقة الترابط.

وباستخدام قانون آينشتين لتحويل الكتلة إلى طاقة ، فإن :

طاقة الترابط النووى (MeV) = [النقص فى الكتلة (u)] × 931

فإذا فرضنا نواة ${}^{A}_{Z}X_{N}$ ، يمكن حساب طاقة الترابط (BE) لهذه النواة من العلاقة :

$$BE = [(Zm_p + Nm_n) - M_x] \times 931 \text{ MeV}$$

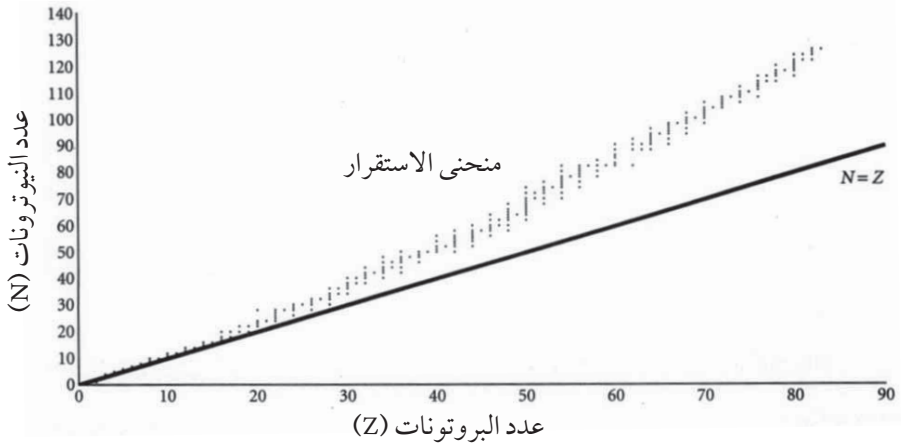
حيث m_n ، m_p كتلة النيوترون وكتلة البروتون على الترتيب ، M_x كتلة النواة الفعلية.

وتسمى القيمة التى ساهم بها كل نيوكليون فى طاقة الترابط للنواة " طاقة الترابط لكل نيوكليون " وتساوى : $\left(\frac{BE}{A}\right)$

استقرار (ثبات) النواة ، ونسبة (النيوترون / بروتون)

Nucleus Stability , (Neutron / Proton) ratio

يعرف العنصر المستقر (الثابت) بأنه : العنصر الذى تبقى نواة ذرته ثابتة على مر الزمن ، فلا يكون له أى نشاط اشعاعى. أما العنصر غير المستقر ، فإن نواته تنحل مع الزمن من خلال النشاط الإشعاعى. فإذا رسمنا علاقة بيانية بين عدد النيوترونات (N) وعدد البروتونات (Z) وذلك لجميع أنوية ذرات العناصر المستقرة والموجودة فى الجدول الدورى فإننا نحصل على منحنى كما فى الشكل (6)



▲ شكل (٦) خط الثابت ، كل نقطة على هذا الرسم تمثل نواة مستقرة (للايضاح فقط)

بدراسة هذا المنحنى نتبين أن:

- أنوية ذرات العناصر الخفيفة المستقرة يكون عدد النيوترونات يساوى عدد البروتونات وتكون النسبة 1 : 1 ، وتتزايد هذه النسبة تدريجيًا كلما انتقلنا للعناصر الأثقل فى الجدول الدورى إلى أن تصل إلى 1.6 : 1 فى حالة نواة ذرة الرصاص $^{208}_{82}Pb$.
- نواة العنصر التى يكون موقعها ، على الجانب الأيسر من منحنى الاستقرار غالبًا ما تكون نواة غير مستقرة، ويكون عدد النيوترونات بها أكبر من حد الاستقرار ، وتكتسب هذه النواة استقرارها عندما يتحول أحد النيوترونات الزائدة إلى بروتون وانبعاث إلكترون سالب يسمى جسيم بيتًا ، ويرمز له بالرمز (β^-).
- نواة العنصر التى يكون موقعها على الجانب الأيمن من منحنى الاستقرار يكون عدد البروتونات بها أكبر من حد الاستقرار ، وتكتسب هذه النواة استقرارها بتحول أحد البروتونات الزائدة إلى نيوترون وانبعاث إلكترون موجب يسمى "بوزيترون" ويرمز له (β^+) ، وبذلك تتعدل النسبة النيوترون – بروتون بالنواة لتقترب من منحنى الاستقرار.
- نواة العنصر التى يكون عددها الذرى كبيرًا ويكون موضعها أسفل منحنى الاستقرار يمكن أن تكتسب استقرارها بانبعاث (2 بروتون + 2 نيوترون) على شكل دقيق أطلق عليها دقيقة ألفا ويرمز لها بالرمز (α).

الجسيمات الأولية

صنف العلماء الجسيمات الأولية التى تتكون منها المادة إلى نوعين هما :

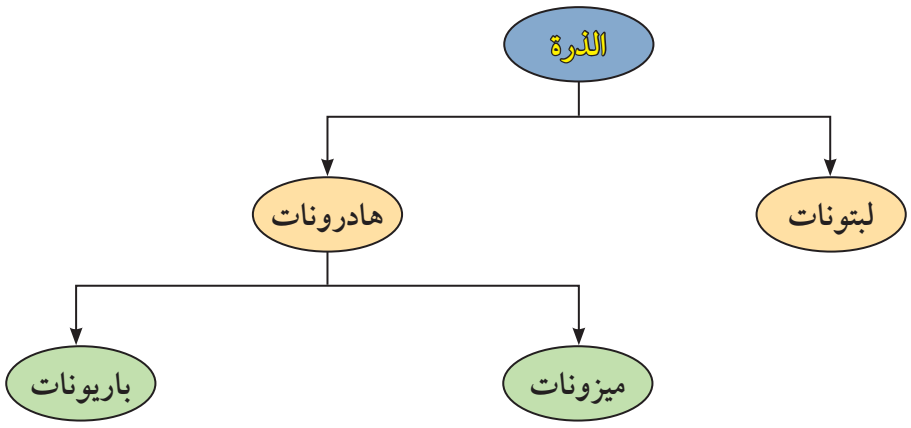
- لبتونات Leptons
- هادرونات Hadrons

وقد عرف علماء الفيزياء هذه الجسميات بناء على ما يلى :

- **اللبتونات** : مجموعة من الجسيمات لا تتأثر بالقوة النووية القوية ، ويُصف اللبتون بأن ليس له حجم مؤكد، أو تركيب داخلى بمعنى أنه لا يتكون من جسيمات أصغر منه ؛ ولهذا يعتبر اللبتون أحد الجسيمات الأولية الحقيقية التى تتكون منها المادة، وعدد اللبتونات التى اكتشفها العلماء حتى الآن ستة لبتونات أحدهما هو الإلكترون.
- **الهادرونات** : مجموعة من الجسيمات تتأثر بالقوى الأساسية فى الطبيعة (القوى النووية القوية ، والكهرومغناطيسية والقوى الضعيفة وقوى الجاذبية).

وتقسم الهادرونات إلى مجموعتين: مجموعة تسمى "ميزونات" والمجموعة الأخرى تسمى "باريونات" وقد تم هذا التصنيف بناء على الكتلة . فكتلة الباريون أكبر من كتلة الميزون وكتلة أى منهما أكبر من كتلة اللبتون ، والميزون جسيم غير ثابت.

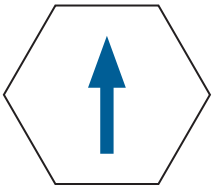
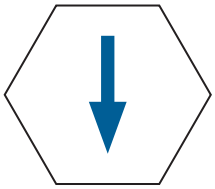
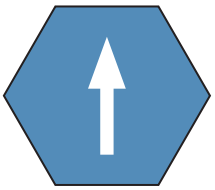
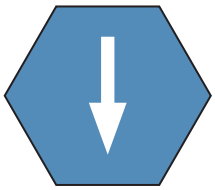
وشكل (7) يوضح مخططًا يبين تصنيف الجسيمات ، وتعتبر النيوترونات والبروتونات من الباريونات



▲ شكل (٧) اللبتونات جسيمات أولية أما الهادرونات فتتكون من جسيمات أصغر منها

نموذج الكوارك Quark Model

من المؤكد أن المادة تتكون من جسيمات أساسية هى اللبتونات (وتعتبر الإلكترونات من اللبتونات)، والهادرونات (ميزونات ونيوترونات وبروتونات) ، وقد ثبت عمليًّا ونظريًّا أن اللبتون هو جسيم أولى ، أى لا ينقسم إلى جسيمات أصغر ، أما بالنسبة للهادرونات ، ففى عام 1964 أثبت العالم (مارای جل – مان) أن أى هادرون يتكون من جسيمات أصغر ، ووفقًا للنموذج الذى اقترحه فإن جميع الهادرونات يتكون كل منها من جسيمين أو ثلاثة جسيمات أولية أطلق على كل منها اسم "كوارك Quark" وأنه يوجد ثلاثة أنواع ، وصفها العلماء بأن أحدها لأعلى (up) ويرمز له بالرمز (u) والآخر لأسفل (down) ويرمز له بالرمز (d) والثالث غريب (Strange) ويرمز له بالرمز (s) ولكل نوع من الكواركات يوجد كوارك يختلف معه فى الشحنة يسمى "الكوارك المضاد antiquark" ويرمز لها بالرموز $\bar{u}$ ، $\bar{d}$ ، $\bar{s}$ وشكل (8) يبين شكل الأيقونات التى تعبرعن الكواركات.

	لأعلى Up	لأسفل Down	غريب Strange
الكوارك Quarks			
الكوارك المضاد Antiquark			

▲ شكل (٨) أيقونات الكواركات

معلومة إثرائية

أثبتت النظريات الحديثة وجود ثلاثة أنواع أخرى من الكواركات أطلق عليها أسماء قمى (top) ، قاعى (bottom) ، بديع (charm) ويوجد كواركات مضادة.

خواص الكوارك :

توصل علماء الفيزياء بالمعالجات الرياضية إلى أن كل كوارك يتميز بثلاثة أرقام هى :

- رقم الشحنة **Q** : هذا الرقم يعبر عن شحنة الكوارك منسوبة إلى شحنة الإلكترون (e)
- رقم الباريون **B** : وهو رقم مقداره $\frac{1}{3}$ ويكون موجبًا لأى نوع من الكواركات وسالبًا فى حالة الكواركات المضادة.
- رقم الغرابة **S** : حيث S تساوى صفرًا فى حالة الكوارك u ، d وتساوى (−1) فى حالة الكوارك s .

الجدول التالى ، يبين مقادير كل من Q ، B ، S لكل كوارك :

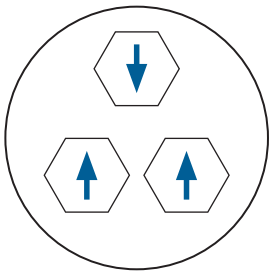
الكوارك	Q	B	S
u	$+\frac{2}{3}e$	$+\frac{1}{3}$	0
d	$-\frac{1}{3}e$	$+\frac{1}{3}$	0
s	$-\frac{1}{3}e$	$+\frac{1}{3}$	−1

▲ جدول (٢) خواص الكوارك

مثال:

يتكون البروتون من ثلاثة كواركات (u ، u ، d) ، استنتج قيم Q ، B ، S موضحًا تركيبه بالرسم

الحل:



$$\text{Proton} = \{ u \quad u \quad d \}$$

$$Q \ (+1e) = \left(+\frac{2}{3} \right) + \left(+\frac{2}{3} \right) + \left(-\frac{1}{3} \right)$$

$$B \ (+1) = \left(+\frac{1}{3} \right) + \left(+\frac{1}{3} \right) + \left(+\frac{1}{3} \right)$$

$$S \ (0) = 0 + 0 + 0$$

فكر واستنتج

أثبت أن الباريون الذى يتكون من الكواركات { u ، d ، d } له خواص النيوترون.

الفصل الثانى : النشاط الإشعاعى والتفاعلات النووية

Radioactivity and Nuclear Reactions

نواتج التعلم

فى نهاية هذا الفصل يصبح الطالب قادرًا على أن:

- يتفهم ظاهرة النشاط الإشعاعى.
- يقارن بين إشعاعات ألفا وبيتا وجاما.
- يتفهم المقصود بعمر النصف للعنصر المشع.
- يصنف التفاعلات النووية.
- يقارن بين تفاعلات الانشطار النووى والاندماج النووى.
- يحسب طاقة التفاعل النووى.
- يفهم الاساس العلمى لعمل المفاعل النووى.
- يحدد بعض الآثار الضارة للإشعاع.
- يعدد بعض الاستخدامات السلمية للإشعاع.

من الكشوف الهامة التى أدت إلى تطور كبير فى معلوماتنا عن الذرة وتركيبها ، كشف ظاهرة النشاط الإشعاعى. اكتشف هذه الظاهرة العالم هنرى بيكريل فى أوائل عام 1896 ، وظاهرة النشاط الإشعاعى معناها النشاط المصحوب بانطلاق إشعاع ، وكان أول من أطلق على هذه الظاهرة هذا الاسم مدام كورى وذلك عام 1898

عند كشف ظاهرة النشاط الإشعاعى كان اهتمام الباحثين موجهًا إلى معرفة طبيعة الإشعاعات المنطلقة من المواد المشعة ومقارنة خواصها واتبع فى ذلك طريقتان هما:

- اختبار مقدرة الإشعاعات على اختراق المواد.
- قياس انحراف الإشعاعات بتأثير كل من المجال المغناطيسى والمجال الكهربى.

دلت التجارب أن هناك ثلاثة إشعاعات مختلفة تنطلق من المواد ذات النشاط الأشعاعى الطبيعى وهى :

- إشعاعات ألفا : هى عبارة عن دقائق تتكون كل منها من بروتونين ونيوترونين. أى أن كل دقيقة من دقائق ألفا عبارة عن نواة ذرة الهيليوم $_{2}^{4}He$ ويرمز لدقيقة ألفا فى التفاعلات النووية بالرمز α.

- إشعاعات بيتا : هى دقائق تحمل صفات الإلكترونات ($_{-1}^{0}e$) من حيث الكتلة والسرعة ، وتنبعث دقائق بيتا من أنوية ذرات العناصر المشعة أو فى التفاعلات النووية وكتلة دقيقة بيتا مهملة بالنسبة لوحدة الكتل الذرية وشحنتها تعادل وحدة الشحنات السالبة ويرمز لها بالرمز (β^-).
- أشعة جاما : هى عبارة عن موجات كهرومغناطيسية ذات طول موجى قصير جدًّا تساوى سرعتها سرعة الضوء ، وهى أقصر الأمواج الكهرومغناطيسية فى طولها الموجى بعد الأشعة الكونية وبذلك فإن ترددها كبير ، وطاقة فوتوناتها كبيرة ، ولأنها أمواج كهرومغناطيسية فانها لا تحمل شحنة ، وليس لها كتلة وبالتالى فإن انبعاثها من نواة ذرة العنصر المشع لا يؤدى إلى تغير فى العدد الذرى أو عدد الكتلة لهذه النواة. وتنبعث أشعة جاما من نوى ذرات العناصر عندما تكون هذه النوى غير مستقرة (تكون طاقتها زائدة عما هى عليه فى حالة استقرارها).

والجدول التالى ، جدول (3) ، يوضح مقارنة بين خواص الأنواع الثلاثة من الاشعاعات التى تنطلق من مادة مشعة.

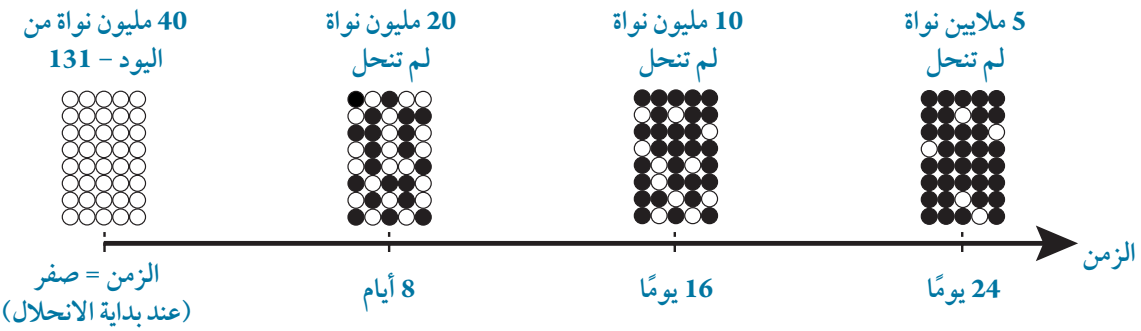
الإشعاع	الرمز	طبيعة الإشعاع	الكتلة التقريبية	القدرة على تأين ذرات الوسط الذى تمر فيه	القدرة على النفاذ	الانحراف بالمجال الكهربى أو المغناطيسى
ألفا	α $_{2}^{4}He$	نواة هيليوم 2 بروتون 2 نيوترون	أربعة أمثال كتلة البروتون	لها قدرة قوية	ضعيفة – فورقة بسمك ورقة كراس تمنع مرورها	انحراف صغير
بيتا	β $_{-1}^{0}e$	إلكترون	$\frac{1}{1800}$ من كتلة البروتون	أقل من قدرة ألفا	شريحة من الألومنيوم سمكها 5 mm تمنع مرورها	انحراف كبير
جاما	γ	موجات كهرومغناطيسية	-----	أقل الاشعاعات قدرة	أكثرهم قدرة على النفاذ وتستطيع المرور خلال شريحة من الرصاص سمكها بضع سنتيمترات ولكن شدتها تقل	لا تنحرف

▲ جدول (٣) يوضح مقارنة بين أنواع الاشعاعات

عمر النصف Half-life

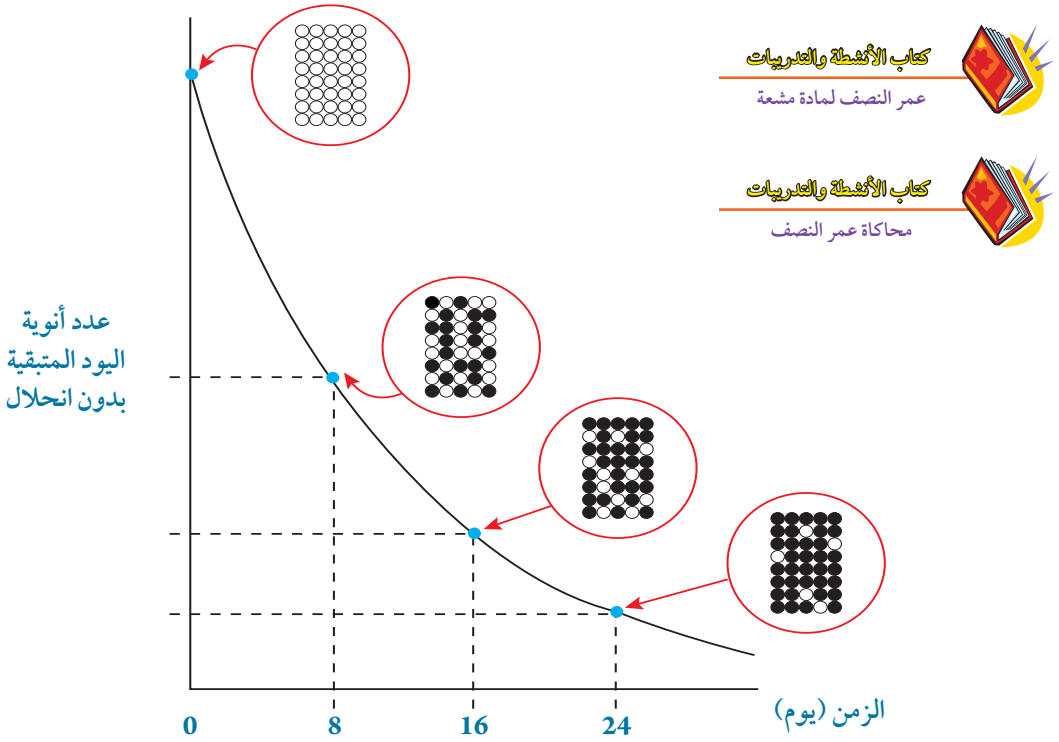
عندما تنبعث دقائق ألفا أو دقائق بيتا أو أشعة جاما من نواة ذرة عنصر مشع فإنه يقال : إن هذه النواة حدث لها انحلال اشعاعى وقد وجد أن النسبة بين عدد ما ينحل من أنوية ذرات العنصر فى الثانية إلى عدد ما هو موجود من هذه الأنوية فى لحظة معينة هى نسبة ثابتة.

فإذا أخذنا على سبيل المثال عينة من عنصر اليود المشع (يود – 131) تنحل نواة واحدة فقط كل ثانية من بين 1000,000 نواة يود موجودة فى هذه اللحظة. والشكل التالى يمثل انحلال (يود – 131) ، شكل (9).



▲ شكل (٩) مقدار الزمن الذى ينقص فيه عدد أنوية اليود بالإشعاع إلى نصف العدد الأصلى يسمى "عمر النصف" . فى هذا الشكل ○ تمثل مليون نواة يود لم تنحل أما ● تمثل مليون نواة يود انحلت

ويمكن تمثيل انحلال يود – 131 برسم علاقة بيانية كما فى الشكل (10)



▲ شكل (١٠) منحنى انحلال اليود – 131 ، عمر النصف له 8 أيام

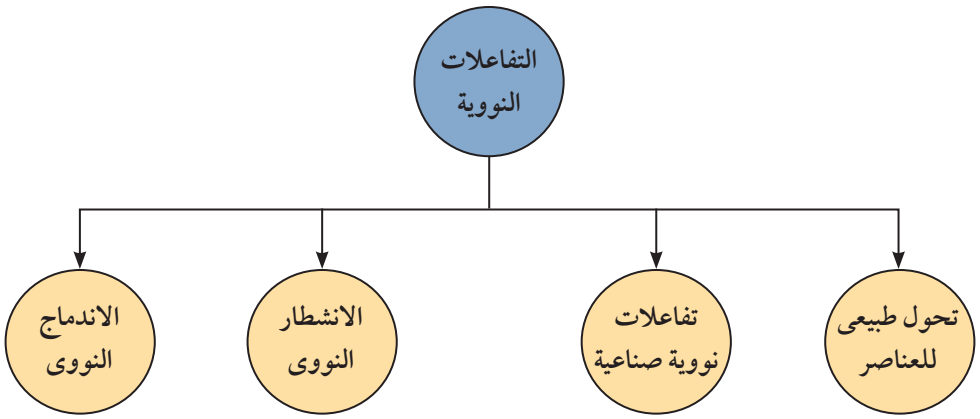
ماذا يقصد بقولنا إن عمر النصف لليود المشع يساوى 8 أيام ؟

يعنى هذا أن الزمن الذى يتناقص فيه عدد أنوية عنصر اليود المشع إلى نصف عددها الإصلى عن طريق الانحلال الإشعاعى ، هذا الزمن يساوى 8 أيام. وتستخدم فترة عمر النصف فى تحديد عمر الصخور والمومياء.

التفاعلات النووية Nuclear Reactions

التفاعلات النووية هى عمليات تتضمن تغير تركيب أنوية ذرات العناصر المتفاعلة وتكوين أنوية ذرات عناصر جديدة عندما تلتقى أنوية الذرات المتفاعلة، والتفاعلات النووية تختلف عن التفاعلات الكيميائية؛ فالتفاعل الكيميائى يحدث بين ذرات العناصر عن طريق الارتباط بين الإلكترونات الموجودة فى مستويات الطاقة الخارجية لذرات العناصر المتفاعلة ولا يحدث تغير لنوى هذه الذرات.

ويمكن تصنيف التفاعلات النووية إلى الأنواع التالية:



التحول الطبيعى للعناصر Natural Transmutation

يحدث هذا التحول لأنوية ذرات العناصر التى تقع أعلى منحنى الاستقرار أو أسفله ، حيث يكون لهذه الأنوية نسبة ($\frac{N}{Z}$) تختلف عن هذه النسبة للأنوية المستقرة التى تقع على المنحنى ، وتكون نتيجة هذا التحول أن تتغير النواة غير المستقرة تغيرًا تلقائيًا متحولة إلى نواة أخرى بانبعاث إشعاع ألفا أو إشعاع بيتا.

فمثلًا : تنحل نواة اليورانيوم – 238 متحولة إلى نواة الثريوم – 234 وذلك بانبعاث دقيقة ألفا وتوصف هذه العملية بالمعادلة النووية التالية :

$$^{238}_{92}U \longrightarrow {}^{234}_{90}Th + {}^{4}_{2}He$$

ويلاحظ من هذه المعادلة أن اليورانيوم – 92 تحول إلى عنصر آخر هو الثوريوم – 90 ويلاحظ أيضًا أن عدد الكتلة (A) للنواة الأصلية يساوى مجموع أعداد الكتلة لدقيقة ألفا والنواة الناتجة. كذلك العدد الذرى (Z) يكون متساويًا فى طرفى المعادلة.

كذلك نواة ذرة الكربون المشع $^{14}_{6}C$ تتحول إلى نواة ذرة النيتروجين $^{14}_{7}N$ بانبعاث دقيقة بيتا. وتذكر أن دقيقة بيتا هى إلكترون ينبعث من النواة ، ويعبر عن هذا التفاعل بالمعادلة النووية التالية :

$$^{14}_{6}C \longrightarrow {}^{14}_{7}N + {}^{0}_{-1}e$$

لاحظ أنه عند انبعاث دقيقة بيتا فإن نيوترونًا فى نواة الكربون قد تحول إلى بروتون مما يؤدى إلى زيادة العدد الذرى بمقدار واحد ، وأن عدد الكتلة (عدد النيوكليونات) يظل كما هو ، ولاحظ أيضًا أن دقيقة بيتا يرمز لها بالرمز $^{0}_{-1}e$ ، حيث يمثل الرقم (1 –) شحنة الإلكترون ، أما الصفر فإنه يعنى أن الكتلة مهملة بمقارنتها بكتلة البروتون أو النيوترون فى هذه المعادلة نلاحظ اتزان كل من عدد الكتلة (A) والعدد الذرى (Z)

التفاعلات النووية الصناعية Artificial Nuclear Reactions

إذا أريد لنواتين أن تتفاعلا يتم تسريع إحداها ، بحيث تكتسب طاقة حركة مناسبة ، بحيث تستطيع الاقتراب من النواة الأخرى. النواة التى يتم تسريعها تسمى "القذيفة" أما النواة الأخرى تسمى "الهدف" ومن أمثلة القذائف :

البروتون $^{1}_{1}H$ ، الديوترون $^{2}_{1}H$ ، دقيقة ألفا $^{4}_{2}He$ والنيوترون $^{1}_{0}n$

وهذه القذائف يمكن تسريعها باستخدام أجهزة تسمى المعجلات النووية مثل الفاندجراف والسيكلترون.

لقد كان أول من أجرى تفاعلًا نوويًّا صناعيًا هو العالم رذرفورد عام 1919 ، حيث اكتشف أنه عند مرور دقائق ألفا فى غاز النيتروجين فإن دقيقة ألفا تمتزج بنواة ذرة النيتروجين مكونة نواة ذرة الفلور $[^{18}_{9}F^{*}]$ وتسمى "النواة المركبة" هذه النواة تكون غير مستقرة وذات طاقة عالية ، وتتخلص من الطاقة الزائدة لكى تعود إلى وضع الاستقرار فينطلق بروتون سريع $^{1}_{1}H$ وتتحول نواة ذرة النيتروجين إلى نواة ذرة أكسجين. ومن هنا فإنه يمكن النظر لهذا التفاعل النووى على أنه يتم على خطوتين :

✪ الخطوة الأولى : $^{4}_{2}He + {}^{14}_{7}N \longrightarrow [^{18}_{9}F^{*}]$

✪ الخطوة الثانية : $[^{18}_{9}F^{*}] \longrightarrow {}^{17}_{8}O + {}^{1}_{1}H$

ومن الواضح أنه فى التفاعل النووى الصناعى تتحول العناصر المتفاعلة إلى عناصر أخرى مختلفة. ففى تجربة رذرفورد هذه تحول النيتروجين إلى أكسجين. وفيما يلى أمثلة أخرى على تفاعلات نووية صناعية تؤدى إلى تحول العناصر إلى عناصر أخرى :

$$^{27}_{13}Al + {}^{1}_{1}H \longrightarrow [^{28}_{14}Si^{*}] \longrightarrow {}^{24}_{12}Mg + {}^{4}_{2}He$$

$$^{26}_{12}Mg + {}^{2}_{1}H \longrightarrow [^{28}_{13}Al^{*}] \longrightarrow {}^{24}_{11}Na + {}^{4}_{2}He$$

$$^{6}_{3}Li + {}^{1}_{0}n \longrightarrow {}^{3}_{1}H + {}^{4}_{2}He$$

ومن المهم أن ننتبه عند موازنة المعادلات النووية إلى مراعاة قانونى حفظ الشحنة وحفظ المادة والطاقة.

ويقتضى قانون حفظ الشحنة أن يكون مجموع الأعداد الذرية فى طرف المعادلة الأيسر مساويًا لمجموع الأعداد الذرية فى طرف المعادلة الأيمن. ويقتضى قانون حفظ الكتلة والطاقة أن يحفظ عدد الكتلة ، أى يكون مجموع أعداد الكتلة فى طرف المعادلة الأيسر مساويًا لمجموع أعداد الكتلة فى الطرف الأيمن.

موازنة الطاقة فى التفاعلات النووية الصناعية :

إذا أخذنا تفاعل رذرفورد :

$$^{14}_{7}N + ^{4}_{2}He \longrightarrow ^{17}_{8}O + ^{1}_{1}H$$

فى هذا التفاعل نفرض أن دقيقة ألفا تسقط على نواة النيتروجين الساكنة ، وتنطلق النواة $^{17}_{8}O$ والبروتون $^{1}_{1}H$ بطاقتى حركة مجموعهما يساوى (E_K) فإذا كانت طاقة حركة دقيقة ألفا = 7.7 MeV أى أن طاقة حركة دقيقة ألفا تكافئ ($\frac{7.7}{931}$) = 0.0083 u وفى التفاعلات النووية يكون مجموع الطاقات والكتل محفوظًا فإنه يمكن موازنة الطاقة والكتلة فى طرفى المعادلة كالآتى:

مقدار الطاقة والكتلة فى الطرف الأيمن	=	مقدار الطاقة والكتلة فى الطرف الأيسر
كتلة نواة $^{17}_{8}O$ = 17.0045 u		طاقة حركة دقيقة ألفا = 0.0083 u
كتلة البروتون $^{1}_{1}H$ = 1.0081 u		كتلة دقيقة ألفا = 4.0039 u
مجموع طاقتى $^{17}_{8}O$ ، $^{1}_{1}H$ = E_K		الكتلة النواة $^{14}_{7}N$ = 14.0079 u
المجموع = $(E_K + 18.0126)$ u		المجموع = 18.0197 u

` $18.0197 = (E_K + 18.0126)u$

` $E_K = 18.0197\ u - 18.0126\ u = 0.0071\ u$

وحيث إن 1 u = 931 MeV

` $E_K = 0.0071 \times 931 = 6.6$ MeV

وتتوزع هذه الطاقة على كل من النواة $^{17}_{8}O$ والبروتون $^{1}_{1}H$ ومثل هذا التفاعل هو تفاعل ماص للطاقة (إندوثيرمى) إذ أن طاقة حركة النوى الناتجة أقل من طاقة حركة النوى المتفاعلة.

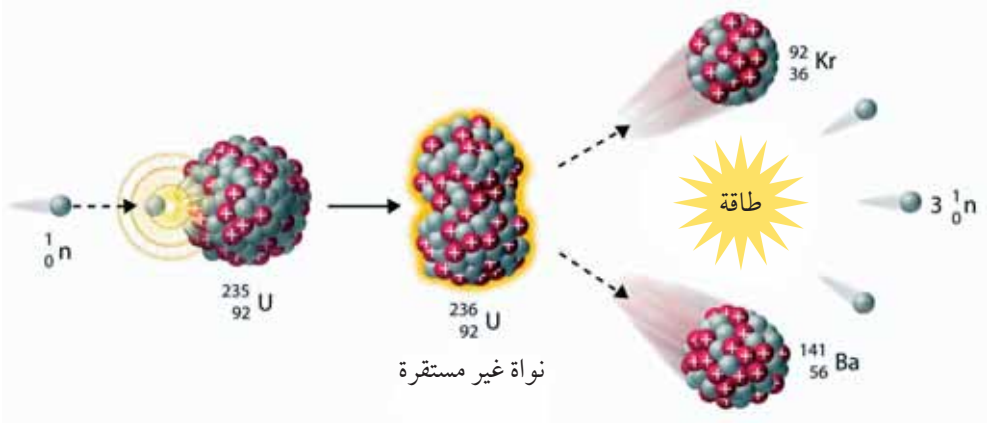
الانشطار النووى Nuclear Fission

توصل العلماء عام 1939 لنوع من التفاعلات النووية سمى الانشطار النووى ، والانشطار النووى هو انقسام نواة ثقيلة إلى نواتين متقاربتين فى الكتلة نتيجة تفاعل نووى معين. فعندما تقذف نواة ذرة اليورانيوم – 235 بنيوترون ، ولا يحتاج النيوترون لسرعة عالية لكى يستطيع دخول النواة فهو لا يلاقى تنافرًا ، حيث إنه يعتبر قذيفة متعادلة ، فإن النيوترون البطيء يدخل إلى نواة اليورانيوم – 235 التى تتحول إلى نظير يورانيوم – 236 وهو نظير غير مستقر لا يزيد مدة بقاؤه عن 10^{-12} ثانية ، تنشطر بعدها النواة $^{236}_{92}U$ إلى نواتين (X) ، (Y) تسميان شظايا الانشطار النووى ، وهناك العديد من الاحتمالات الممكنة لهذه الشظايا ، إذ يوجد حوالى 90 نواة وليدة مختلفة يمكن أن تنتج من هذا الانشطار ، كما ينتج فى الغالب ما بين نيوترونين أو ثلاثة فى العملية ، ويمكن تمثيل هذا التفاعل بالمعادلة التالية :

$$^{235}_{92}U + ^{1}_{0}n \longrightarrow [\,^{236}_{92}U\,] \longrightarrow X + Y + 2 \text{ or } 3\,^{1}_{0}n$$

ومن النواتج الشهيرة للتفاعل الانشطارى الباريوم والكريبتون طبقًا للمعادلة:

$$^{235}_{92}U + ^{1}_{0}n \longrightarrow ^{141}_{56}Ba + ^{92}_{36}Kr + 3\,^{1}_{0}n$$



▲ شكل (١١) يمثل عملية انشطار نواة اليورانيوم – 235 عند قذفها بنيوترون

الاندماج النووى Nuclear Fussion

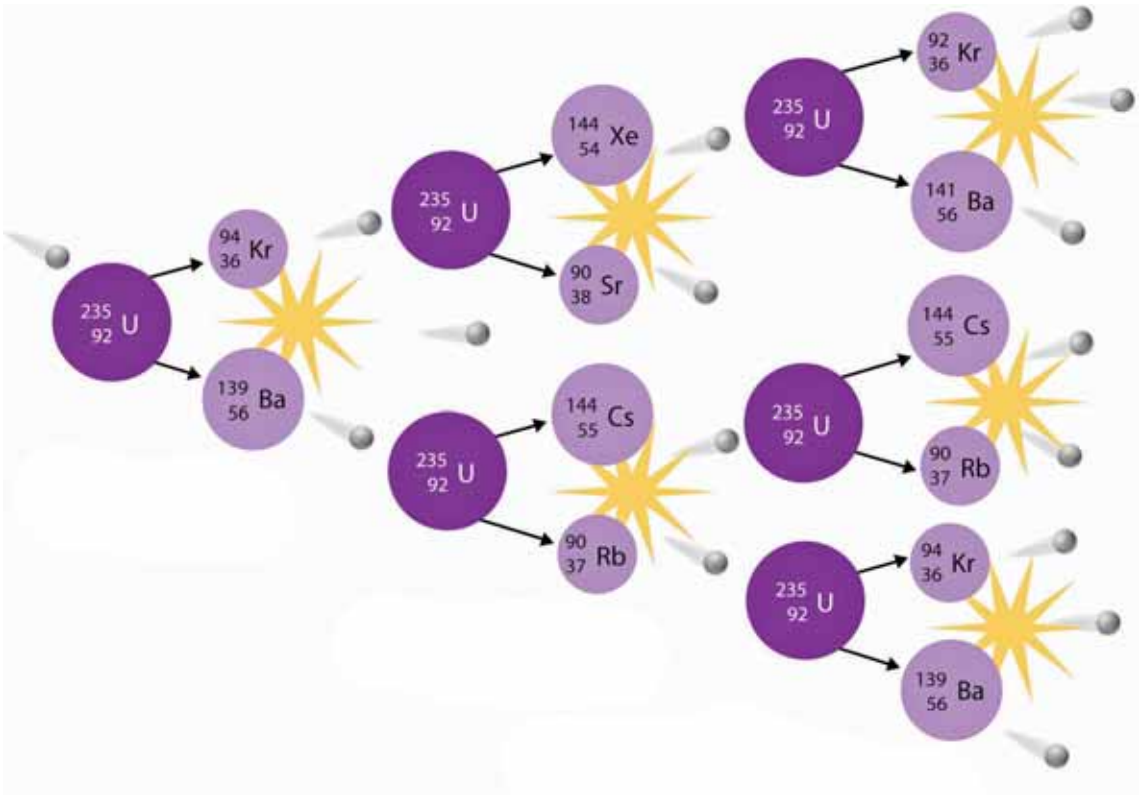
علمنا سابقًا أن انقسام نواة ثقيلة إلى نواتين متوسطتين يسمى الانشطار النووى ، وعكس هذا التفاعل أى دمج نواتين خفيفتين لتكوين نواة أثقل منهما هو تفاعل نووى آخر يطلق عليه اسم «الاندماج النووى» فعلى سبيل المثال إذا دمج ديوترونان معًا لتكوين نواة هيليوم ، فإن كتلة نواة الهيليوم تقل عن مجموع كتلتى الديوترونين ، يتحول هذا الفرق فى الكتلة إلى طاقة مقدارها 24 مليون إلكترون فولت تتحرر مع دمج هذين الديوترونين. هذا الاندماج النووى يمكن تمثيله بالمعادلة النووية التالية :

$$^{2}_{1}H + ^{2}_{1}H \longrightarrow ^{3}_{2}He + ^{1}_{0}n + 24\ MeV$$

ولحدوث الاندماج النووى يلزم توفر درجة حرارة عالية تصل إلى رتبة 10^7 درجة مطلقة. ونظرًا لارتفاع درجة الحرارة هذه ، فإن الاندماج النووى يصعب تحقيقه فى المختبرات ، غير أن هذا التفاعل يحدث داخل الشمس (كما يحدث داخل معظم النجوم) ، حيث تصل درجة الحرارة إلى ملايين الدرجات المئوية والاندماج النووى هو مصدر الطاقة المدمرة للقنبلة الهيدروجينية.

المفاعل النووى Nuclear Reactor

رأينا فى عملية الانشطار النووى أن مجموعة من النيوترونات تنتج من التفاعل بالإضافة إلى شظايا الانشطار. ويستطيع كل من هذه النيوترونات (إذا كانت سرعته مناسبة) أن يشطر نواة جديدة من نوى $^{235}_{92}U$ وينتج عن هذه الانشطارات الجديدة نيوترونات جديدة أخرى تستطيع أن تقوم بالعملية السابقة نفسها فتشطر نوى أخرى من نوى $^{235}_{92}U$ ... وهكذا. ويطلق على هذا التفاعل اسم "**التفاعل المتسلسل**". ويوضح شكل (12) كيفية مضاعفة عدد النوى التى تنشطر إذا استمر التفاعل بهذا الشكل.

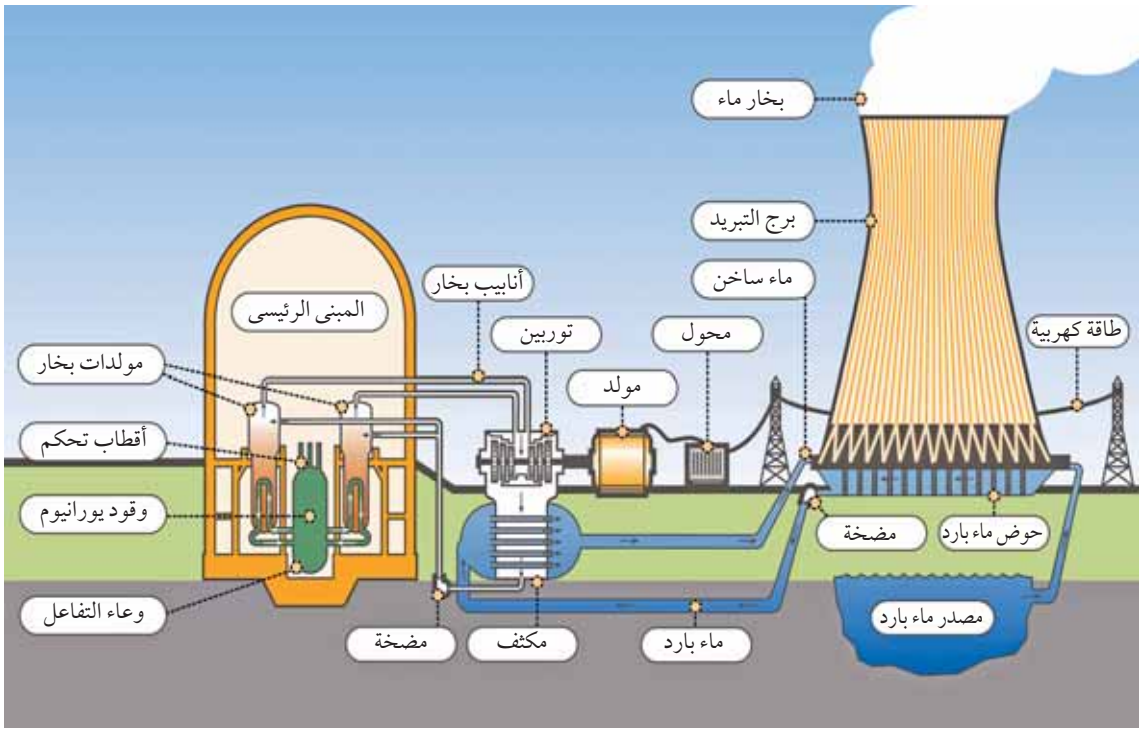


▲ شكل (١٢) التفاعل المتسلسل يبدأ بالتقاط نواة ذرة اليورانيوم لنيوترون

ويتولد عن التفاعل المتسلسل طاقة حرارية ضخمة تتزايد باستمرار التفاعل إذا أمكن استخدام أكبر عدد من النيوترونات الناتجة وهذا هو مبدأ عمل القنبلة الانشطارية.

إذا اردنا للتفاعل المتسلسل أن يستمر بطريقة ذاتية فإنه يلزم حجم معين من اليورانيوم – 235 يسمى

«الحجم الحرج» وهو عبارة عن كمية من اليورانيوم – 235 يقوم فيها نيوترون واحد – فى المتوسط – من كل تفاعل ببدء تفاعل جديد ، وبهذه الطريقة يظل التفاعل مستمرًا بنفس معدله الإبتدائى البطئ ، وإذا كانت الكمية المستخدمة من اليورانيوم أكبر بكثير من الحجم الحرج، فإن التفاعل سيستمر بمعدل سريع يؤدى إلى حدوث إنفجار (وقد يكون هذا مطلوبًا فى صناعة قنبلة نووية) وإذا أردنا التحكم فى التفاعل المتسلسل بحيث ينتج فى النهاية طاقة ولا يحدث انفجار ففى هذه الحالة لابد من التحكم فى عدد النيوترونات الناتجة من التفاعل المتسلسل ويتم ذلك فى المفاعل النووى باستخدام قضبان من الكادميوم ماصة للنيوترونات، وعند وضعها داخل المفاعل فإن التفاعل النووى المتسلسل يأخذ فى الإبطاء، ويمكن ضبط معدله بشكل جيد بالتحكم فى وضع قضبان الكادميوم وعددها.



▲ شكل (١٣) شكل تخطيطى لمفاعل نووى لإنتاج الطاقة (للإطلاع فقط)

التفاعلات الكيميائية	التفاعلات النووية
تتم عن طريق إلكترونات المستوى الخارجى	تتم عن طريق مكونات أنوية الذرات
لا ينتج عنها تحول العنصر إلى عنصر آخر	غالبًا ما يصاحبها تحول العنصر إلى عنصر آخر أو نظير
لا تختلف نواتج التفاعل باختلاف نظير العنصر	نظائر العنصر الواحد تعطى نواتج مختلفة
الطاقة الناتجة صغيرة	الطاقة الناتجة هائلة

▲ جدول (٤) مقارنة بين التفاعلات الكيميائية والتفاعلات النووية

الاستخدامات السلمية للإشعاع

تستخدم المواد المشعة فى مجالات عديدة كالطب والصناعة والزراعة والبحث العلمى ، كما أن الطاقة النووية الهائلة التى تنطلق فى المفاعلات النووية تستخدم لإنتاج الطاقة الكهربية فى محطات القوى الكهربية. وسوف نذكر فيما يلى أمثلة لاستخدامات المواد المشعة فى بعض المجالات.

فى مجال الطب :

تستخدم أشعة جاما التى تنبعث من نظير الكوبلت – 60 أو السيزيوم – 137 فى قتل الخلايا السرطانية وذلك بتوجيه أشعة جاما إلى مركز الورم ، كذلك يستخدم الراديوم – 226 المشع فى شكل إبر تغرس فى الورم السرطانى بهدف قتل خلاياه.

فى مجال الصناعة :

تستخدم أشعة جاما فى التحكم الآلى فى بعض خطوط الإنتاج ومثال ذلك عملية التحكم الآلى فى صب الصلب المنصهر، حيث يتم وضع مصدر لأشعة جاما مثل الكوبلت – 60 أو السيزيوم – 137 عند أحد جوانب آلة الصب ويوضع فى الجانب الآخر كاشف اشعاعى يستقبل أشعة جاما ، وعندما تصل كتلة الصلب إلى أبعاد معينة لا يستطيع الكاشف استقبال أشعة جاما ، وهنا يتم وقف عملية الصب.

فى مجال الزراعة :

يتم تعريض البذور لجرعات مختلفة من أشعة جاما بغرض حدوث طفرات بالأجنة بها وانتخاب الصالح منها لإنتاج نباتات أكثر إنتاجية وأكثر مقاومة . كما تستخدم أشعة جاما لتعقيم المنتجات النباتية والحيوانية لحفظها من التلف وإطالة فترة تخزينها ، كذلك تستخدم أشعة جاما لتعقيم ذكور الحشرات للحد من انتشار الآفات.

فى مجال البحوث العلمية :

تستخدم المفاعلات النووية البحثية فى تحضير العديد من النظائر المشعة التى تستخدم فى بحوث علمية عديدة ، منها إمكان معرفة ما يحدث فى النبات بوضع مواد مشعة فى المواد الأساسية التى يستخدمها النبات ثم تتبع الإشعاعات الصادرة من هذه المواد لمعرفة دوراتها فى النبات كإدخال ماء به أكسجين مشع وتتبع أثره.

الآثار الضارة للإشعاع

بصفة عامة يوجد نوعان من الإشعاع :

- **الإشعاع المؤين** : وهو الذى يحدث تغيرات فى تركيب الأنسجة التى تتعرض له، ويتضمن على سبيل المثال أشعة ألفا وأشعة بيتا وأشعة جاما ، وكذلك الأشعة السينية فعندما تتصادم هذه الإشعاعات مع ذرات أى مادة فإنها تؤينها ؛ لذلك تسمى بالإشعاعات المؤينة.
- **الإشعاع غير المؤين** : وهو لا يحدث تغيرات فى تركيب الأنسجة التى تتعرض له ، ومن أمثلة هذا الإشعاع ، إشعاعات الراديو المنبعثة من الهاتف المحمول ، والميكروويف ، والضوء والأشعة تحت الحمراء والأشعة فوق البنفسجية وأشعة الليزر.

أولاً : أضرار الإشعاع المؤين :

عند سقوط الإشعاعات المؤينة على الخلية فإنها تؤدى إلى تأين جزيئات الماء الذى يمثل الجزء الأكبر من أى خلية حية ، وهذا يؤدى إلى إتلاف الخلية وتكسير الكروسومات وإحداث بعض التغيرات الجينية.

وعلى المدى البعيد تحدث آثار فى الخلية تؤدى إلى :

- موت الخلية.
- منع أو تأخر انقسام الخلية أو زيادة معدل انقسامها مما يؤدى إلى الأورام السرطانية.
- حدوث تغيرات مستديمة فى الخلية تنتقل وراثيا إلى الأجيال التالية وتكون النتيجة ظهور مواليد جديدة مختلفة عن الأبوين المنتجين.

ثانياً : أضرار الإشعاع غير المؤين :

على سبيل المثال ، إن الإشعاعات الصادرة من أبراج المحمول قد تسبب تغيرات فسيولوجية فى الجهاز العصبى ، وينتج عن ذلك أن سكان المناطق القريبة من هذه الأبراج يعانون من الصداع وفقدان الذاكرة ودوخة وأعراض إعياء وقد اتفق العلماء أنه يجب ألا تقل المسافة بين المساكن وبرج الهاتف المحمول عن 6 أمتار وهى مسافة آمنة.

أما بالنسبة للهاتف المحمول فإن خطورته تكمن فى أشعة المذياع (الراديو) المنبعثة منه ، حيث يؤثر المجال المغناطيسى والكهربى لهذه الأشعة على الخلايا علاوة على ارتفاع درجة الحرارة فى الخلايا نظرًا لامتصاص الخلايا للطاقة وقد أشارت بعض الأبحاث إلى أن استخدام الحاسب المحمول (اللاب توب) بوضعه على الركبتين يؤثر على الخصوبة.

المصطلحات الأساسية فى الباب الخامس

- **النظائر** : ذرات العنصر نفسه تتفق فى عددها الذرى (z) وتختلف فى عدد النيوترونات فى النواة. ص **104**
- **القوى النووية** : هى القوى التى تعمل على ترابط النيوكليونات داخل النواة. ص **107**
- **الجسيمات الأولية** : مجموعة من الجسيمات لا تتأثر بالقوى النووية القوية وأحد الجسيمات الأولية هو الإلكترون ويطلق عليها أسم لبتونات. ص **110**
- **الكوارك** : جسيم أولى لا يوجد منفردًا وتتكون منه جميع الهادرونات. ص **111**
- **الكوارك المضاد** : هو كوارك تختلف شحنته عن شحنة الكوارك الأصلى. ص **111**
- **عمر النصف** : هو الزمن الذى يتناقص فيه عدد أنوية العنصر المشع إلى نصف عددها الأصلى عن طريق الإنحلال الإشعاعى. ص **115**
- **الإنشطار النووى** : انقسام نواة ثقيلة إلى نواتين متقاربتين فى الكتلة نتيجه لتفاعل نووى. ص **119**
- **الاندماج النووى** : تفاعل نووى يتم فيه دمج نواتين خفيفتين لتكوين نواة أثقل. ص **119**

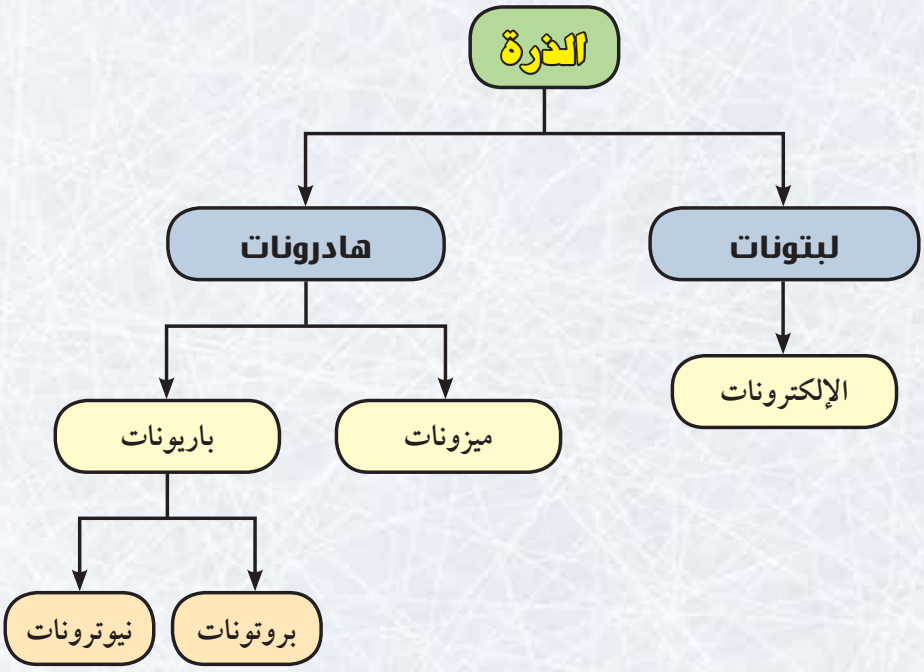
نشاط بحثى

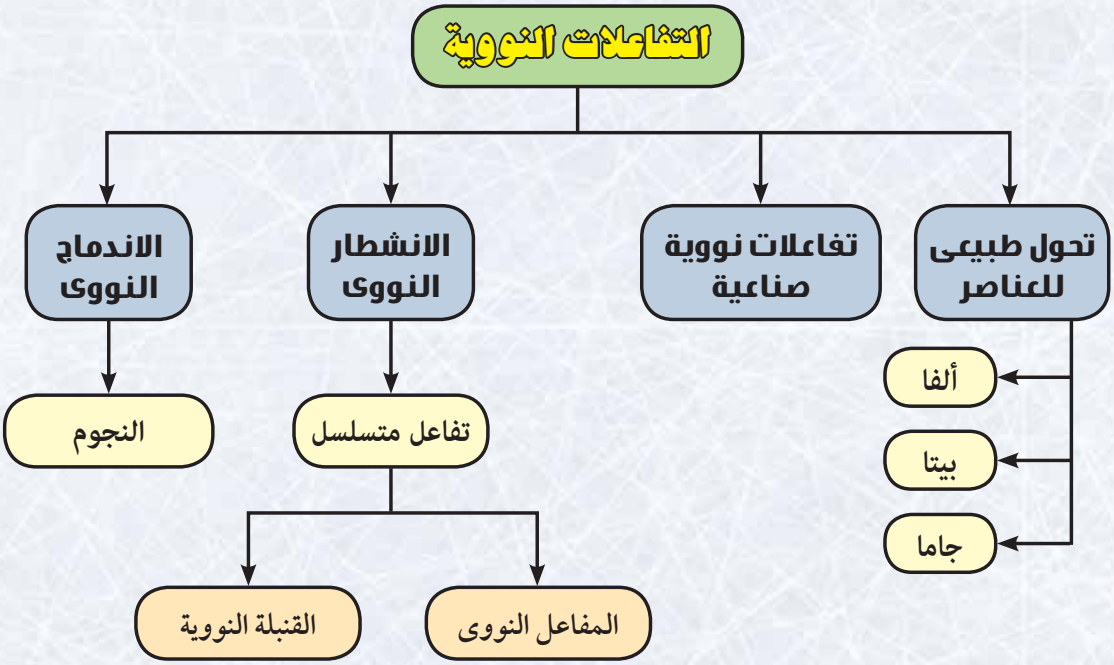
استخدم شبكة المعلومات (الإنترنت) فى عمل بحث عن الكوارك Quark

- من هو مكتشف هذه الجسيمات الأولية.
- لماذا اطلق اسم "كوارك" على هذا الجسيم.
- ما أنواع الكوارك.
- ما الفرق بين الكوارك والكوارك المضاد.
- اكتب تقريرًا واعرضه على زملائك باستخدام برنامج power point ثم قدمه لمعلمك لتقييمه.

نصائح عامة

مخطط تنظيمى للباب الخامس





الباب السادس

الأهدافُ العامّةُ للباب السادس :

فى نهايةِ هذا الباب يُصبح الطالب قادرًا على أن :

- يتعرف على الآثر البيئى لأنشطة الكيمياء على عناصر البيئة المختلفة (الماء – الهواء – التربة).
- يصنف ملوثات عناصر البيئة المختلفة (الماء – الهواء – التربة).
- يعرف التأثير الضار لبعض المركبات الناتجة عن بعض التفاعلات الكيميائية واحتراق المركبات الهيدروكربونية.
- يفسر التأثير الضار للصوبة الزجاجية.
- يفسر أسباب الأحتباس الحرارى والآليات العلمية التى يجب إتباعها للحد منها.
- يعرف مفهوم الكيمياء الخضراء وبعض تطبيقاتها.
- يوضح طرق معالجة مياه الصرف الصحى والمخلفات واستخدامتها.
- يتعرف طرق تنقية ومعالجة مياه الشرب واقتصاديتها.
- يعرف بعض الطرق الكيميائية المستخدمة لإعادة تدوير المخلفات وأهميتها الاقتصادية.
- يحدد العلاقة بين التلوث البيئى والتنمية المستدامة.

فصول الباب السادس :

① التلوث البيئى

② الحد من التلوث

القضايا المتضمنة : حماية البيئة من التلوث

الكيمياء والبيئة
Chemistry and Environment

البيئة تمثل كل ما يحيط بالإنسان من كائنات حية وأشياء غير حية، ويمثل الإنسان أحد العوامل الهامة فى النظام البيئى ، بل يعتبر من أهم عناصر الاستهلاك التى تعيش على سطح الأرض ، وأهم ما يميز البيئة الطبيعية هو ذلك التوازن الدقيق القائم بين عناصرها المختلفة ، لذلك فإن الإنسان إذا تدخل فى هذا التوازن الطبيعى دون وعى أو تفكير أفسد هذا التوازن ما يؤدى إلى الإضرار بالبيئة وتلوثها ، لذا فإننا سوف ندرس فى هذه الوحدة ملوثات الماء والهواء والتربة باعتبارها من المكونات الرئيسة للنظام البيئى ، وتأثير بعض المركبات الكيميائية عليها ، كما سندرس كيفية معالجة مياه الصرف الصحى ، وتنقية مياه الشرب والتخلص من المخلفات وإعادة تدويرها.

المصطلحاتُ الأساسيّةُ :

- Environmental Pollutants ..... ملوثات البيئة
- Global Warming ..... الاحتباس الحرارى
- Green Chemistry ..... الكيمياء الخضراء
- Water Treatment ..... معالجة المياه
- Recycling ..... إعادة التدوير
- Wastewater Treatment ..... معالجة مياه الصرف الصحى
- Sustainable Development ..... التنمية المستدامة

الفصل الأول : التلوث البيئى

Envirnomental Pollution

نواتج التعلم

فى نهاية هذا الفصل يصبح الطالب قادرًا على أن:

- يتعرف على الأثر البيئى لأنشطة الكيمياء على عناصر البيئة المختلفة (الماء – الهواء – التربة).
- يصنف ملوثات عناصر البيئة المختلفة (الماء – الهواء – التربة).
- يعرف التأثير الضار لبعض المركبات الناتجة عن بعض التفاعلات الكيميائية واحتراق المركبات الهيدروكربونية.
- يفسر التأثير الضار للصوبة الزجاجية.
- يفسر أسباب الاحتباس الحرارى والآليات العلمية التى يجب اتباعها للحد منها.
- يعرف مفهوم الكيمياء الخضراء وبعض تطبيقاتها.

يعد رحم الأم بيئة الإنسان قبل ولادته والتى يستمد منها مقومات نموه، وبعد الولادة ، فإن البيت والمدرسة والمدينة والبلد والكرة الأرضية ، بل حتى الكون كله تشكل بيئة للإنسان . وتتسع البيئة مع نمو الإنسان واتساع خبراته وتشعب متطلباته.

فما هى البيئة ؟ وكيف أثرت أنشطة الإنسان على البيئة من حوله؟

البيئة : هى كل ما يحيط بالإنسان من تأثيرات فيزيائية وكيميائية بالإضافة إلى التأثيرات الاجتماعية والتى لها تأثير واضح فى صحة الإنسان والنشاط الاجتماعى له.

وعلى الرغم من أهمية البيئة بالنسبة للإنسان ، إلا أنه يعمل دائمًا وأبدًا على استغلال مواردها لبناء تقدمه وحضارته ، ولكن استغلاله لهذه الموارد إذا تم بطرق خاطئة ، فإنه يؤدى إلى اختلال توازن البيئة وتلويثها فما هو التلوث ، وما تصنيف ملوثات البيئة؟

التلوث The Pollution

يعد التلوث من المشاكل الكبيرة التى يواجهها الإنسان فى بيئته. ومن أهم مصادر هذا التلوث الأنشطة التى يقوم بها الإنسان فى حياته اليومية والتى من شأنها التأثير على التوازن الطبيعى للبيئة ومكوناتها.

التلوث : هو كل تغير كمى أو كيفى فى مكونات البيئة الحية وغير الحية نتيجة لأنشطة الإنسان المختلفة ، ولا تستطيع الأنظمة البيئية استيعابه دون أن يختل توازنها.

الملوثات البيئية Envirnomental Pollutants

ابحث بنفسك

الصورة التى أمامك توضح بعض مظاهر تلوث البيئة سواء كان هذا التلوث فى الهواء أو الماء أو التربة. تأمل الصورة جيدًا واستعن كذلك بالبيئة المحيطة بك وأجب على ما يلى:

- اذكر أهم هذه الملوثات.
- اذكر أماكن وجودها.
- ما تأثيرها الضار على البيئة ؟

▲ شكل (١) تلوث البيئة يهدد حياة الإنسان

مما سبق يمكننا تعريف ملوثات البيئة على أنها مادة تؤدى إلى اختلال توازن البيئة وجعلها غير صالحة لحياة الكائنات الحية ، ويمكن تصنيفها كما يلى :

ملوثات الهواء Air Pollutants

يتكون الغلاف الجوى للكرة الأرضية من خليط من عدة غازات هى الأكسجين بنسبة 21% والنيتروجين بنسبة 78% بالإضافة إلى بعض الغازات الأخرى التى توجد بنسبة أقل مثل غاز ثانى أكسيد الكربون وبعض الغازات الخاملة وبخار الماء.

وخليط الهواء بتركيبه السابق ضرورى لجميع الكائنات الحية ، فالنباتات تحتاج إلى كل من غازى ثانى أكسيد الكربون والنيتروجين فى صنع غذائها واستكمال نموها ، بينما تحتاج كل الكائنات الحية بجميع أنواعها إلى غاز الأكسجين للتنفس وأداء وظائفها الحيوية. ويعتبر الهواء ملوثا إذا حدث تغير فى تركيبه لسبب من الأسباب أو إذا اختلط به بعض الشوائب أو الغازات الأخرى بقدر يضر بحياة الكائنات التى تستنشق هذا الهواء ، وأغلب العوامل المسببة لتلوث الهواء عوامل مستحدثة من صنع الإنسان.

كتاب الأنشطة والتدريبات
ملوثات الهواء

يمكن تصنيف ملوثات الهواء إلى :

أولاً : الملوثات الأولية Primary Pollutants

وهى الملوثات التى تؤدى إلى تلوث الهواء مباشرة من مصدر التلوث ، ومن أمثلة هذه الملوثات ما يلى :

أكاسيد الكربون CO_x :

✪ **ثانى أكسيد الكربون CO_2** : ينتج هذا الغاز طبيعيًّا كناتج من نواتج تنفس الكائنات الحية ، ولكن تظهر أضرار هذا الغاز عندما يزداد تركيزه فى الهواء بسبب انطلاقه كناتج من نواتج احتراق الهيدروكربونات مثل وقود المصانع والسيارات ، وتمثل المعادلة التالية احتراق أحد الهيدروكربونات وهو غاز البيوتان.

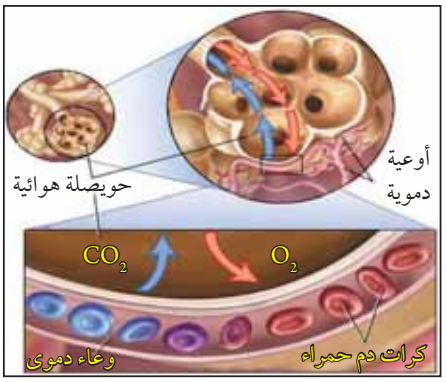
$$2C_4H_{10(g)} + 13O_{2(g)} \longrightarrow 8CO_{2(g)} + 10H_2O_{(g)}$$

وتؤدى زيادة تركيز هذا الغاز فى الهواء إلى ارتفاع درجة حرارة الكرة الأرضية وحدوث ظاهرة الاحتباس الحرارى.

✪ **أول أكسيد الكربون CO** : غاز عديم اللون والرائحة ويتكون نتيجة الأكسدة غير التامة للوقود ، ولذلك فإنه مكون رئيس من مكونات عوادم السيارات وخاصة فى المدن المزدحمة ، كما فى المعادلة التالية:

$$C_4H_{10(g)} + 5O_{2(g)} \longrightarrow 5H_2O_{(g)} + 2CO_{2(g)} + CO_{(g)} + C_{(s)}$$

وخطورة التسمم بهذا الغاز تكمن فى أنه أكثر قدرة من الأكسجين على الارتباط بالهيموجلوبين الموجود فى كرات الدم الحمراء مما يقلل من كفاءتها فى نقل الأكسجين لجميع خلايا الجسم ، وعندما تزداد نسبته فإنه يسبب الصداع والغثيان وحالات الإغماء وقد يؤدى إلى الوفاة.



▲ شكل (٢) تبادل الغازات فى الدم

▲ شكل (٣) عوادم السيارات من المصادر الرئيسة للتلوث

هل تعلم؟

عدد الوفيات الذى يرتبط بتلوث الهواء أكبر من عدد الوفيات المرتبط بحوادث السيارات ، وذلك بسبب أمراض الربو والتهاب الشعب الهوائية وانتفاخ الرئة وأمراض القلب والجهاز التنفسى.

أكاسيد الكبريت SO_x :

تنتج طبيعيًا من البراكين وصناعيًا كناتج ثانوى فى بعض الصناعات التى تتعلق باستخلاص الفلزات من حرق المشتقات النفطية التى تحتوى على مركبات الكبريت فى تكوينها والتى تتأكسد إلى ثانى أكسيد الكبريت :

$$S_{(s)} + O_{2(g)} \longrightarrow SO_{2(g)} \quad , \quad 2Cu_2S_{(s)} + 3O_{2(g)} \longrightarrow 2Cu_2O_{(s)} + 2SO_{2(g)}$$

ويعتبر غاز ثانى أكسيد الكبريت أحد المواد الرئيسة التى تسبب ظاهرة الأمطار الحمضية والتى لها تأثير ضار على الجهاز التنفسى وقرنية العين ، حيث يتحد بأكسجين الهواء معطيا غاز ثالث أكسيد الكبريت ، الذى يكون حمض الكبريتيك عند ذوبانه فى الماء :

$$2SO_{2(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2SO_{3(g)} \quad , \quad SO_{3(g)} + H_2O_{(l)} \longrightarrow H_2SO_{4(aq)}$$

تُسبب الأمطار الحمضية تآكل واجهات المبانى ، حيث يعمل حمض الكبريتيك على تحويل كربونات الكالسيوم (الحجر الجيرى) الداخلة فى تكوين مواد البناء وهى عديمة الذوبان فى الماء إلى كبريتات كالسيوم تذوب فى الماء بدرجة أكبر.

$$H_2SO_{4(aq)} + CaCO_{3(s)} \longrightarrow CaSO_{4(aq)} + H_2O_{(l)} + CO_{2(g)}$$

▲ شكل (٤) تآكل التمثال بسبب تأثير الأمطار الحمضية

كتاب الأنشطة والتدريبات
تأثير الأمطار الحمضية

أكاسيد النيتروجين NO_x :

تنتج أكاسيد النيتروجين من حرق الوقود فى محركات السيارات والشاحنات ، وكذلك عند احتراق الوقود فى محطات القوى وغيرها من المنشآت الصناعية ، حيث يتحد غاز النيتروجين مع الأكسجين داخل أماكن حرق الوقود مما يؤدى إلى تأكسده وتكوين أكسيد النيتريك الذى يتحول إلى ثانى أكسيد النيتروجين نتيجة لاتحاده بأكسجين الهواء الجوى.

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

وتشترك أكاسيد النيتروجين مع غاز ثانى أكسيد الكبريت فى تكوين الأمطار الحمضية ، وذلك لأنها سهلة الذوبان فى الماء ، حيث تمتزج ببخار الماء لتعطى حمضًا قويًّا هو حمض النيتريك.

$$4NO_{2(g)} + 2H_2O_{(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 4HNO_{3(aq)}$$

كما يؤثر خليط حمض النيتريك والنيتروز الناتجين عن الأمطار الرعدية الحمضية على الجهاز العصبى.

ثانيًا : الملوثات الثانوية Secondry Pollutants

هى الملوثات الناتجة من تفاعل الملوثات الأولية مع بعضها بعضًا أو مع مواد أخرى ، ومن أمثلتها :

الضباب الدخانى :

يظهر الضباب الدخانى فى جو المدن نتيجة احتراق الوقود فى محركات السيارات ووسائل النقل العامة وحرق الأعشاب والمخلفات الزراعية فى الدول النامية ، والذى ينتج عنه ثانى أكسيد الكربون وبخار الماء وغيره من الملوثات.

ولكن احتراق الوقود فى آلات الاحتراق الداخلى لا يكون احتراقًا تامًا على الدوام ، ولذلك فإن غازات العادم التى تتكون من غاز ثانى أكسيد الكربون وبخار الماء تكون مصحوبة عادة بكمية قليلة من بعض الجزيئات العضوية التى لم تتأكسد أكسدة تامة ، بالإضافة إلى قدر صغير من غاز أول أكسيد الكربون وبعض أكاسيد النيتروجين.

وعندما يتعرض هذا الخليط الغازى للأشعة فوق البنفسجية المنبعثة من الشمس يحدث تفاعل كيميائى ضوئى وينتج عنه تكون الضباب الدخانى الذى يبقى معلقا فى الهواء ، ويغلف جو المدينة ، حيث يسبب احتقان الأغشية المخاطية ، والتهاب العيون ، والسعال ، وقد يؤدى إلى الاختناق فى بعض الأحيان.

▲ شكل (٥) الضباب الدخانى

غاز الأوزون O_3 :

يتركب جزيء غاز الأوزون من 3 ذرات أكسجين. وهو غاز شديد السُّمية للإنسان والحيوان عندما يكون قريبًا من سطح الأرض ، حيث يسبب تهيج الجهاز التنفسى ، كما أنه يسبب إتلاف النباتات والكثير من المواد الأخرى مثل المطاط والخيوط الصناعية. ويتكون غاز الأوزون على سطح الأرض من أكسجين الهواء نتيجة لتعرضه للشحنات الكهربية العالية الضغط بالمحولات الكهربية ومحطات القوى الكهربية.

أما غاز الأوزون الموجود فى الطبقة العليا للغلاف الجوى والذى يتكون نتيجة للتفريغ الكهربى فى السحب أثناء حدوث البرق ، يتراكم مكونًا طبقة تعمل كدرع واقٍ لا تسمح إلا بنفاذ نسبة ضئيلة من الأشعة فوق البنفسجية الصادرة من الشمس ، فيحمى بذلك الكائنات الحية من تأثيراتها القاتلة وتأثيراتها المرضية مثل سرطان الجلد والمياه البيضاء بالعيون.

وكان لتسرب وتطاير غاز الكلوروفلوروكربون (الفريون) المستخدم بكثرة فى أجهزة التبريد وكمادة دافعة للأيروسولات بمختلف أنواعها ، أكبر الأثر فى تآكل طبقة الأوزون بطبقات الجو العليا مما يسمح بتسرب الأشعة فوق البنفسجية إلى الأرض بنسبة كبيرة تسبب أضرارًا للكائنات الحية.

ملوثات الماء Water Pollutants

الماء سائل ضرورى للحياة ولا غنى عنه لجميع الكائنات الحية ، وتمثل المياه العذبة نسبة (3%) من الحجم الكلى للمياه الموجودة على الأرض ، وهذه النسبة بالرغم من ضألتها ، إلا أنها تواجه مشكلات عديدة تتمثل فى التدهور المضطرد فى نوعيتها وفى صلاحيتها للوفاء بالاستخدامات المقصودة منها ، بسبب تلوثها. وللتلوث المائى مصادر عديدة ومتنوعة ، أهمها :

النفط :

تعتبر كميات النفط التى تتسرب إلى مياه البحار والمحيطات من أكثر ملوثات المياه فى العالم ، حيث يُكون النفط طبقة رقيقة على سطح الماء تمنع وصول الهواء والضوء للكائنات البحرية فتؤدى إلى موتها.

ويوجد مصادر عديدة للتلوث بالنفط ، ولكن من أكثرها انتشارًا البقع الناتجة من حاويات النفط بالماء.

المخلفات الصناعية :

تعتبر مخلفات المصانع من مصادر تلويث مياه الأنهار والبحار والمحيطات وتحتوى هذه المخلفات على الكثير من المواد الكيميائية السامة ، والتى يتم تصريفها إلى المسطحات المائية مثل الأنهار والبحار أو المصارف الزراعية أو مجارى الصرف الصحى مما يؤدى إلى تلوث المياه وموت الكائنات الحية بها.

▲ شكل (٦) بقع نفط على سطح الماء

▲ شكل (٧) تلوث المياه بمخلفات الصناعة

مياه الصرف الصحى :

يتم التخلص من بعض مياه الصرف الصحى الصادرة عن المدن والقرى والمجتمعات السكنية بصرفها إلى المصارف الزراعية والبحيرات الداخلية بدون تنقية ، وبذلك تكون هذه المخلفات السائلة محملة بتركيزات عالية من الملوثات المختلفة العضوية وغير العضوية أو الميكروبيولوجية ، مما يفسد نوعية المياه وتصبح مناخًا خصبًا لتكاثر البكتيريا الضارة والفيروسات محدثة تلوثًا ميكروبيًّا يؤثر فى صحة الإنسان وكذلك على إنتاجه الزراعى الذى يعتمد على مثل هذه المياه الملوثة.

المبيدات الحشرية والأسمدة الكيماوية :

أدى التوسع فى استخدام المبيدات بصورة مكثفة فى الأغراض الزراعية إلى تلوث المسطحات المائية بالمبيدات العضوية إما مباشرة عن طريق إلقائها فى المياه أو بطريق غير مباشر عن طريق مياه الصرف الزراعى التى تصب بهذه المسطحات ، كما يتسرب جزء من هذه المبيدات إلى المياه الجوفية ، مما يشكل خطورة بالغة على حياة الإنسان.

▲ شكل (٨) مياه الصرف الصحى

▲ شكل (٩) المبيدات الحشرية من مصادر تلوث المياه

ملوثات التربة Soil Pollutant

تعتبر التربة مصدرًا لكثير من الثروات الحية وغير الحية ، وعلى الرغم من أهميتها إلا أن الإنسان يسيء استخدامها ، فهو لا يدرك مدى أهميتها ، فهى مصدر الغذاء الأساسى له ، وينتج عن عدم وعى لهذه الحقيقة إهماله لها.

أهم ملوثات التربة :

- المعادن الثقيلة السامة مثل الرصاص والكادميوم والزئبق والزرنيخ.
- غازات سامة مثل الميثان وثانى أكسيد الكربون وكبريتيد الهيدروجين.

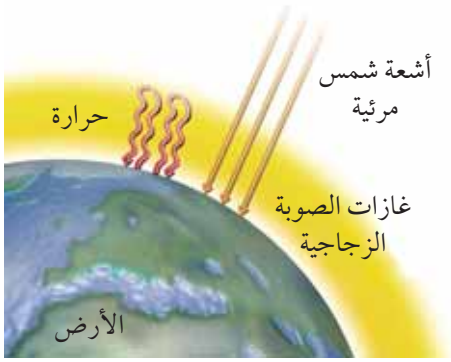
- الملوثات العضوية مثل الزيوت والمذيبات والمركبات الفينولية.
- الأسمدة الكيميائية والمبيدات الحشرية والأمطار الحمضية.

فكر واستنتج

يعد التلوث من أخطر المشكلات التى تؤثر على بقاء الكائنات الحية على كوكب الأرض ، لذلك اقترح بعض الحلول للحد من تلوث البيئة.

ظاهرة الاحتباس الحرارى Global Warning

من المعروف أن الأرض فى الأساس كوكب بارد ليس به طاقة ذاتية تعمل على تدفئته ، ولكن المصدر الرئيسى للطاقة يأتى من الشمس ، ويتشكل مناخ الأرض من توازن تلك الطاقة مع العمليات الكيميائية والظواهر الفيزيائية.



▲ شكل (١٠) تأثير الصوبة الزجاجية (للايضاح فقط)

بعد غروب الشمس تطلق الأرض جزءًا من الحرارة التى حصلت عليها من الشمس فى صورة أشعة تحت حمراء ، وغازات الاحتباس الحرارى الموجودة فى الجو تكون غلاف حول الأرض يشبه الصوبة الزجاجية له خاصية امتصاص هذا النوع من الأشعة وإعادة إشعاعها مرة أخرى إلى الأرض ، فيؤدى ذلك إلى ارتفاع درجة الحرارة. وتعتبر هذه الظاهرة من الظواهر الطبيعية، وبدونها تنخفض درجة الحرارة إلى الحد الذى لا يسمح بالحياة على سطحها ، ولكن المشكلة أن بعض الأنشطة الإنسانية تؤدى إلى زيادة تركيز هذه الغازات فى الجو بدرجة يمكن أن تحدث تغيرًا فى المناخ العالمى وتؤدى إلى ارتفاع درجة حرارة الأرض. ومن غازات الاحتباس الحرارى كل من: ثانى أكسيد الكربون ، والميثان ، وأكاسيد النيتروجين ، والكلوروفلوروكربون ، وبخار الماء ويطلق عليها الغازات الدفيئة.

الاحتباس الحرارى : هو الارتفاع التدريجى فى درجة حرارة الطبقة السفلى من الغلاف الجوى المحيط بالأرض. بسبب زيادة انبعاث الغازات الدفيئة أو غازات الصوبة الزجاجية Green House Effect.

كتاب الأنشطة والتدريبات

ظاهرة الاحتباس الحرارى

هل تعلم؟

أبتكر العالم الكيميائى السويدى ارهينيوس عام 1896م مصطلح «الاحتباس الحرارى» ، وقد أطلق نظرية أن الوقود الحفرى المحترق سيزيد من كميات ثانى أكسيد الكربون فى الغلاف الجوى وأنه سيؤدى إلى زيادة درجة حرارة الأرض.

نشاط بيئى

تعد ظاهرة التدخين وما ينتج عنها من غازات من أخطر المواد الملوثة للهواء الجوى ، كما أنها من أخطر المواد فتكًا بصحة الإنسان ، كما أنها من أكثر مسببات الوفاة فى العالم ، حدد ما إذا كانت الملوثات الناتجة من التدخين أولية أم ثانوية ، ثم اكتب تقريرًا عن مخاطر التدخين على صحة الإنسان وعلى البيئة وكذلك مفهوم التدخين السلبى واثاره الضارة وبعض المقترحات للإقلاع عن التدخين.

أسباب انبعاث الغازات الدفيئة :

تنتج الغازات الدفيئة من النشاطات الإنسانية المختلفة ، مثل :

- احتراق الوقود : حيث يؤدى احتراق الوقود الحفرى لانبعاثات غازات الاحتباس الحرارى ، حيث يطلق بلايين الأطنان من الكربون كل عام ، فضلاً عن كميات كبيرة من الميثان وأكاسيد النيتروجين.
- القطع الجائر للأشجار وعدم زرع أشجار مكانها مما يؤدى إلى زيادة نسبة غاز ثانى أكسيد الكربون فى الهواء.
- مزارع الأرز ومدافن النفايات والتى تؤدى إلى انبعاث غاز الميثان ، كما ينبعث أيضًا من قطاعات هائلة من الثروة الحيوانية .
- استخدام الأسمدة والذى ينتج عنها أكاسيد النيتروجين .

التأثير الضار لظاهرة الاحتباس الحرارى على البيئة :

- ذوبان الجليد مما يؤدى إلى ارتفاع مستوى سطح البحر وغرق الجزر المنخفضة والمدن الساحلية ، كما يؤدى إلى زيادة الفيضانات.
- حدوث موجات جفاف وتصحر مساحات كبيرة من الأرض.
- انقراض العديد من الكائنات الحية.
- حدوث كوارث زراعية وفقدان عدد من المحاصيل زيادة حرائق الغابات.

▲ شكل (١١) الفيضانات

▲ شكل (١٢) حريق الغابات

الآليات العلمية المقترحة للحد من ظاهرة الاحتباس الحرارى :

وذلك عن طريق خفض انبعاثات الغازات الدفيئة وذلك من خلال استخدام وسائل تكنولوجية أكثر تطورًا ، وأقل بعثا للغازات الدفيئة وقد سار هذا التقدم فى بعض الدول بخطى أسرع مما كان متوقعًا ، وتشمل هذه الوسائل ما يلى :

- تشجيع استخدام وسائل الطاقة البديلة التى لا تسبب انبعاث الغازات الدفيئة خاصة غاز ثانى أكسيد الكربون.
- ترشيد استهلاك الطاقة.
- زراعة الأشجار والإكثار منها.

لقد أدى الحرص على التوازن البيئى وتوفير متطلبات الحياة وحمايتها إلى انطلاق نداءات عديدة للاهتمام بعلم الكيمياء والبيئة ، حيث يمكن من خلال ذلك التوصل إلى معالجة العديد من أسباب الخلل فى التوازن البيئى ، ومن أهم فروع علم الكيمياء الحديثة التى تهتم بحماية البيئة الكيمياء الخضراء ، فما هو مفهوم الكيمياء الخضراء ، وما تطبيقاتها؟

الكيمياء الخضراء Green Chemistry

هى فرع حديث من فروع علم الكيمياء يهدف إلى حماية البيئة من التلوث من خلال تقليل الانبعاثات الناتجة عن عمليات التصنيع الكيميائى إلى أقل مدى ممكن ، كما يهدف إلى ابتكار مواد كيماوية جديدة تعود بالخير على البيئة ومواد كيماوية تعمل كبدائل عن المواد الكيماوية الأخرى التى تأتى بنتائج سلبية على البيئة ، أو تعمل كبدائل عن المواد الكيماوية المستخلصة من الأنواع الحية المهددة بالانقراض (مثل الزيوت الكبدية والتى تهدد عمليات استخلاصها من الحيتان وأسماك القرش بانقراض تلك الأنواع بشكل تام خلال عقود قليلة).

وبهذا يتبين أن الجديد فى الكيمياء الخضراء هو معالجة مشكلة التلوث البيئى باستئصال المشاكل من جذورها ، فبدلًا من معالجة التلوث والتحكم به و تقليصه بعد وقوع الحدث نجد أن الكيمياء الخضراء تركز على منع وإيقاف تكون الملوثات والمواد الضارة من الأساس مما يؤدى بالضرورة إلى انعدام الحاجة لمعالجة وإزالة هذه الملوثات.

هل تستطيع مما سبق أن تتوصل إلى أهم مبادئ الكيمياء الخضراء؟

فكروا واستنتج

ما الفرق بين الكيمياء البيئية والكيمياء الخضراء ؟

مبادئ عامة للكيمياء الخضراء :

المخطط التالى يوضح بعض مبادئ الكيمياء الخضراء الرئيسة وهى :

▲ شكل (١٣) بعض مبادئ عامة للكيمياء الخضراء

بعض التطبيقات على الكيمياء الخضراء :

استعمال الجلوكوز فى صناعة اللدائن :

قام العلماء مؤخرًا بتطوير صناعة اللدائن باستخدام البكتيريا المعدلة وراثيًّا تعرف باسم (المحفزات البيولوجية) ، حيث يحل فيها الجلوكوز (السكر البسيط) محل البنزين الذى يسبب أضرارًا لصحة الإنسان.

اللدائن الخضراء :

يتم إنتاج أنواع خاصة من اللدائن الخضراء الطبيعية مكونة من مزيج من بروتينات فول الصويا والألياف الطبيعية ، كما أجريت تجارب أخرى لإنتاج لدائن طبيعية من نبات القمح ، ثم يتم معالجتها بطرق كيميائية وفيزيائية من أجل تقويتها وإكسابها صفة الديمومة التى تتناسب مع طبيعة أو مدة استعمالها ، بحيث تتحلل بالظروف الجوية حين تترك فى النظام البيئى.

▲ شكل (١٤) فول الصويا

الاعتماد على مصادر الطاقة المتجددة :

حيث يتم الاعتماد على مصادر الطاقة المتجددة من أجل الحصول على المواد الخام الأولية اللازمة فى الصناعات الكيميائية ، وهذا يدعم التقنيات الحيوية من خلال استعمال النباتات للحصول على الطاقة مثل إنتاج الديزل الحيوى والأقمشة الحيوية واستخدام كحول الذرة كوقود للسيارات وإنتاج البروتينات البشرية من شجرة المطاط المعدلة وراثيا واستخدام النوافذ المبتلة كبديل للمكيفات.

▲ شكل (١٥) شجرة المطاط

إعادة تدوير المخلفات الحيوية :

حيث يتم إعادة تدوير المخلفات الحيوية مثل المعالجة بالتخمر الهوائى واللاهوائى وعملية التخمر بالديدان.

معلومة إثرائية

شجرة النيم : هى شجرة نظيفة الأوراق والساق لا تقترب منها الحشرات ولا الديدان ، ولشجرة النيم تأثير طارد لمختلف أنواع الحشرات ، مثل البعوض والمن ، وكذلك فى مكافحة الآفات الزراعية وتستخدم الأوراق والجذور كسماد طبيعى وهو يفوق الأسمدة الكيميائية جودة ولا يتسبب عنه أضرارًا.

▲ شكل (١٦) شجرة النيم

الفصل الثانى : الحد من التلوث
Reducing Pollution

نواتج التعلم

فى نهاية هذا الفصل يصبح الطالب قادرًا على أن:

- يوضح طرق معالجة مياه الصرف الصحى والمخلفات واستخداماتها.
- يتعرف طرق تنقية ومعالجة مياه الشرب واقتصاديتها.
- يتعرف بعض الطرق الكيميائية المستخدمة لإعادة تدوير المخلفات وأهميتها الاقتصادية.
- يحدد العلاقة بين التلوث البيئى والتنمية المستدامة.
- يدرك دور العلم والتكنولوجيا فى تقليل المخاطر التى يتعرض لها الإنسان فى بيئته.
- يوضح دوافع الاكتشافات العلمية لخدمة الإنسان والبيئة.

الماء سائل فريد ميزه الله بالعديد من الخصائص الفيزيائية والكيميائية التى جعلته سر الحياة على كوكب الأرض ، ولهذا يعد الماء من أهم المصادر الطبيعية على كوكب الأرض ، والماء له القدرة على إذابة أنواع كثيرة من المواد العضوية وغير العضوية سواء كانت فى الحالة الصلبة أو السائلة أو الغازية ، كما أن طبيعته تجعله يحمل معه الكثير من المواد التى لا تذوب فيه على شكل مواد عالقة ؛ لذا لابد من تنقية الماء ومعالجته قبل استخدامه.

تنقية ومعالجة مياه الشرب
Water Treatment

تركز عملية تنقية المياه على التخلص من المواد الملوثة الموجودة فى المياه المراد معالجتها للحصول على مياه نقية بما يكفى لاستعمالها فى الاستهلاك الشخصى ، ومن المواد التى يجب إزالتها فى هذه العملية البكتيريا ، الفيروسات ، الطحالب ، وبعض المعادن مثل الحديد ، والمنجنيز ، والكبريت بالإضافة إلى الملوثات البشرية .

كتاب الأنشطة والتدريبات

تصميم فلتر للماء

▲ شكل (١٧) قطرة الماء سر الحياة

معالجة المياه مصطلح لوصف العمليات المستعملة فى جعل المياه صالحة لغرض معين ، وبشكل عام فإن الغرض الرئيسى من معالجة المياه هو إزالة أو تقليل أى عوالق أو ملوثات حتى تصبح مناسبة للغرض المستخدمة فيه.

وفيما يلى الخطوات الرئيسة فى معالجة مياه الشرب بشكل عام :

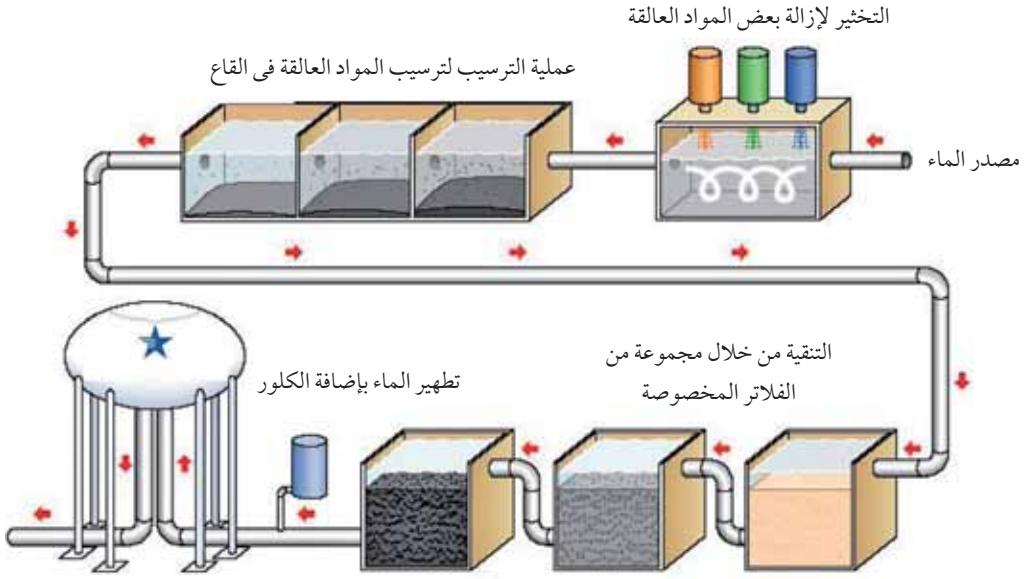
- **التنقية والتهوية** : حيث يمر الماء على جهاز ترشيح للتخلص من المواد العالقة كبيرة الحجم، ثم يعرض الماء للهواء عن طريق التحريك المستمر للتخلص من أى غازات ذائبة فى الماء.
- **التخثير** : يتدفق الماء إلى معمل معالجة المياه ، حيث تضاف إليه مواد كيميائية مختلفة مثل كبريتات الألومنيوم (شب الألومنيوم) وهيدروكسيد الكالسيوم وبعض هذه المواد مخثرات ، حيث ينتج من تفاعلها مواد هلامية غير ذائبة ، وهى كبريتات الكالسيوم وهيدروكسيد الألومنيوم ، والتى تلتصق بها المواد العالقة، ثم تترسب فى أسفل وعاء الترسيب .

$$Al_2(SO_4)_{3(aq)} + 3Ca(OH)_{2(aq)} \longrightarrow 2Al(OH)_{3(s)} + 3CaSO_{4(s)}$$

- **الترويق** : حيث يترك الماء فى حوض ليستقر وتترسب المواد الصلبة الناتجة من مرحلة التخثير.
- **الترشيح** : تهدف عملية الترشيح إلى إزالة المواد العالقة ، وتتم خلال طبقات من الرمل أو الرمل والفحم لحجز المواد العالقة المتبقية بعد عملية الترسيب .
- **التعقيم** : يتم تعقيم المياه غالبًا باستخدام غاز الكلور أو مركبات تحتوى على الكلور مثل (هيبوكلوريت الكالسيوم أو هيبوكلوريت الصوديوم) وذلك لقتل البكتيريا والجراثيم والأحياء الدقيقة.

كتاب الأنشطة والتدريبات

تنقية الماء



▲ شكل (١٨) مراحل تنقية مياه الشرب (للايضاح فقط)

كما يوجد العديد من الطرق التى تستخدم فى عمليات تطهير المياه باستخدام الأوزون أو اليود والبروم أو الأشعة فوق البنفسجية ، ولكنها أكثر تكلفة من استخدام الكلور.

لابد من الإشارة إلى أن نوع وحجم أعمال التنقية تختلف تبعًا لمصدر وجودة المياه ، وكذلك الغرض الذى سيتم فيه استخدام المياه ، فقد لا تحتاج المياه إلى أى نوع من أنواع التنقية كما فى حالة المياه الجوفية ، وقد تحتاج إلى تسلسل معين من مراحل التنقية النمطية أو المتخصصة كما فى حالة المياه السطحية أو المياه الجوفية ذات التركيز العالى من الأملاح.

أضف إلى معلوماتك

السبب الرئيس فى عسر الماء هو وجود أيونات كالسيوم وماغنسيوم ذائبة فيه بنسبة مرتفعة ، وهو غير صالح للشرب ، ويسبب مشاكل عند استخدامه فى العمليات الصناعية. ويمكن إزالة عسر الماء بإضافة ملح كربونات صوديوم ، حيث تتحول هذه الأيونات إلى أملاح كربونات لا تذوب فتترسب ويمكن فصلها.

المخلفات Wastes

تتميز المجتمعات الحديثة بأنماط زائدة من الاستهلاك ، ولا يتوقف ذلك على الدول الغنية فقط ، بل انتقل هذا النمط إلى كثير من الدول النامية فزاد معدل استهلاكها على إنتاجها ، واختل بذلك ميزانها الاقتصادى ، والمشكلة تكمن فى أن هذه الزيادة الهائلة فى الاستهلاك يصاحبها زيادة مضطردة فى حجم المخلفات التى ينبغى التخلص منها يوميًّا ، خصوصًا فى المدن الكبيرة المزدحمة بالسكان.

▲ شكل (١٩) بعض المخلفات الناتجة عن نشاط الإنسان

المخلفات : هى المواد أو الأشياء التى توقف الإنسان عن استخدامها و يود التخلص منها.

كتاب الأنشطة والتدريبات
المخلفات المنزلية

تصنيف المخلفات Waste Classification

يمكن تصنيف المخلفات تبعًا لخطورتها إلى خطرة أو غير خطرة ، ويقصد بالمخلفات غير الخطرة المواد التى لا ينتج عنها مشكلات بيئية خطيرة ويسهل التخلص منها بطريقة آمنة بيئيًا ، أما المخلفات الخطرة فتعرف على أنها مخلفات تشكل تهديدًا محتملًا للإنسان والكائنات الحية بسبب كونها سريعة الاشتعال أو قابلة للانفجار أو تسبب التآكل أو سامة أو سريعة التفاعل مع مواد أخرى أو المخلفات الإشعاعية . وقد تكون المخلفات مواد صلبة مثل القمامة ، وفضلات الكائنات الحية وبقاياها ، أو سائلة مثل مياه الصرف الصحى أو غازية أكاسيد كل من الكبريت والكربون والنيتروجين الناتجة عن المصانع وعوادم السيارات.

▲ شكل (٢٠) المخلفات الإشعاعية من المخلفات الخطرة

معالجة المخلفات Waste Treatment

أولًا : المخلفات السائلة Liquid Wastes

تعتبر مياه الصرف الصحى والصناعى أحد أمثلة المخلفات السائلة ، والتى يجب معالجتها قبل طرحها فى البحر أو النهر لتقليل التلوث الناتج عن ذلك. ويجب أن نتعرف على مصادرها لتحديد مكوناتها حتى يمكن تحديد طريقة المعالجة.

▲ شكل (٢١) المخلفات السائلة

✪ مصادر مياه الصرف الصحى :

تتعدد مصادر الصرف الصحى ، وغالبًا ما تتكون مياه الصرف أساسًا من المواد العضوية السائلة من دورات المياه والمطابخ والتى يتخلص منها عن طريق أنابيب الصرف. لذا يلزم معالجتها قبل إعادة استخدامها.

فكر واستنتج

ما هى الآثار المترتبة على التخلص من مياه الصرف الصحى فى البحار والأنهار دون معالجتها ، وكيف يمكننا تلافى حدوث ذلك؟

✪ معالجة مياه الصرف الصحى :

هى عملية تنقية مياه الصرف من الشوائب والمواد العالقة والملوثات والمواد العضوية لتصبح صالحة لإعادة الاستخدام أو لتكون صالحة للتخلص منها فى المجارى المائية دون أن تلوثها.

▲ شكل (٢٢) محطة معالجة مياه الصرف الصحى

كما يرجع استخدام تقنيات معالجة مياه الصرف الصحى فى كثير من الأحوال إلى النقص فى المياه الصالحة فى كثير من الدول لذا يتم معالجة مياه الصرف لاستخدامها فى أغراض الزراعة والأغراض الأخرى بدلاً من استخدام مياه الشرب النقية.

وتتم معالجة مياه الصرف الصحى على عدة مراحل مختلفة يمكن توضيحها فيما يلى :

(أ) المعالجة الأولية :

هى أولى مراحل المعالجة ، حيث تهدف إلى تحسين مواصفات مياه الصرف ، وذلك بتقليل كمية المواد الملوثة بها مما يساعد على رفع كفاءة المعالجة لمياه الصرف فى المراحل التالية وتتم المعالجة الأولية باستخدام الشباك الحاجزة الميكانيكية بغرض :

- ✓ فصل المواد الطافية كالأخشاب وقطع البلاستيك بواسطة الشباك الحاجزة الميكانيكية.
- ✓ فصل الرمال وإزالة المواد العالقة السطحية بما فى ذلك الدهون والشحوم.

(ب) المعالجة الثانوية :

هى المرحلة الأساسية فى المعالجة ، حيث توفر المناخ المناسب عن طريق التهوية لتكاثرالكائنات الدقيقة والبكتيريا التى تقوم بتحويل المخلفات العضوية والرغوية إلى مواد غير عضوية أكبر كثافة من الماء فتترسب فى القاع ويسهل التخلص منها أو إلى غازات تتسرب إلى الهواء. ويتم ذلك على مرحلتين: التهوية والخلط ثم أحواض الترسيب.

(جـ) المعالجة المتقدمة :

يتم تطبيق هذه المرحلة من المعالجة عندما تكون هناك حاجة إلى ماء نقى بدرجة عالية وتحتوى هذه المرحلة على عمليات مختلفة لإزالة الملوثات التى لا يمكن إزالتها بالطرق التقليدية سابقة الذكر ، ومن هذه الملوثات : النيتروجين والفوسفور والمواد العضوية والمواد العالقة الصلبة الزائدة ؛ إضافة إلى المواد الذائبة التى يصعب التخلص منها بسهولة ، كذلك المواد السامة.

(د) عملية التطهير :

تتم عملية التطهير من خلال حقن محلول الكلور إلى حوض التطهير فى أحواض تسمى أحواض التلامس وتسمى هذه العملية بالكلورة.

▲ شكل (٢٣) مراحل معالجة مياه الصرف الصحى (للايضاح فقط)

✪ استخدامات مياه الصرف الصحى المعالجة :

يمكن استخدام مياه الصرف الصحى المعالجة فى عدة أغراض سواء بطريقة مباشرة أو غير مباشرة ، وبصفة عامة فإن استخدامات المياه المعالجة فى الأغراض المختلفة تتمثل فى:

✓ أغراض زراعية ✓ أغراض صناعية ✓ أغراض أخرى

ثانيًا : المخلفات الصلبة Solid Wastes

تتم معالجة المخلفات الصلبة بعدة طرق ، ويتوقف ذلك على طبيعة هذه المخلفات ومكوناتها ، ومن هذه الطرق ما يلى :

(أ) إعادة الاستعمال :

يقصد بها استخدام المنتج سواء لنفس الغرض أو لأغراض أخرى دون الحاجة إلى عملية إعادة تصنيع، وتعتبر هذه الطريقة أفضل من إعادة التصنيع ؛ كونها تستخدم نفس المادة دون المرور فى مرحلة التصنيع مرة أخرى مما يوفر من استهلاك طاقة إضافية.

(ب) إعادة التدوير :

إن نقص المواد الأساسية وحاجة الإنسان لها ولدت له رغبة فى ابتكار طريقة للتغلب على هذا النقص أو تقليله فحاجته إلى الورق والزجاج والبلاستيك والمطاط وغيرها من الموارد غير المتجددة دفعته لفكرة إعادة التدوير وتقليل من المخلفات للمحافظة على البيئة.

▲ شكل (٢٤) أهمية التدوير بالنسبة للبيئة

حيث تتضمن إعـادة التدوير معالجة وإعـادة تصنيع المخلفات التى تم التخلص منها ، وذلك بإعادتها إلى دورتها الحياتية بجعلها مادة صالحة للاستعمال لنفس الغرض أو فى أغراض أخرى.

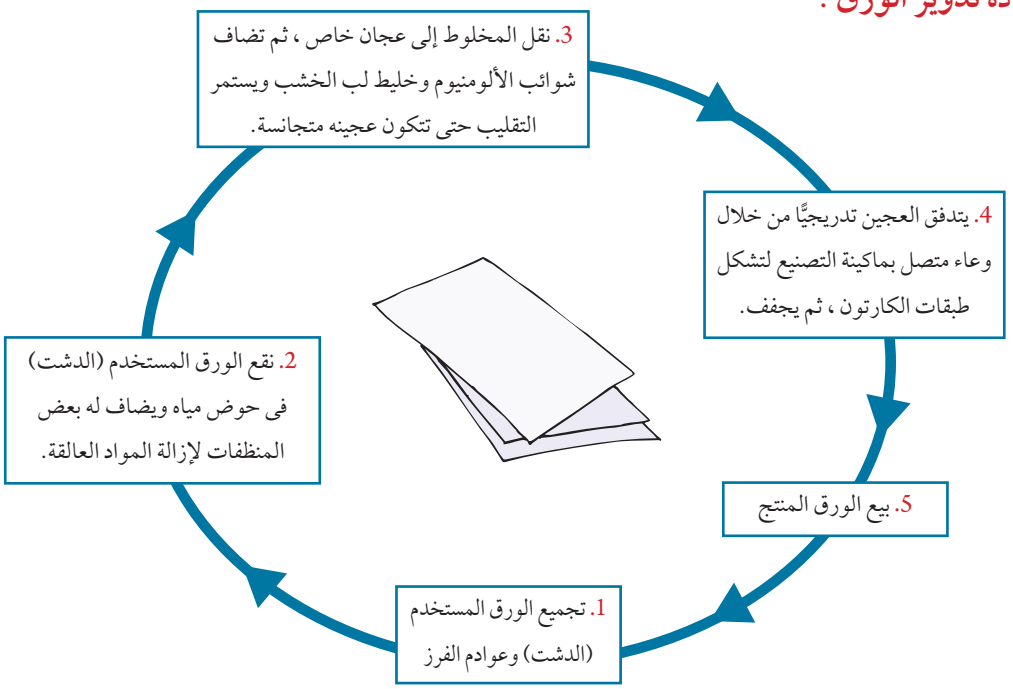
تتم عملية إعـادة التدوير عن طريق تصنيف وفصل المخلفات على أساس المواد الخام الموجودة بها ثم إعادة تصنيع كل مادة على حدة.

الأهمية الاقتصادية لإعادة التدوير :

- تقليل استهلاك المواد الخام الأولية
- خفض النفقات.
- حماية البيئة من التلوث.
- ترشيد استهلاك الطاقة.

أمثلة لإعادة تدوير بعض المخلفات :

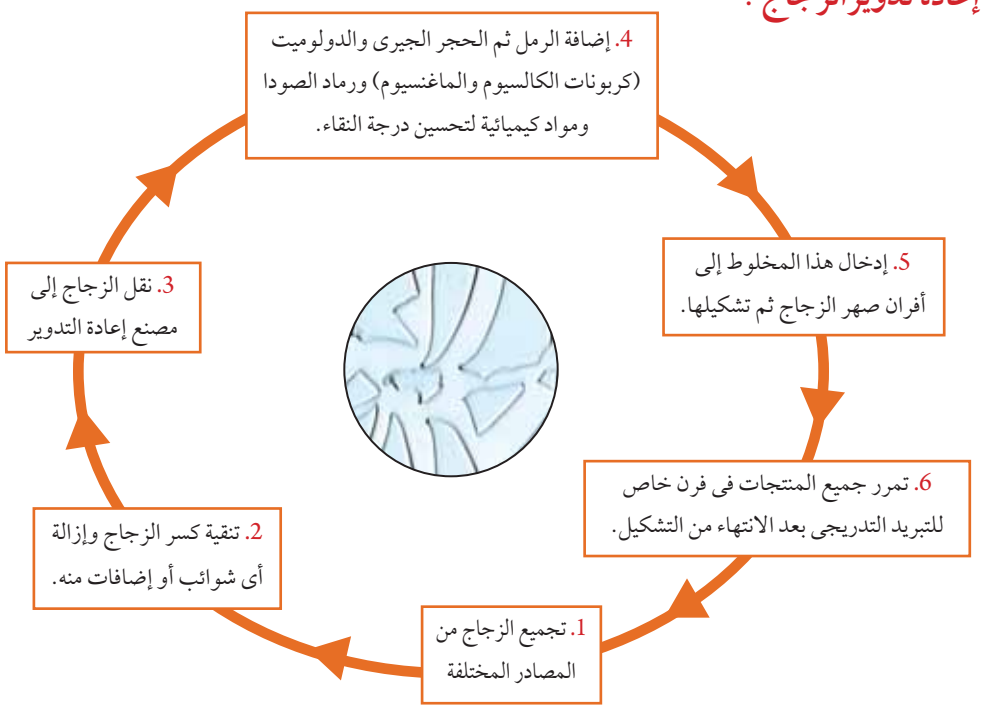
إعادة تدوير الورق :



▲ شكل (٢٥) خطوات إعادة تصنيع الورق

كتاب الأنشطة والتدريبات
إعادة تدوير الورق

إعادة تدوير الزجاج :



▲ شكل (٢٦) خطوات إعادة تصنيع الزجاج

إعادة تدوير البلاستيك :

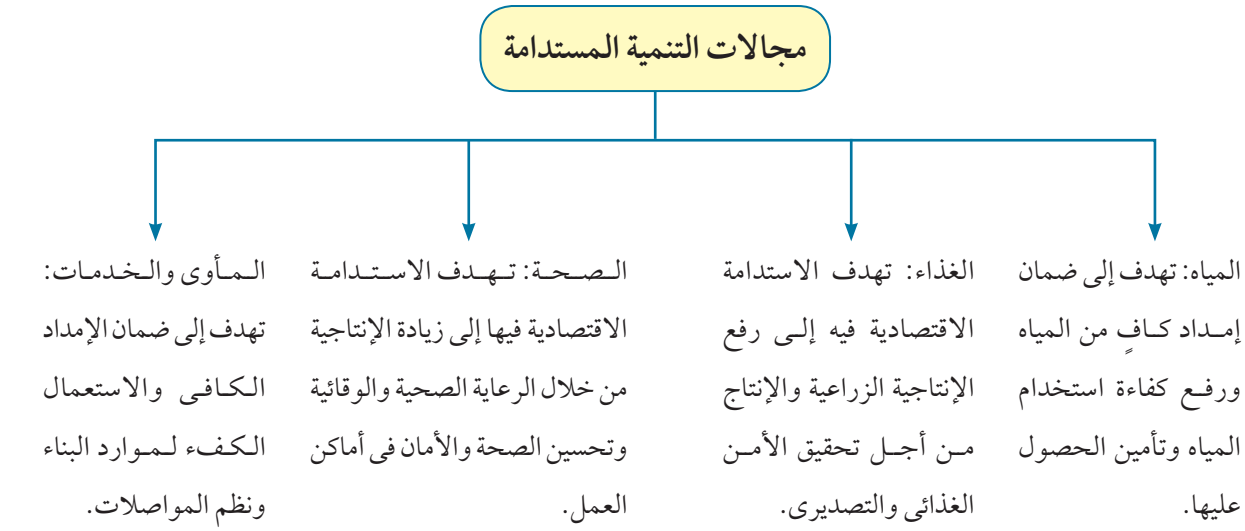
▲ شكل (٢٧) خطوات إعادة تصنيع البلاستيك

هل تعلم؟

- ✓ تنتج الأسرة المصرية حوالى 20 : 30 Kg من المخلفات أسبوعيًّا ، وبإعادة تدوير هذه المخلفات ، فإننا نساهم فى الحفاظ على الطاقة والحد من إهدار الموارد البيئية ، بالإضافة إلى تقليل نسبة التلوث .
- ✓ أن كل علبة الومنيوم يعاد تدويرها توفر قدرًا من الطاقة يعادل حوالى لترين من وقود السيارات ، وإن إعادة تدوير زجاجة واحدة يوفر طاقة يمكنها إنارة مصباح لمدة أربع ساعات متصلة ، وأن إعادة تدوير الأوراق يوفر حوالى نصف الطاقة المستهلكة فى تصنيع الأوراق من خامات جديدة.

التنمية المستدامة Sustainable Development

هى عملية تطوير الأرض والمدن والمجتمعات وكذلك الأعمال التجارية بشرط أن تلبى احتياجات الحاضر دون المساس بقدرة الأجيال القادمة على تلبية حاجاتها ، وتجرى التنمية المستدامة فى ثلاثة أهداف رئيسة هى النمو الاقتصادى ، حفظ الموارد الطبيعية والبيئية والتنمية الاجتماعية. ويوضح الشكل التالى بعض مجالات التنمية المستدامة والهدف منها :



العلاقة بين التنمية المستدامة والتلوث البيئى :

يمكن أن نلاحظ العلاقة الوثيقة بين التنمية والبيئة ، فالأولى تقوم على موارد الثانية ، ولا يمكن أن تحدث التنمية دون الموارد البيئية ، وبالتالى فإن الإخلال بالموارد من حيث إفسادها سيكون له انعكاساته السلبية على العملية التنموية كما أن نقص الموارد وتلوثها سيؤثر أيضًا على التنمية من حيث مستواها وتحقيق أهدافها ، حيث أنه لا يمكن أن تقوم التنمية على موارد بيئية كما إن الإضرار بالبيئة ومواردها يضر بالاحتياجات البشرية. وعليه ينبغى على التنمية أن تقوم على أساس وضع البيئة فى الاعتبار ، وأن ينظر إلى البيئة والتنمية باعتبارهما متلازمين فالتنمية لن تحقق أهدافها دون الأخذ بسياسات بيئية سليمة.

المصطلحات الأساسية فى الباب السادس

- **البيئة** : كل ما يحيط بالإنسان من تأثيرات فيزيائية وكيميائية بالإضافة إلى التأثيرات الاجتماعية والتى لها تأثير واضح فى صحة الإنسان والنشاط الاجتماعى له. **ص 128**
- **التلوث** : كل تغير كمى أو كيفى فى مكونات البيئة الحية وغير الحية نتيجة لأنشطة الإنسان المختلفة ، ولا تستطيع الأنظمة البيئية استيعابه دون أن يختل توازنها. **ص 128**
- **الملوثات الأولية** : التى تؤدى إلى تلوث الهواء مباشرة من مصدر التلوث. **ص 129**
- **الملوثات الثانوية** : الملوثات الناتجة من تفاعل الملوثات الأولية مع بعضها بعضًا أو مع مواد أخرى. **ص 132**
- **ظاهرة الاحتباس الحرارى** : الارتفاع التدريجى فى درجة حرارة الطبقة السفلى القريبة من سطح الأرض من الغلاف الجوى المحيط بالأرض. **ص 135**
- **الكيمياء الخضراء** : فرع حديث من فروع علم الكيمياء يهدف إلى حماية البيئة من خلال تقليل الانبعاثات الناتجة عن عمليات التصنيع الكيميائى إلى أقل مدى ممكن. **ص 137**
- **المخلفات** : أى مواد زائدة وغير مرغوبة ، والتى يتم التخلص منها ، ويمكن أن تعنى القمامة أو المهملات. **ص 142**
- **إعادة الاستعمال** : يقصد به استخدام المنتج سواء لنفس الغرض أو لأغراض أخرى دون الحاجة الى عملية إعادة تصنيع. **ص 146**
- **إعادة التدوير** : معالجة وإعادة التصنيع للمخلفات التى تم التخلص منها وذلك بإعادتها إلى دورتها الحياتية بجعلها مادة صالحة للاستعمال لنفس الغرض أو فى أغراض أخرى. **ص 146**
- **التنمية المستدامة** : عملية تطوير المدن والمجتمعات وكذلك الأعمال التجارية بشرط أن تلبى احتياجات الحاضر بدون المساس بقدرة الأجيال القادمة على تلبية حاجاتها. **ص 148**

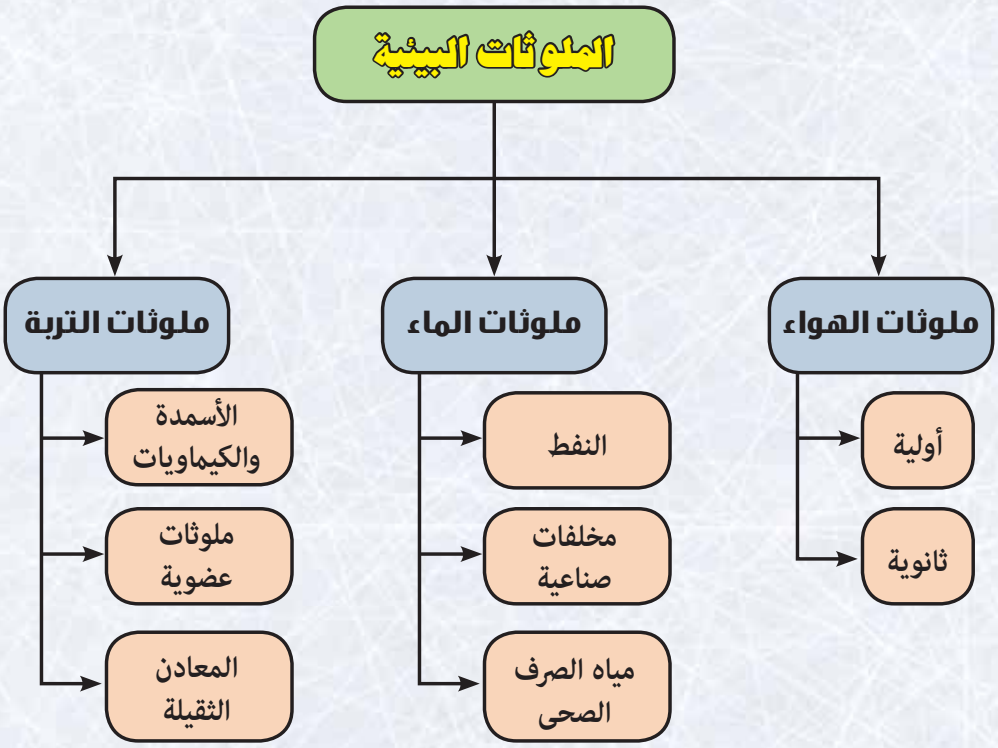
نشاط بحثى

بالاستعانة بمكتبة المدرسة وبعض مواقع شبكة المعلومات (الإنترنت) وبتوجيه معلمك ، قم بإعداد بحث عن حماية البيئة من التلوث فى حياتنا، متضمنًا النقاط التالية :

- مفهوم البيئة ومكوناتها.
- أنواع التلوث ومسبباته.
- طرق حماية البيئة من التلوث.
- مجالات حديثة مرتبطة بحماية البيئة من التلوث.

نصائح عامة

مخطط تنظيمي للباب السادس



المراجع

- نوال شلبى ، النانو تكنولوجى والتربية العلمية ، القاهرة : الشركة المصرية العربية للنشر والتوزيع (لونجمان) تحت الطبع.
- نهى علوى الحبشى ، ما هى تقنية النانو ، الرياض : مكتبة الملك فهد الوطنية ، 1430
- خالد عنانزة، النفايات الخطرة والبيئة ، الدار الأهلية للنشر والتوزيع ، 2002
- جانين أموس ، تلوث البيئة ، دار الشروق للنشر والتوزيع ، 2002
- جيرالدين مانيان ، الحياة وعلم البيئة (تطور العلاقات بين الأحياء وعلم البيئة والأوساط الكبيرة فى الحياة)، دار عويدات للنشر و الطباعة ، 2008
- محمد أحمد السيد خليل ، كيمياء المجال البيئى وتلوث الهواء ، الدار الثقافية للنشر والطباعة ، 2006
- مبادئ الكيمياء العامة أحمد مدحت إسلام وآخرين ، مكتبة الفلاح – الكويت 1977 م
- الكيمياء ميشيل – ج – سينكو ، برت بلان الجزء الثامن دار ماكنجرو هل للنشر – القاهرة 1981
- Physics , Serway and Faughan , Holt , Rinehart and Wiston , New York , 2004

مواقع الإنترنت :

- http://en.www.Wikipedia.org/wiki/
- http://www.chemguide.co.uk/index.html#top
- http://en.wikipedia.org/wiki/Acid
- http://wps.prenhall.com/wps/media/objects/439/449969/Media_Portfolio/ch14.html
- http://en.wikibooks.org/wiki/General_Chemistry
- http://www.buzzle.com/articles/chemistry/
- http://scifun.chem.wisc.edu/HomeExpts/HOMEEXPTS.HTML
- http://www.jesuitnola.org/upload/clark/labs.htm#The Molar Relationship of Mass and Gas Volume