

الأهداف العامة للباب الرابع :

في نهاية هذا الباب يصبح 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).
- يتعرف القانون الأول للديناميكا الحرارية.
- يستنتج أن درجة الحرارة مقياس لمتوسط الطاقات الحركية لجزيئات النظام.
- يوضح العلاقة بين طاقة النظام وحركة جزيئاته.
- يتعرف الإنثالبي (المحتوى الحراري) المولاري.
- يعلق العلاقة التي تربط الحرارة النوعية والتغير الحراري.
- يحسب الحرارة الممتصة أو المنطلقة من النظام.
- يحقق قانون هس للنجم الحراري.

الباب الرابع

فصول الباب الرابع :



١ المحتوى الحراري



٢ صور التغير في المحتوى الحراري

القضايا المتضمنة : مشكلة الطاقة

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

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

الكيمياء الحرارية Thermochemistry

المصطلحات الأساسية

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 Content	المحتوى الحراري
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

في القيد التعليم

في نهاية هذا الفصل يصبح الطالب قادراً 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 الإنتالبي (المحتوى الحرارى) المولارى.
- ❖ يطبق العلاقة التي تربط الحرارة النوعية والتغير الحرارى.

المفاهيم الأساسية فى الكيمياء الحرارية:

جميع التغيرات الكيميائية والفيزيائية تصاحبها تغيرات فى الطاقة، والطاقة مهمة جداً 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. 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 :

تعدد 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 باقى 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 في الطاقة ، حيث أن أغلب التفاعلات الكيميائية إما أن يطلق منها طاقة أو تمتص طاقة ، ويحدث تبادل للطاقة بين وسط التفاعل والوسط الذي يحيط به ، حيث يسمى وسط التفاعل بالنظام والوسط الذي يحيط به يُعرف بالوسط المحيط .

✓ النظام (System) : هو جزء من الكون الذي يحدث فيه التغير الكيميائي أو الفيزيائي أو هو الجزء المحدد من المادة الذي توجه إليه الدراسة .

✓ الوسط المحيط (Surrounding) : هو الجزء الذي يحيط بالنظام ويتبادل معه الطاقة في شكل حرارة أو شغل .

في حالة التفاعلات الكيميائية يعبر النظام عن المتفاعلات والنواتج وحدود النظام تكون الكأس أو الدورق أو أنبوب الاختبار الذي يحدث به التفاعل ، بينما الوسط المحيط يكون أي شيء يحيط بالتفاعل .

أنواع الأنظمة Types of systems :

✳ النظام المعزول (Isolated System) وهو الذي لا يسمح بانتقال أي من الطاقة أو المادة بين النظام والوسط المحيط .

✳ النظام المفتوح (Openend System) وهو النظام الذي يسمح بتبادل كل من المادة والطاقة بين النظام والوسط المحيط .

✳ النظام المغلق (Closed System) وهو الذي يسمح بتبادل الطاقة فقط بين النظام والوسط المحيط على صورة حرارة أو شغل .



▲ شكل (٢) أنواع الأنظمة



▲ شكل (١) العلاقة بين النظام والوسط المحيط

القانون الأول للديناميكا الحرارية First law of Thermodynamic :

أي تغير في طاقة النظام يكون مصحوبًا بتغير مماثل في طاقة الوسط المحيط ، ولكن بإشارة مخالفة حتى تظل الطاقة الكلية مقدارًا ثابتًا.

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

القانون الأول للديناميكا الحرارية (First law of Thermodynamic) : الطاقة الكلية لأي 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 في 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 ، يستدل منه على حالة الجسم من حيث السخونة أو البرودة.

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

وتعتبر الحرارة **Heat** شكلاً من أشكال الطاقة ... ويمكن أن ينظر إليها على أنها طاقة في حالة انتقال بين جسمين مختلفين في درجة حرارتهما.

وكلما اكتسب النظام طاقة حرارية ازداد متوسط سرعة حركة الجزيئات ، والتي تُعبر عن الطاقة الحركية **Kinetic energy** للجزيئات ؛ مما يؤدي لارتفاع درجة حرارة النظام ، والعكس صحيح .
أي أن العلاقة طردية بين طاقة النظام وحركة جزيئاته .

وحدات قياس كمية الحرارة :

السعر calorie :

يعرف بأنه كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة 1 g من الماء النقي 1°C ($15^{\circ}\text{C} : 16^{\circ}\text{C}$).

الجول Joule :

ويعرف بأنه كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة 1 g من الماء بمقدار 1°C $\frac{1}{4.18}$

$$1 \text{ cal} = 4.18 \text{ J}$$

ملاحظة:

تستخدم وحدة السعر الحراري Calorie عند حساب كمية الحرارة التي يتم الحصول عليها من الغذاء ، حيث يعتمد مستوى استهلاكك للسعرات الحرارية على مستوى نشاطك ، ففي يوم تقضيه في الأعمال المكتبية تستهلك 800 سعراً حرارياً (Calorie)، بينما يستهلك عداء الماراثون 1800 سعراً حرارياً لإنهاء السباق.

$$1 \text{ Kcal} = 1000 \text{ cal}$$



الحرارة النوعية Specific Heat :

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



الوحدة المستخدمة في قياس الحرارة النوعية هي $J/g^{\circ}C$ ، وتختلف الحرارة النوعية باختلاف نوع المادة، والمادة التي لها حرارة نوعية كبيرة تحتاج إلى كمية كبيرة من الحرارة حتى ترتفع درجة حرارتها ويستغرق في ذلك مدة طويلة كما تستغرق وقتًا طويلًا حتى تفقد هذه الطاقة مرة أخرى، بعكس المادة التي لها حرارة نوعية صغيرة.

المادة	الألمنيوم	الكربون	النحاس	الحديد	الماء (سائل)	الماء (غاز)
الحرارة النوعية $J/g^{\circ}C$	0.9	0.711	0.385	0.444	4.18	2.01

▲ جدول (١) الحرارة النوعية لبعض المواد

حساب كمية الحرارة :

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

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

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.

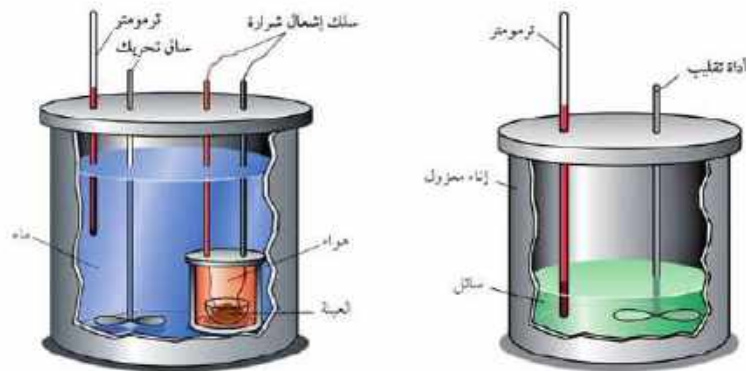
المسعر الحرارى :

يوفر المسعر نظامًا معزولًا يمكننا من قياس التغير في 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 التي يتم معها التبادل الحرارى، والتي تكون في الغالب الماء، وذلك بسبب ارتفاع حرارته النوعية مما يسمح له باكتساب وفقد كمية كبيرة من الطاقة، ويتم حساب التغير في درجة الحرارة عن طريق حساب الفرق بين درجة الحرارة النهائية والابتدائية ΔT .

ويوجد نوع آخر من المسعرات يسمى مسعر القنبلة (Bomb Calorimeter) يستخدم في قياس حرارة احتراق بعض المواد، حيث يجرى التفاعل باستخدام كميات معلومة من المادة المراد حرقها في وفرة من الأكسجين تحت ضغط جوى ثابت، والتي تكون موضوعة في 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 و ترمومتر وأداة للتقليب ويوضع بداخله سائلًا ما يكون ماء.



شكل (٣) المسعر الحرارى

المحتوى الحرارى

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

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 المصاحبة لعملية الذوبان.

الحل:

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

$$q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

$$q = 100 \times 4.18 \times (17 - 25) = -3344 \text{ J}$$

$$q = -3.344 \text{ kJ/mol}$$

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 ، وعن 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 المخزنة في الذرة :** وتتمثل في طاقة الإلكترونات في مستويات الطاقة ، والتي هي محصلة طاقة الحركة وطاقة الوضع للإلكترون في مستوى الطاقة.
- ✳ **الطاقة الكيميائية المخزنة في الجزيء :** تتواجد الطاقة الكيميائية في الجزيء في الروابط الكيميائية التي تربط بين ذراته سواء كانت روابط تساهمية أو روابط أيونية.
- ✳ **قوى الربط بين الجزيئات :** تعرف قوى الجذب بين جزيئات المادة بقوى جذب فاندرفال وهي 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 تخزن قدرًا من الطاقة ، تنتج من طاقة الإلكترونات في مستويات الطاقة في الذرة ، وطاقة الروابط الكيميائية ، وطاقة التجاذب بين الجزيئات المكونة لها ، ويطلق على مجموع تلك الطاقات الموجود في مول من المادة بالمحتوى الحرارى للمادة أو الإنثالبي المولارى .

المحتوى الحرارى للمادة (H) (الإنثالبي المولارى) : مجموع الطاقات المخزنة في مول واحد من المادة.

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

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

أى أن :

التغير في المحتوى الحرارى = المحتوى الحرارى للنواتج - المحتوى الحرارى للمتفاعلات

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

التغير في المحتوى الحرارى القياسى : ΔH°

اتفق العلماء على أن يتم مقارنة قيم ΔH للتعاملات المختلفة تحت ظروف قياسية واحدة وهي :

✳ ضغط يعادل الضغط الجوى 1 atm .

✳ درجة حرارة الغرفة 25°C .

✳ تركيز المحلول 1 M .

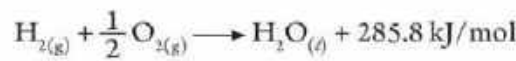
اعتبر العلماء أن المحتوى الحرارى للعنصر = صفر.

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

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 :

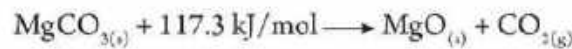


من المعادلة السابقة نتوصل إلى ما يلى :

- ✱ تنتقل الحرارة من النظام إلى الوسط المحيط ، مما يؤدي 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 يؤدي إلى انخفاض درجة حرارته. ومن أمثلة التفاعلات الماصة للحرارة تفاعل تفكك كربونات الماغنسيوم ($MgCO_3$) إلى أكسيد الماغنسيوم (MgO) وثنائى 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 :

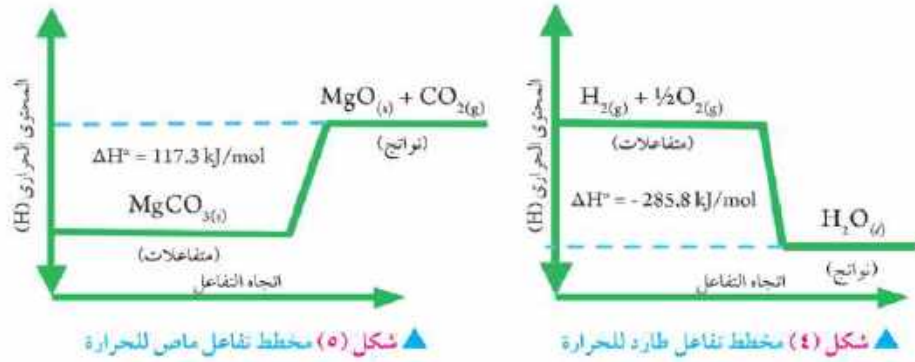


ومن المعادلة السابقة نتوصل إلى ما يلى :

- ✱ 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 ، وطبقاً 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.



المحتوى الحرارى



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

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

المحتوى الحرارى وطاقة الرابطة :

يحدث كسر للروابط الموجودة فى المواد المتفاعلة لتكوين روابط جديدة فى النواتج ، حيث تحتزن 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 (تزداد 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 تبعاً لنوع المركب أو حالته الفيزيائية ؛ لذلك اتفق العلماء على استخدام متوسط طاقة الرابطة بدلاً من طاقة الرابطة ، والجدول (٢) يوضح متوسط الطاقة لبعض الروابط :

الرابطة	متوسط طاقة الرابطة kJ/mol	الرابطة	متوسط طاقة الرابطة kJ/mol
C — C	346	H — H	432
C = C	610	C — O	358
C ≡ C	835	C = O	803
C — H	413	O — H	467
N — H	389	O = O	498

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

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

مثال:

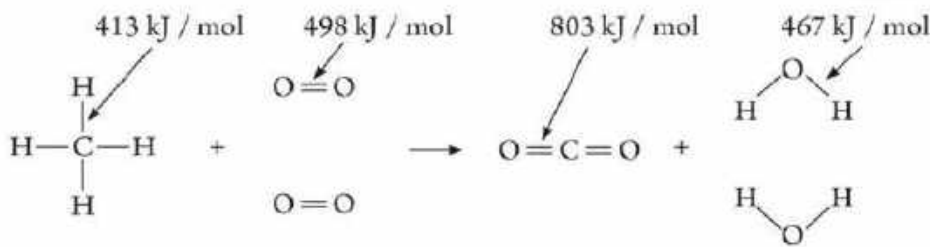
احسب حرارة التفاعل التالى ، وحدد ما إذا كان التفاعل طارداً أو ماصاً للحرارة .



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

(C = O) 803 , (O — H) 467 , (C — H) 413 , (O = O) 498

الحل:



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

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

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

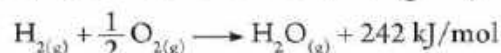
$$3474 \text{ kJ} = [2 \times 803] + [2 \times 2 \times 467] =$$

$$(\Delta H) = (+2648) + (-3474) = -826 \text{ kJ/mol}$$

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

**المعادلة الكيميائية الحرارية Thermochemical Equation :**

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



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

يشترط فى المعادلة الكيميائية الحرارية ما يلى :

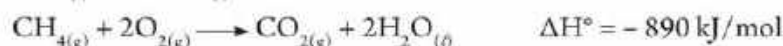
- ✳ يجب أن تكون موازنة ، والمعاملات فى المعادلة الكيميائية الحرارية الموازنة تمثل عدد مولات المتفاعلات والنواتج ، ولا تمثل عدد الجزيئات ؛ لذلك يمكن عند الحاجة كتابة هذه المعاملات ككسور وليس بالضرورة أعداداً صحيحة ، كما بالمثال التالى :



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



- ✳ 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 :



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



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



الفصل الثاني: صور التغير في المحتوى الحرارى

Forms of Changes in Heat Content

يعتبر حساب التغير في المحتوى الحرارى من الأمور المهمة ،
فالتعرف على التغير في 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 تبعاً لنوع التغير الحادث فيزيائياً أم كيميائياً.



▲ شكل (٦) تحول الطاقة الكيميائية المخزنة فى الوقود إلى طاقة حرارية

التغيرات الحرارية المصاحبة للتغيرات الفيزيائية

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

نماذج التعليم

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.



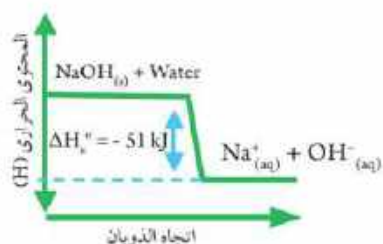
حرارة الذوبان القياسية : Standard heat of Solution

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

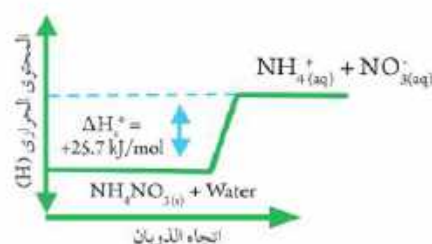
عند إذابة نترات الأمونيوم (NH_4NO_3) في الماء ، تنخفض درجة حرارة المحلول ، ويسمى الذوبان في هذه الحالة بذوبان ماص للحرارة يعبر عنه بالمعادلة التالية :



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



▲ شكل (٨) ذوبان هيدروكسيد الصوديوم طارد للحرارة



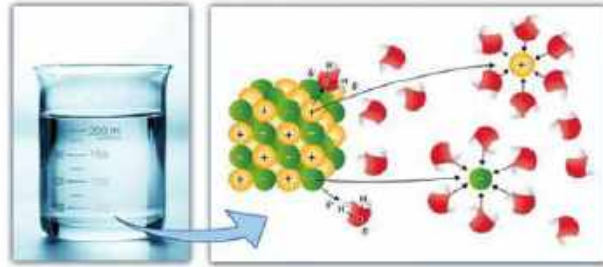
▲ شكل (٧) ذوبان نترات الأمونيوم ماص للحرارة

ويمكن تفسير حرارة الذوبان في الخطوات التالية :

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

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

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



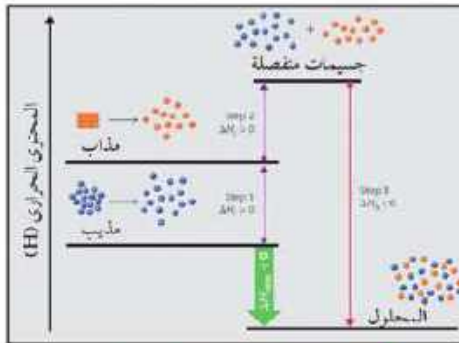
▲ شكل (٩) عملية الإذابة

وتتوقف قيمة حرارة الذوبان ΔH_f على محصلة هذه العمليات :

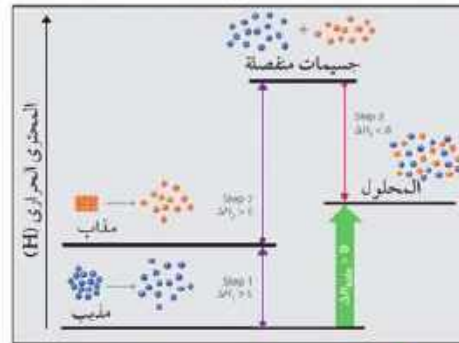
❖ إذا كانت $\Delta H_1 + \Delta H_2 > \Delta H_3$ يكون الذوبان ماص للحرارة.

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

والمخطط التالي يوضح ذوبان ماص للحرارة وآخر طارد للحرارة.



▲ شكل (١١) مخطط ذوبان طارد للحرارة



▲ شكل (١٠) مخطط ذوبان ماص للحرارة

ملاحظة هامة

يتم استخدام أكياس جاهزة تعمل كمعدات باردة ، حيث تحتوي هذه الأكياس على طبقتين يفصل بينهما غشاء رقيق يكون في إحدهما تترات 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 تحتوي هذه الأكياس على كلوريد الكالسيوم والماء ، وفي هذه الحالة يكون الذوبان طاردًا للحرارة.



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

❖ في المحاليل المخففة يمكن التعبير عن كتلة المحلول (m) بدلالة الحجم ؛ لأن كثافة الماء في الظروف العادية تساوي الواحد الصحيح.



- ❖ يمكن اعتبار الحرارة النوعية للمحلول مساوية أيضًا للحرارة النوعية للماء $4.18 \text{ J / g}^\circ\text{C}$
- ❖ 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 والذين يوضحان اختلاف حرارة الذوبان باختلاف كمية المذيب ، ثم حاول التوصل إلى تأثير التخفيف على التغير فى المحتوى الحرارى



فى المحلول المركز تقارب 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 $\Delta H_{\text{dil}}^\circ$: 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 :

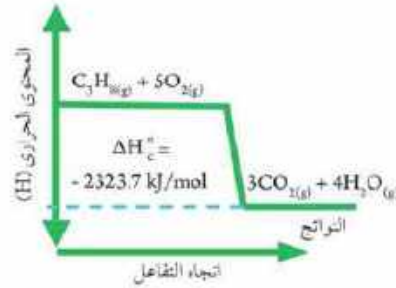
حرارة الاحتراق القياسية Standard heat of combustion :

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

وتعرف حرارة الاحتراق القياسية كما يلى :

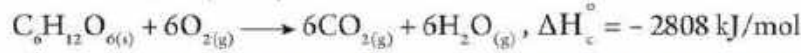
حرارة الاحتراق القياسية ΔH_c° : كمية الحرارة المنطلقة عند احتراق مول واحد من المادة احتراقًا تامًا فى وفرة من الأكسجين تحت الظروف القياسية.

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 : $\text{C}_3\text{H}_{8(g)} + 5\text{O}_{2(g)} \longrightarrow 3\text{CO}_{2(g)} + 4\text{H}_2\text{O}_{(g)} + 2323.7 \text{ kJ/mol}$



▲ شكل (١٢) مخطط احتراق غاز 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 الحي بالطاقة اللازمة للقيام بالمهام الحيوية، كما بالمعادلة التالية :



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 ثباتًا.

استخدام حرارة التكوين القياسية (H_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 :

$$(\Delta H) = \text{المحتوى الحرارى للنواتج} - \text{المحتوى الحرارى للمتفاعلات}$$

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

$$(\Delta H) = \text{المجموع الجبرى لحرارة تكوين النواتج} - \text{المجموع الجبرى لحرارة تكوين المتفاعلات}.$$



مثال:

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



الحل:

$(\Delta H_f) =$ المجموع الجبرى لحرارة تكوين النواتج - المجموع الجبرى لحرارة تكوين المتفاعلات

$$(\text{CH}_4 + 2\text{O}_2) - (\text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}) =$$

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

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 الصدا .
- ✳ 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.

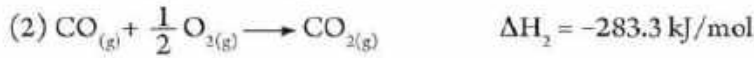
والصيغة الرياضية لقانون هس يمكن التعبير عنها كما يلى : $\Delta H = \Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_3 + \dots$

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 المثالين التاليين :



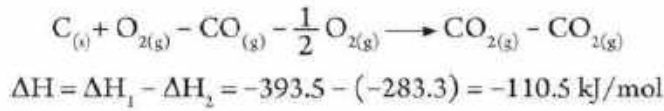
مثال (١):

في ضوء فهمك لقانون هس، احسب حرارة تكوين أول أكسيد الكربون CO من المعادلتين التاليتين:



الحل:

ب طرح المعادلتين جبرياً:

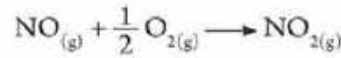


ونقل CO_(g) من الطرف الأيسر للمعادلة إلى الطرف الأيمن:

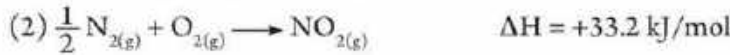
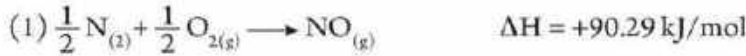


مثال (٢):

احسب حرارة احتراق غاز أكسيد النيتريك NO تبعاً للمعادلة الآتية:

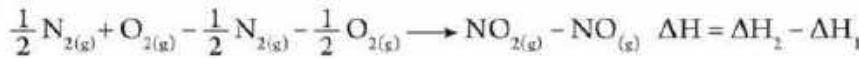


بمعلومية المعادلتين الحراريتين التاليتين:



الحل:

ب طرح المعادلة (1) من (2):



ونقل NO_(g) للطرف الأيسر بإشارة مخالفة:



المصطلحات الأساسية في الباب الرابع

- ❖ **الكيمياء الحرارية** : فرع من فروع الديناميكا الحرارية ، يتم فيه دراسة التغيرات الحرارية المصاحبة للتفاعلات الكيميائية والتغيرات الفيزيائية.
- ❖ **القانون الأول للديناميكا الحرارية** : الطاقة الكلية لأي نظام معزول تظل ثابتة ، حتى لو تغير النظام من صورة إلى أخرى.
- ❖ **المحتوى الحراري للمادة** : مجموع الطاقات المختزنة في مول واحد من المادة.
- ❖ **حرارة الذوبان القياسية** : كمية الحرارة المنطلقة أو الممتصة عند إذابة مول واحد من المذاب في قدر معين من المذيب للحصول على محلول مشبع تحت الظروف القياسية.
- ❖ **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 في حالته القياسية.
- ❖ **حرارة الاحتراق القياسية** : كمية الحرارة المنطلقة عند احتراق مول واحد من المادة احتراقاً تاماً في وفرة من الأكسجين تحت الظروف القياسية.
- ❖ **حرارة التكوين القياسية** : كمية الحرارة المنطلقة أو الممتصة عند تكوين مول واحد من المادة من عناصرها الأولية بشرط أن تكون هذه المواد في حالتها القياسية.
- ❖ **قانون هس** : حرارة التفاعل مقدار ثابت في الظروف القياسية سواء تم التفاعل على خطوة واحدة أو عدة خطوات.

مخطط تفصيلي للباب الرابع





أنشطة وأسئلة الباب الرابع

الفصل الأول : المحتوى الحراري

نشاط معمل : انتفاعلات الطاردة للحرارة

خطوات إجراء النشاط :

- ✿ عين كتلة 20 g من أكسيد الكالسيوم وضعه في إناء معدني.
- ✿ ضع قطعة من ورق الألومنيوم على سطح أكسيد الكالسيوم بحيث يكون ملاصق له.
- ✿ اضع كمية من الماء على أكسيد الكالسيوم.
- ✿ ضع قطعة الزبد فوق ورق الألومنيوم.
- ✿ لاحظ ما يحدث لقطعة الزبد ؟

الملاحظة :

تحليل البيانات :

- ✿ هل يعتبر هذا التفاعل طارد أم ماص للحرارة ولماذا؟

الاستنتاج :



السلامة



الهدف من النشاط

- ✗ التعرف على التفاعلات الطاردة للحرارة.

المهارات المتوقعة (كفايات)

- ✗ فهم الفروض - التنبؤ - الملاحظة - الاستنتاج - تسجيل البيانات - تحليل البيانات.

المواد والأدوات المستخدمة

- ✗ أكسيد كالسيوم - ميزان - إناء معدني - ورق الألومنيوم - قطعة زبد.





نشاط معمل : التفاعلات الماصة للحرارة



خطوات إجراء النشاط :

- عين كتلة 53g من بيكربونات صوديوم وضعه في دورق مخروطي.
- ضع الدورق على قطعة خشب رقيقة مبللة بالماء ولاحظ ما يحدث.

الملاحظة :

- كرر الخطوات السابقة مع استخدام كلوريد الأمونيوم بدلاً من بيكربونات الصوديوم.

تحليل البيانات :

- هل يعتبر هذا التفاعل طارد أم ماص للحرارة ولماذا؟

الاستنتاج :

الأمان والسلامة



الهدف من النشاط

- التعرف على التفاعلات الماصة للحرارة.

المواد (المركبات) المستخدمة

- فرش الفروشي - التتيل - الملاحظة - الاستنتاج - تسجيل البيانات - تحليل البيانات.

المواد والأدوات المستخدمة

- دورق مخروطي - كربونات صوديوم - كلوريد أمونيوم - قطعة خشب رقيقة.





أسئلة تقويمية

أولاً : اختر الإجابة الصحيحة :

١) وحدة قياس الحرارة النوعية هي

أ. Joule ب. J/mol

ج. J/°K د. J/g°C

٢) أى المواد التالية له حرارة نوعية أكبر

أ. 1 g ماء ب. 1 g حديد

ج. 1 g ألومنيوم د. 1 g زئبق

٣) فى التفاعلات الطاردة للحرارة

أ. تنتقل الحرارة للنظام من الوسط المحيط.

ب. تنتقل الحرارة من النظام للوسط المحيط.

ج. لا تنتقل الحرارة من أو إلى النظام.

د. تنتقل الحرارة من وإلى النظام فى نفس الوقت.

٤) فى النظام المعزول

أ. يحدث تبادل كل من الحرارة والمادة مع الوسط المحيط.

ب. يحدث تبادل للحرارة مع الوسط المحيط.

ج. يحدث تبادل للمادة مع الوسط المحيط.

د. لا يحدث تبادل للحرارة أو المادة مع الوسط المحيط.

٥) المقصود بالظروف القياسية للتفاعل

أ. تحت ضغط 1 atm ودرجة حرارة 0°C

ب. تحت ضغط 1 atm ودرجة حرارة 25°C

ج. تحت ضغط 1 atm ودرجة حرارة 100°C

د. تحت ضغط 1 atm ودرجة حرارة 273°C





ثانيًا : أسئلة متنوعة :

١ إذا علمت أن الحرارة النوعية للبلاتين = $0.133 \text{ J/g}^\circ\text{C}$ ، والتيتانيوم = $0.528 \text{ J/g}^\circ\text{C}$ ، والزنك = $0.388 \text{ J/g}^\circ\text{C}$ ، فإذا كان لدينا عينة كتلتها 70 g من كل معدن عند درجة حرارة الغرفة ، أى المعادن ترتفع حرارته أولاً عند تسخينهم تحت نفس الظروف ، مع ذكر السبب؟

٢ وضح كيف أن عملية كسر وتكوين الرابطة المصاحبة للتفاعل الكيميائي تحدد نوع التفاعل إذا ما كان ماصاً للحرارة أو طارداً للحرارة.

٣ ما معنى أن ؟

أ. متوسط طاقة الرابطة في $\text{C} - \text{C}$ هي 346 kJ/mol

ب. الحرارة النوعية للماء = $4.18 \text{ J/g}^\circ\text{C}$

ثالثًا : فكر واستنتج:

١ يتسبب الماء في اعتدال المناخ في المناطق الساحلية شتاءً وصيفاً؟ فسر إجابتك.

٢ في الترمومتر الطبي، هل النظام مفتوح أم مغلق؟

٣ متى تتساوى قيمة التغير في المحتوى الحراري للتفاعل والإحتراق.

٤ يقوم المزارعون في البلدان ذات الجو شديد البرودة برش أشجار الفاكهة بقليل من الماء.





الفصل الثاني : صور التغير في المحتوى الحراري

نشاط معمل : حرارة الذوبان



خطوات إجراء النشاط :

- ✱ عين كتلة كوب الفوم بالغطاء، ثم ضع فيها 50 mL من الماء المقطر، ثم ضع الغطاء، وعين كتلة الكوب مرة أخرى.
 - ✱ ضع كوب الفوم الأول بداخل كوب ثاني أكبر مع وضع بعض القطن بينهما كعازل ، وسجل درجة حرارة الماء باستخدام الترمومتر الكحولي.
 - ✱ عين كتلة 4 g من كلوريد الكالسيوم ، ثم أضفها إلى الماء مع التحريك ، ثم عين درجة حرارة المحلول بعد التأكد من ذوبان المادة بالكامل.
 - ✱ لاحظ التغير في درجة حرارة الماء بعد ذوبان كلوريد الكالسيوم.
- الملاحظة :

تسجيل البيانات :

✱ سجّل البيانات بالمجدول التالي ، ثم فسرهما.

القيمة	الإجراء
.....	كتلة الكوب فارغاً
.....	كتلة الكوب والماء
.....	كتلة الماء
.....	درجة حرارة الماء
.....	كتلة كلوريد الكالسيوم
.....	درجة حرارة المحلول
.....	التغير في درجة الحرارة

الأمان والسلامة



المخاطر من النشاط

- ✗ تحييد التغيرات الحرارية المسببة لعملية الذوبان.

المهارات المبرج اختيارها

- ✗ ارتداء القفازات - التنظير - الملاحظة - الاستنتاج - تسجيل البيانات - تحليل البيانات.

المواد والأدوات المستخدمة

- ✗ كوب من الفوم بغطاء - كوب من الفوم بدون غطاء - ترمومتر كحولي - ميزان - ماء مقطر - كلوريد الكالسيوم.





تحليل البيانات :

✳ ما سبب التغير في درجة حرارة الماء بعد ذوبان كلوريد الكالسيوم ؟

✳ احسب الحرارة المنطلقة أو الممتصة عند ذوبان كلوريد الكالسيوم .

✳ احسب عدد مولات كلوريد الكالسيوم ثم احسب التغير في المحتوى الحرارى .

✳ هل يختلف التغير في درجة حرارة الماء إذا تم إذابة 6 g من كلوريد الكالسيوم ؟

الاستنتاج :

✳ احسب التغير في المحتوى الحرارى المصاحب لذوبان 4 g من كلوريد الكالسيوم في الماء.

أسئلة تقويمية

أولاً : اكتب المصطلح العلمي :

- ١ كمية الحرارة المنطلقة أو الممتصة عند إذابة مول واحد من المذاب في قدر معين من المذيب للحصول على محلول مشبع.
- ٢ ارتباط الأيونات المفككة بالماء.
- ٣ كمية الحرارة المنطلقة أو الممتصة عند تكوين مول واحد من المادة من عناصرها الأولية بشرط أن تكون هذه المواد في حالتها القياسية.
- ٤ كمية الحرارة المنطلقة عند احتراق مول واحد من المادة إحترافاً تاماً في وفرة من الأكسجين.

ثانياً : اكتب التفسير العلمي لكل مما يأتي :

- ١ عند كتابة المعادلة الكيميائية الحرارية يجب ذكر الحالة الفيزيائية للمواد الداخلة في التفاعل والمواد الناتجة منه.
- ٢ استخدام قانون هس في حساب حرارة تكوين أول أكسيد الكربون.
- ٣ يصاحب عملية الذوبان تغير حرارى.
- ٤ لحرارة التكوين علاقة كبيرة بثبات المركبات.





ثالثاً : مسائل متنوعة:

١ احسب التغير القياسي في المحتوى الحرارى للتفاعل التالى:



إذا علمت أن حرارات التكوين كما يلي:

$$\text{H}_2\text{S} = -21 \text{ kJ/mol}, \text{HF} = -273 \text{ kJ/mol}, \text{SF}_6 = -1220 \text{ kJ/mol}$$

٢ عند إذابة مول من نترات الأمونيوم فى كمية من الماء وأكمل الحجم إلى 1000 mL انخفضت درجة الحرارة بمقدار 6°C. احسب كمية الحرارة الممتصة (افترض أن كثافة المحلول = 1 g/mL والحرارة النوعية للمحلول = 4.18 J/g.°C)

٣ إذا علمت أن التغير القياسي فى المحتوى الحرارى لاحتراق سائل الأوكتان (C₈H₁₈) -1367 kJ/mol، اكتب المعادلة الكيميائية المعبرة عن احتراق مول واحد من هذا السائل احتراقاً تاماً فى وفرة من الأكسجين.

أسئلة مراجعة الباب الرابع

أولاً: اكتب المصطلح العلمى:

١ كمية الحرارة المنطلقة أو الممتصة عند تكوين مول واحد من المادة من عناصرها الأولية فى حالتها القياسية.

٢ كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة جرام واحد من المادة درجة واحدة مئوية.

٣ معادلة كيميائية تتضمن تغير الحرارة المصاحب للتفاعل.

٤ كمية الحرارة المنطلقة أو الممتصة عند إذابة مول واحد من المذاب فى قدر معين من المذيب للحصول على محلول مشبع.

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

ثانياً: أعد كتابة العبارات التالية بعد تصويب ما تحته خط:

١ تعتبر الحرارة مقياس لمتوسط الطاقة الحركية للجزيئات التى تكون المادة أو النظام.

٢ يعرف الجول بأنه كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة جرام واحد من الماء درجة مئوية واحدة (من 15°C إلى 16°C).

٣ وحدة قياس الحرارة النوعية هى J.

٤ تنشأ الطاقة الكيميائية فى الجزيء من طاقة المستوى والذى هو محصلة طاقة حركة الإلكترون بالإضافة إلى طاقة وضعه.

٥ التغير فى المحتوى الحرارى هو مجموع الطاقات المخزنة فى مول واحد من المادة.





الباب الرابع الكيمياء الحرارية

- ٦ يكون النظام مفتوحاً عندما لا يحدث انتقال أى من الطاقة والمادة بين النظام والوسط المحيط.
 - ٧ يستخدم الترمومتر كنظام معزول لقياس الحرارة الممتصة أو المنطلقة فى التفاعل الكيميائي.
 - ٨ المحتوى الحرارى للمادة عبارة عن مجموع الطاقات المختزنة فى 1 kg من المادة.
- ثالثاً : بم تفسر :

- ١ يعتبر ذوبان يوديد البوتاسيوم فى الماء ماص للحرارة .
- ٢ يعتبر قانون هس أحد صور القانون الأول للديناميكا الحرارية.
- ٣ عند حدوث عملية التخفيف تزداد كمية المذيب ويتج عن ذلك زيادة فى قيمة (ΔH) .
- ٤ احتراق الجلوكوز $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ داخل جسم الكائنات الحية يعتبر من تفاعلات الاحتراق الهامة .
- ٥ يلجأ العلماء فى كثير من الأحيان إلى استخدام طرق غير مباشرة لحساب حرارة التفاعل

رابعاً : مسائل متنوعة :

- ١ امتصت عينة من مادة مجهولة كتلتها 155 g كمية من الحرارة مقدارها 5700 J فارتفعت من درجة حرارة 25°C إلى 40°C ، احسب الحرارة النوعية لها.
 - ٢ احسب كمية الحرارة المنطلقة عند تبريد 350 g من الزئبق من 77°C إلى 12°C إذا علمت أن الحرارة النوعية للزئبق $(0.14 \text{ J/g}^\circ\text{C})$
 - ٣ يعتبر غاز الميثان CH_4 المكون الرئيسى للغاز الطبيعى، فإذا علمت أن $\Delta H_c^\circ = -965.1 \text{ kJ/mol}$ و $\Delta H_f^\circ = -74.6 \text{ kJ/mol}$ احسب كلاً من كمية الحرارة المنطلقة عند تكوين 50 g من غاز الميثان، وكذلك عند احتراق 50 g منه.
 - ٤ احسب التغير فى المحتوى الحرارى عن إذابة (80 g) من نترات الأمونيوم فى كمية من الماء لتكوين لتر من المحلول علماً بأن درجة الحرارة الابتدائية 20°C أصبحت 14°C ثم أجب عن الأسئلة التالية:
- أ. هل الذوبان طارد أم ماص؟ مع ذكر السبب؟
- ب. هل يمكن اعتبار هذا التغير الحرارى معبراً عن حرارة الذوبان المولارية أم لا، علماً بأن $[N=14, O=16, H=1]$
- ٥ إذا علمت أن حرارة احتراق الإيثانول $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ هى (1367 kJ/mol) فاكتب المعادلة الحرارية المعبرة عن ذلك علماً بأن نواتج الاحتراق هى غاز ثانى أكسيد الكربون وبخار الماء، ثم احسب الحرارة الناتجة عن حرق (100 g) من الكحول علماً بأن $[C=12, O=16, H=1]$



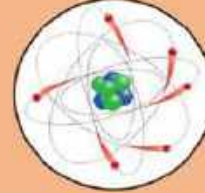
الأهداف العامة للباب الخامس :

في نهاية هذا الباب يصبح الطالب قادرًا على أن :

- يتعرف مكونات الذرة.
- يبين القوى النووية الموجودة في النواة.
- يربط بين نسبة عدد النيوترونات إلى البروتونات والثبات النووي.
- يتعرف المقصود بالنظائر وتذكر أمثلة.
- يتعرف طاقة الترابط النووي.
- يتعرف مفهوم الكوارك وأنواع الكوارك.
- يذكر التسلسل التاريخي لظاهرة النشاط الإشعاعي.
- يميز بين جسيمات ألفا وبيتا وأشعة جاما.
- يقارن بين التفاعلات النووية والكيميائية.
- يقارن بين الانشطار والاندماج النووي.
- يشرح الأساس العلمي للمفاعلات النووية.
- يتعرف الآثار الضارة للإشعاع.
- يتعرف الاستخدامات السلمية للإشعاع.

الباب الخامس

فصول الباب الخامس :



① نواة الذرة والجسيمات الأولية



② النشاط الإشعاعي والتفاعلات النووية

القضايا المتضمنة : التلوث الإشعاعي

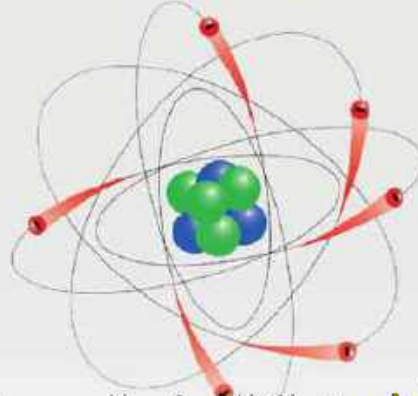
للذرة تركيب معين، فهي تتكون من نواة موجبة الشحنة والإلكترونات سالبة حولها ،
كذلك للنواة تركيب معين ، فهي تتكون من نيوترونات متعادلة وبروتونات
موجبة الشحنة. وتتماسك مكونات النواة معاً بفعل القوى النووية.
ويمكن أن يختلف عدد النيوترونات في نوى ذرات العنصر
الواحد ، وبالتالي يكون للعنصر الواحد ما يسمى بالنظائر
ويوجد في الطبيعة نوعان من نظائر العناصر أحدهما
نظائر مستقرة والأخرى نظائر مشعة تتميز بنشاطها
الإشعاعي الطبيعي ، وقد استطاع العلماء تحضير
نظائر مشعة صناعية عن طريق التفاعلات
النووية التي لها أنواع مختلفة ، أبرزها
تفاعلات الانشطار النووي والاندماج
النووي. وتعالج هذه الوحدة هذه
المواضيع ضمن درسين ، يتناول
الدرس الأول تركيب نواة الذرة
أما الدرس الثاني فيتناول النشاط
الإشعاعي والتفاعلات النووية.

الكيمياء النووية

Nuclear Chemistry

المصطلحات الأساسية :

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



الفصل الأول: نواة الذرة والجسيمات الأولية

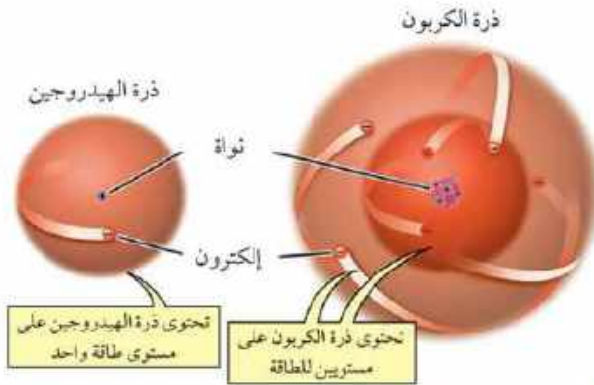
Atomic Nucleus and Elementary Particles

نواتج التعلم

في نهاية هذا الفصل يصبح الطالب قادرًا على أن:

- تت يعرف مكونات الذرة والكميات النووية التي تصنف النواة.
- تت يعرف المقصود بالنظائر.
- تت يعرف خصائص القوى النووية.
- تت يستنتج مصدر طاقة الترابط النووي ويحسبها.
- تت يربط بين الشات النووي والنسبة بين عدد النيوترونات والبروتونات في النواة.
- تت يعرف الجسيمات الأساسية والأولية في الذرة.
- تت يعرف نموذج الكوارك ويستخدمه.

مكونات الذرة Atom Components



▲ شكل (١) تكون الذرة من نواة تدور حولها الإلكترونات في مستويات للطاقة

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



نواة الذرة والجسيمات الأولية

وضع العالم رذرفورد ١٨٧١ - ١٩٣٧ م نموذج لوصف الذرة ، الذى توصل إليه بعد تجارب عديدة ، حيث وُصِفَ الذرة بأنها تتكون من نواة ثقيلة نسبياً ، تتركز فيها كتلة الذرة وتحمل الشحنة الموجبة للذرة ، ويدور حولها على بعد كبير نسبياً الإلكترونات سالبة الشحنة ووفقاً لما يسمى نموذج بور 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 يتراوح ما بين $(10^{-6}; 10^{-8} \text{ nm})$ بينما يبلغ قطر الذرة حوالى (0.1 nm) . وفى عام ١٩١٩ م أثبت رذرفورد أن نواة الذرة تحتوى على جسيمات تحمل الشحنة الموجبة تسمى "بروتونات" والبروتون كتلته أكبر من كتلة الإلكترون بحوالى 1800 مرة وفى عام ١٩٣٢ م أيضاً اكتشف العالم شادويك أن النواة تحتوى على جسيمات متعادلة الشحنة تسمى "نيوترونات" وكتلة النيوترون تساوى تقريباً 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	العلاقة
عدد الكتلة	A	عدد البروتونات + عدد النيوترونات فى النواة
العدد الذرى	Z	عدد البروتونات فى النواة = عدد الإلكترونات
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.

رمز النواة Nucleus Symbol :

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

A (عدد الكتلة = عدد البروتونات + عدد النيوترونات)

X

Z (العدد الذرى = عدد البروتونات)

وفى بعض الأحيان يكتب الرمز كالاتى : A_ZX_N

**مثال:**

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

الحل:

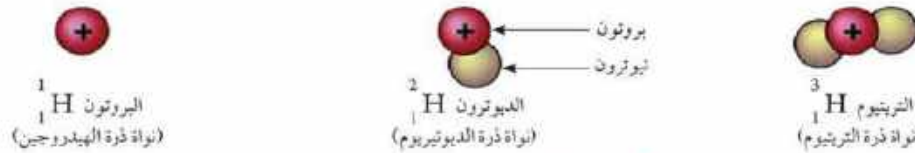
رمز عنصر الألومنيوم Al ويكون رمز نواة ذرة الألومنيوم هو $^{27}_{13}\text{Al}$

النظائر Isotopes :

النظائر : هي ذرات للعنصر نفسه تتفق في عددها الذرى (Z) وتختلف في عددها الكتلى (A) لأن أنوية الذرات تحتوى على نفس العدد من البروتونات وتختلف في عدد النيوترونات في النواة.

وهذا يعنى أن ذرات النظائر تتفق في عدد الإلكترونات وترتيبها حول النواة ، وبذلك فهي تشابه في تفاعلاتها الكيميائية.

والأمثلة على النظائر كثيرة ، فمعظم عناصر الجدول الدورى لها نظائر، وحتى أبسط العناصر الموجودة فى الطبيعة وهو الهيدروجين له ثلاثة نظائر ^1_1H ، ^2_1H ، ^3_1H . وذرة النظير ^1_1H تتكون من بروتون يدور حوله إلكترون واحد، ويطلق على نواة ذرة النظير ^1_1H اسم الديوترون وهى عبارة عن بروتون ونيوترون بينما نواة التريتيوم عبارة عن بروتون و 2 نيوترون.

**شكل (٢) أنوية ذرات نظائر الهيدروجين**

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

ويمكن تعيين الكتلة الذرية للعناصر بمعلومية الكتلة الذرية النسبية لنظائرها ونسبة وجود كل منها.

مثال:

احسب الكتلة الذرية لعنصر النحاس ، علمًا بأنه يتواجد فى الطبيعة على هيئة نظيرين هما

^{63}Cu (نسبة وجوده 69.09%) و ^{65}Cu (نسبة وجوده 30.91%).

$$[^{63}\text{Cu} = 62.9298 \text{ amu} , ^{65}\text{Cu} = 64.9278 \text{ amu}]$$



الحل:

$$\begin{aligned} \text{مساهمة } ^{63}\text{Cu} \text{ في الكتلة الذرية} &= \frac{69.09}{100} \times 62.9298 = 43.4782 \text{ amu} \\ \text{مساهمة } ^{65}\text{Cu} \text{ في الكتلة الذرية} &= \frac{30.91}{100} \times 64.9278 = 20.069 \text{ amu} \\ \text{الكتلة الذرية للنحاس} &= 20.069 + 43.4782 = 63.55 \text{ amu} \end{aligned}$$

معلومات إضافية:

تستخدم في الكيمياء النووية بعض المصطلحات النووية الأخرى بالإضافة للنظائر هي:

- ✳ الأيزوبارات: وهي أنوية ذرات عناصر مختلفة لها نفس عدد الكتلة (A)، ولكنها تختلف في العدد الذري (Z) مثال ذلك: $^{17}_8\text{O}$ ، $^{17}_9\text{F}$
- ✳ الأيزوتونات: وهي أنوية ذرات عناصر مختلفة لها نفس عدد النيوترونات، ولكنها تختلف في عدد الكتلة مثل: $^{16}_8\text{O}$ ، $^{17}_9\text{F}$



وحدات الكتلة والطاقة Mass and Energy Units

من المعروف أن وحدة قياس الكتلة في النظام الدولي للوحدات هي الكيلوجرام، ولكن لكون كتل ذرات نظائر العناصر صغيرة جداً، فإنها تقدر بوحدة الكتل الذرية (amu) والتي تختصر إلى (u) وهي تعادل $1.66 \times 10^{-27} \text{ kg}$

في التفاعلات النووية تتحول المادة إلى طاقة ويمكن حساب الطاقة الناتجة عن تحول كتلة ما مقدرة بوحدة kg من المادة إلى طاقة بتطبيق معادلة آينشتاين:

$$E = m c^2$$

حيث: m الكتلة مقدرة بوحدة كيلوجرام

$$c \text{ سرعة الضوء في الفراغ وتساوي } (3 \times 10^8 \text{ m/s})$$

E الطاقة الناتجة عن تحول كتلة ما مقدرة بوحدة u من المادة إلى طاقة من العلاقة:

$$E = m \times 931$$

حيث: m الكتلة مقدرة بوحدة الكتل الذرية

E الطاقة الناتجة مقدرة بوحدة مليون إلكترون فولت MeV

معلومات

يستخدم في قياس الطاقة وحدة أخرى بالإضافة إلى الجول تسمى «إلكترون فولت» ويرمز لها بالرمز (eV) حيث :

$$1 \text{ eV} = 1.604 \times 10^{-19} \text{ J}$$

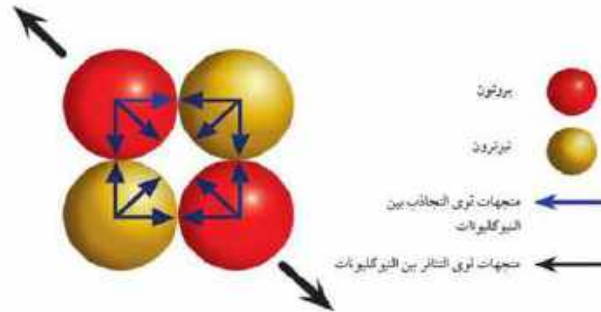
هناك وحدة أكبر تسمى «مليون إلكترون فولت» ويرمز لها (MeV) حيث :

$$1 \text{ MeV} = 1.604 \times 10^{-13} \text{ J}$$



القوى النووية Nuclear Forces

ذكرنا في بداية هذه الوحدة أن النواة تتكون من بروتونات موجبة الشحنة ونيوترونات لا تحمل شحنة. ولكن ما الذى يجعل نواة الذرة متماسكة؟ أى ما الذى يؤدي إلى تماسك النيوكليونات داخل النواة؟ من المعلوم أن البروتونات فى النواة تتنافر مع بعضها بفعل القوى الكهربائية، ومن هنا فإنه من المستحيل أن تكون النواة ثابتة إذا كانت القوة الوحيدة بين البروتونات هى قوى التنافر الكهروستاتيكي، ولا شك أنه توجد قوة جاذبية بين النيوكليونات داخل النواة، مثل قوة الجاذبية بين أى جسمين ماديين. ولكن مقدار قوى الجاذبية هذه صغيرة جدًا لا تعادل مع قوى التنافر الكهربائية بين النيوكليونات.



▲ شكل (٣) إذا كانت قوى الجاذبية بين النيوكليونات صغيرة جدًا: فلا بد 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 القوية» لأن تأثيرها يكون كبير جدًا على النيوكليونات داخل الحيز الصغير لنواة الذرة ولهذه القوة الخصائص التالية :

- ❖ قوة قصيرة المدى.
- ❖ لا تعتمد على ماهية النيوكليونات، فهى واحدة فى الأزواج التالية : (بروتون - بروتون ، بروتون - نيوترون ، نيوترون - نيوترون).
- ❖ هى قوة هائلة.

**طاقة الترابط النووي Nuclear Binding Energy**

لقد ثبت علمياً أن كتلة النواة وهى متماسكة تكون أقل من مجموع كتل النيوكليونات المكونة لها .

النقص فى الكتلة = الكتلة النظرية – الكتلة الفعلية

حيث هذا النقص فى الكتلة هو خاصية مميزة لكل نواة يتحول إلى طاقة تستخدم لربط مكونات النواة لتستقر داخل الحيز النووى المتناهى فى الصغر وتسمى "طاقة الترابط النووى"

وباستخدام قانون أينشتين لتحويل الكتلة إلى طاقة ، فإن :

طاقة الترابط النووى BE (MeV) = النقص فى الكتلة $\times 931$

وتسمى القيمة التى ساهم بها كل نيوكليون فى طاقة الترابط للنواة " طاقة الترابط لكل نيوكليون " وتساوى : $(\frac{BE}{A})$ وتتخذ طاقة الترابط لكل نيوكليون مقياساً لثبات النواة.

مثال:

إذا علمت أن الكتلة الفعلية لنواة ذرة الهيليوم ${}^4_2\text{He} = 4.00150 \text{ u}$ المقاسة عملياً

احسب طاقة الترابط النووى بوحدهات المليون إلكترون فولت ثم احسب طاقة الترابط لكل نيوكليون

إذا علمت أن كتلة البروتون 1.00728 u ، كتلة النيوترون 1.00866 u

الحل:

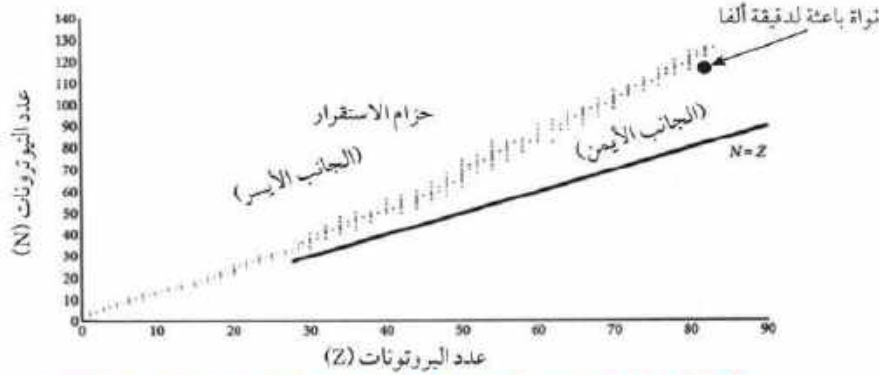
تتألف نواة ذرة الهيليوم من بروتونين ونيوترونين وتحسب طاقة ترابطها من العلاقة :

$$BE = [(2 \times 1.00728 + 2 \times 1.00866) - 4.00150] \times 931 \text{ MeV} = 28.28 \text{ MeV}$$

$$\text{وتكون طاقة الترابط لكل نيوكليون} = \frac{28.28}{4} = 7.07 \text{ MeV}$$

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 إشعاعى، أما العنصر غير المستقر ، فإن نواته تتحلل 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 نجد أن جميع الأنوية تقع على أو قريبة من خط ينحرف قليلاً إلى أعلى بزيادة Z عن الخط الذى يمثل $N = Z$ كما فى الشكل (٤)



▲ شكل (4) خط الثبات ، كل نقطة على هذا الرسم تمثل نواة مستقرة (للاضاح فقط)

بدراسة الشكل البياني نتيبن أن:

✳ أنوية ذرات العناصر الخفيفة المستقرة يكون فيها عدد النيوترونات يساوى عدد البروتونات وتكون النسبة $N : Z$ هي $1 : 1$ ، وتزايد هذه النسبة تدريجيًا كلما انتقلنا للعناصر الأثقل في الجدول الدوري إلى أن تصل إلى حوالى $1.53 : 1$ في حالة نواة ذرة الرصاص $^{208}_{82}\text{Pb}$.

✳ نواة العنصر التى يكون موقعها ، على الجانب الأيسر من حزام الاستقرار Belt of stability 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 وانبعث إلكترون سالب يسمى جسيم بيتا ، ويرمز له بالرمز (β^-) .

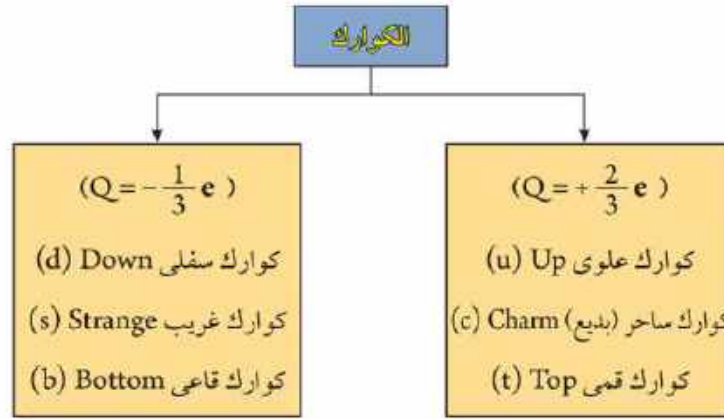
✳ نواة العنصر التى يكون موقعها على الجانب الأيمن من حزام الاستقرار يكون عدد البروتونات بها أكبر من حد الاستقرار ، وتكتسب هذه النواة استقرارها بتحول أحد البروتونات الزائدة إلى نيوترون وانبعث إلكترون موجب يسمى "بوزيترون" ويرمز له (β^+) ، وبذلك تتعدل النسبة النيوترون - بروتون بالنواة لتقترب من حزام الاستقرار .

✳ نواة العنصر التى يكون عددها الذرى كبيرًا ويكون موضعها أعلى حزام الاستقرار يمكن أن تكتسب استقرارها بانبعث (2 بروتون + 2 نيوترون) على شكل دقيق ألفا عليها دقيقة ألفا ويرمز لها بالرمز (α) .



مفهوم الكوارك Quark

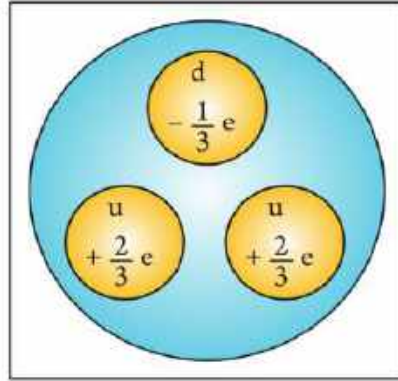
في عام 1964م أثبت العالم (موري جيل مان) أن البروتونات عبارة عن تجمع من جسيمات أولية أطلق عليها اسم كواركات " ، يبلغ عددها ستة أنواع وكل كوارك يتميز برقم يرمز له بالرمز Q يعبر عن شحنة منسوبة إلى شحنة الإلكترون وتأخذ القيم $(+\frac{2}{3}e \text{ أو } -\frac{1}{3}e)$ والمخطط التالي يوضح أنواع الكواركات وقيم Q لكل منها :



تركيب البروتون

يتركب البروتون من ارتباط 2 كوارك علوى (u) مع

1 كوارك سفلى (d)



▲ شكل (٥) تركيب البروتون

وتفسر الشحنة الكهربائية الموجبة للبروتون Q_p بأنها مجموع شحنات الكواركات الثلاثة المكونة له.

$$Q_p = \frac{2}{3} \underset{(u)}{+} + \frac{2}{3} \underset{(u)}{+} - \frac{1}{3} \underset{(d)}{-} = +1$$



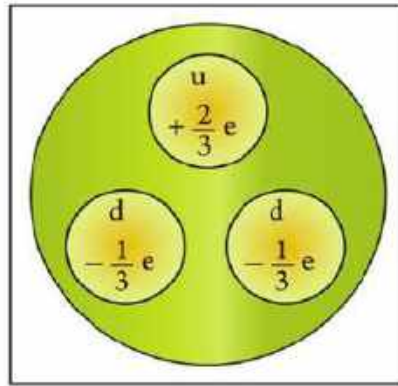
تركيب النيوترون

يتكون النيوترون من ارتباط 1 كوارك علوى (u) مع 2 كوارك سفلى (d)

وتفسر الشحنة الكهربائية المتعادلة للنيوترون Q_n بأنها مجموع شحنات الكواركات الثلاثة المكونة له.

$$Q_n = \frac{2}{3} + \left(-\frac{1}{3}\right) + \left(-\frac{1}{3}\right) = 0$$

(u) (d) (d)



▲ شكل (٦) تركيب النيوترون



الفصل الثاني: النشاط الإشعاعي والتفاعلات النووية

Radioactivity and Nuclear Reactions

نماذج التعلم

في نهاية هذا الفصل يصبح الطالب قادراً على أن:

- ☞ يتفهم ظاهرة النشاط الإشعاعي.
- ☞ يقارن بين إشعاعات ألفا وبيتا وجاما.
- ☞ يتفهم المقصود بعمر النصف للعنصر المشع.
- ☞ يصنف التفاعلات النووية.
- ☞ يقارن بين تفاعلات الانشطار النووي والاندماج النووي.
- ☞ يفهم الأساس العلمي لعمل المفاعل النووي.
- ☞ يحدد بعض الآثار الضارة للإشعاع.
- ☞ يعدد بعض الاستخدامات السلمية للإشعاع.

من الكشوف الهامة التي أدت إلى تطور كبير في معلوماتنا عن الذرة وتركيبها، كشف ظاهرة النشاط الإشعاعي. اكتشف هذه الظاهرة العالم هنري بيكريل في أوائل عام ١٨٩٦ م، وكان أول من أطلق على هذه الظاهرة هذا الاسم مدام كوري وذلك عام ١٨٩٨ م

عند كشف ظاهرة النشاط الإشعاعي كان اهتمام الباحثين موجهاً إلى معرفة طبيعة الإشعاعات المنطلقة من المواد المشعة ومقارنة خواصها واتبع في ذلك طريقتان هما:

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

دلت التجارب أن هناك ثلاثة إشعاعات مختلفة تنطلق من المواد ذات النشاط الأشعاعي الطبيعي وهى :

- ✱ إشعاعات ألفا α : هى عبارة عن دقائق تتكون كل منها من بروتونين ونيوترونين. أى أن كل دقيقة من دقائق ألفا عبارة عن نواة ذرة الهيليوم لذا يرمز لدقيقة ألفا فى التفاعلات النووية بالرمز ${}^4_2\text{He}$.



❖ إشعاعات بيتا : هي دقائق تحمل صفات الإلكترونات (e^-) من حيث الكتلة والسرعة ، وتنبعث دقائق بيتا من أنوية ذرات العناصر المشعة أو في التفاعلات النووية وكتلة دقيقة بيتا مهملة بالنسبة لوحدة الكتلة الذرية وشحنتها تعادل وحدة الشحنات السالبة ويرمز لها بالرمز (β^-).

❖ أشعة جاما : هي عبارة عن موجات كهرومغناطيسية ذات طول موجي قصير جداً تساوي سرعتها سرعة الضوء ، وهي أقصر الأمواج الكهرومغناطيسية في طولها الموجي بعد الأشعة الكونية وبذلك فإن ترددها كبير ، وطاقة فوتوناتها كبيرة ، ولأنها أمواج كهرومغناطيسية فإنها لا تحمل شحنة ، وليس لها كتلة وبالتالي فإن انبعائها من نواة ذرة العنصر المشع لا يؤدي إلى تغير في العدد الذري أو عدد الكتلة لهذه النواة. وتنبعث أشعة جاما من نوى ذرات العناصر عندما تكون هذه النوى غير مستقرة (تكون طاقتها زائدة عما هي عليه في حالة استقرارها).

والمجدول التالي ، يوضح مقارنة بين خواص الأنواع الثلاثة من الإشعاعات التي تنطلق من مادة مشعة.

الإشعاع	الرمز	طبيعة الإشعاع	الكتلة التقريبية	القدرة على تأين ذرات الوسط الذي تمر فيه	القدرة على النفاذ	الانحراف بالمجال الكهربائي أو المغناطيسي
ألفا	α ${}^4_2\text{He}$	نواة هيليوم 2 بروتون 2 نيوترون	أربعة أمثال كتلة البروتون	لها قدرة قوية	ضعيفة - فورقة بسمك ورقة كراس تمنع مرورها	انحراف صغير
بيتا	β ${}^0_{-1}e$	إلكترون	$\frac{1}{1800}$ من كتلة البروتون	أقل من قدرة ألفا	متوسطة نشرية من الألومنيوم سمكها 5 mm تمنع مرورها	انحراف كبير
جاما	γ	موجات كهرومغناطيسية	-----	أقل الإشعاعات قدرة	عالية جداً أكثرهم قدرة على النفاذ وتستطيع المرور خلال شريحة من الرصاص سمكها بضع سنتيمترات ولكن شدتها تقل	لا تنحرف

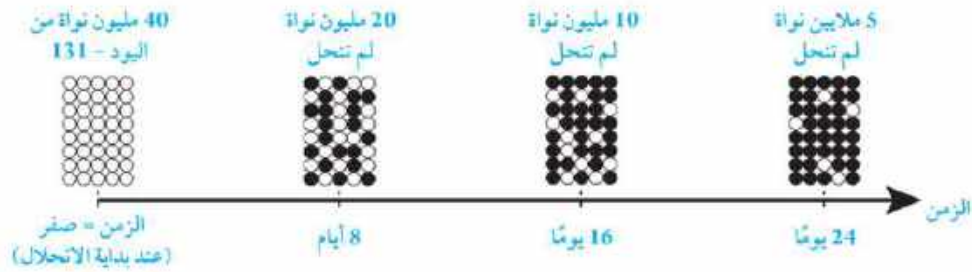
▲ جدول (٢) يوضح مقارنة بين أنواع الإشعاعات



عمر النصف Half-life

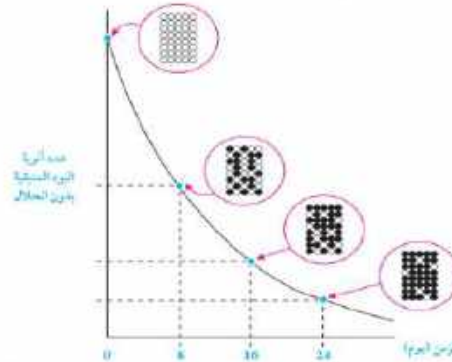
عندما تنبث دقائق ألفا أو أشعة جاما من نواة ذرة عنصر مشع فإنه يقال : إن هذه النواة حدث لها انحلال إشعاعي ويقل نشاط المادة المشعة بمرور الزمن ويسمى الزمن اللازم لتحلل عدد أنوية ذرات العنصر المشع إلى النصف بعمر النصف $t_{\frac{1}{2}}$.

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 في هذه اللحظة. والشكل التالي يمثل انحلال (يود - 131)، شكل (٩).



▲ شكل (٧) مقدار الزمن الذي ينقص فيه عدد أنوية اليود بالإشعاع إلى نصف العدد الأصلي يسمى "عمر النصف". في هذا الشكل ○ تمثل مليون نواة يود لم تنحل أما ● تمثل مليون نواة يود التحلت

ويمكن تمثيل انحلال يود - 131 برسم علاقة بيانية كما في الشكل (٨)



▲ شكل (٨) منحنى انحلال اليود - 131 ، عمر النصف له 8 أيام

مثال:

احسب عمر النصف لعنصر مشع، إذا علمت أن عينة منه كتلتها 12 g يتبقى منها 1.5 g بعد مرور 45 days

الحل:

$$12 \text{ g} \xrightarrow{(1)} 6 \text{ g} \xrightarrow{(2)} 3 \text{ g} \xrightarrow{(3)} 1.5 \text{ g}$$

$$\therefore D = 3 \quad \therefore t_{\frac{1}{2}} = \frac{t}{D} = \frac{45}{3} = 15 \text{ days}$$



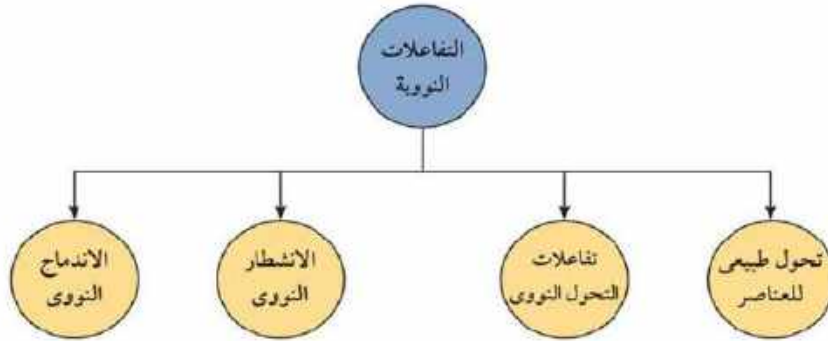
ماذا يقصد بقولنا إن عمر النصف لليود المشع 131 يساوي 8 days ؟

يعنى هذا أن الزمن الذى يتناقص فيه عدد أنوية عنصر اليود المشع إلى نصف عددها الأصلية عن طريق الانحلال الإشعاعى ، هذا الزمن يساوى 8 days . ونستخدم فترة عمر النصف فى تحديد عمر الصخور والمومياة .

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 .

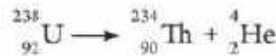
ويمكن تصنيف التفاعلات النووية إلى الأنواع التالية:



التحول الطبيعى للعناصر Natural Transmutation

يحدث هذا التحول لأنوية ذرات العناصر التى تقع أعلى حزام الاستقرار أو أسفلها ، حيث يكون لهذه الأنوية نسبة ($\frac{N}{Z}$) تختلف عن هذه النسبة للأنوية المستقرة التى تقع على الحزام ، وتكون نتيجة هذا التحول أن تغير النواة غير المستقرة تغيراً تلقائياً متحوّلة إلى نواة أخرى بانبعث إشعاع ألفا أو إشعاع بيتا .

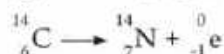
فمثلاً : تنحل نواة اليورانيوم - 238 متحوّلة إلى نواة الثوريوم - 234 وذلك بانبعث دقيقة ألفا وتوصف هذه العملية بالمعادلة النووية التالية :



ويلاحظ من هذه المعادلة أن اليورانيوم - 238 تحول إلى عنصر آخر هو الثوريوم - 234 ويلاحظ أيضاً أن عدد الكتلة (A) للنواة الأصلية يساوى مجموع أعداد الكتلة لدقيقة ألفا والنواة الناتجة . كذلك العدد الذرى (Z) يكون متساوياً فى طرفى المعادلة .



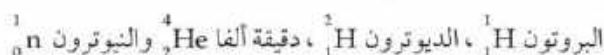
كذلك نواة ذرة الكربون المشع $^{14}_6\text{C}$ تتحول إلى نواة ذرة النيتروجين $^{14}_7\text{N}$ بانبعاث دقيقة بيتا. وتذكر أن دقيقة بيتا هي إلكترون ينبعث من النواة، ويعبر عن هذا التفاعل بالمعادلة النووية التالية:



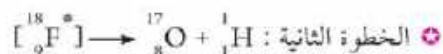
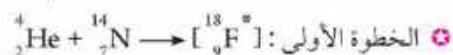
لاحظ أنه عند انبعاث دقيقة بيتا فإن نيوترونًا في نواة الكربون قد تحول إلى بروتون مما يؤدي إلى زيادة العدد الذري بمقدار واحد، وأن عدد الكتلة (عدد النيوكليونات) يظل كما هو، ولاحظ أيضًا أن دقيقة بيتا يرمز لها بالرمز $^0_{-1}\text{e}$ ، حيث يمثل الرقم (1-) شحنة الإلكترون، أما الصفر فإنه يعنى أن الكتلة مهملة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

التحول النووي (العنصرى) Nuclear Transmutation

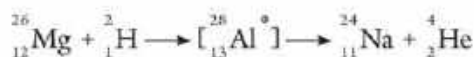
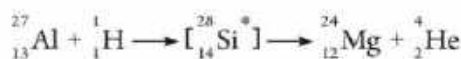
إذا أريد لنواتين أن تتفاعلا يتم تسريع إحداها، بحيث تكتسب طاقة حركة مناسبة، بحيث تستطيع الاقتراب من النواة الأخرى. النواة التي يتم تسريعها تسمى "القذيفة" أما النواة الأخرى تسمى "الهدف" ومن أمثلة القذائف:



وهذه القذائف يمكن تسريعها باستخدام أجهزة تسمى المعجلات النووية مثل الفاندرجراف والسيكلترون. لقد كان أول من أجرى تفاعلًا نوويًا صناعيًا هو العالم رذرفورد عام ١٩١٩ م، حيث اكتشف أنه عند مرور دقائق ألفا في غاز النيتروجين فإن دقيقة ألفا تمتزج بنواة ذرة النيتروجين مكونة نواة ذرة الفلور $^{18}_9\text{F}^*$ وتسمى "النواة المركبة" هذه النواة تكون غير مستقرة وذات طاقة عالية، وتتخلص من الطاقة الزائدة لكي تعود إلى وضع الاستقرار فينبطق بروتون سريع ^1_1H وتتحول نواة ذرة النيتروجين إلى نواة ذرة أكسجين. ومن هنا فإنه يمكن النظر لهذا التحول النووي على أنه يتم على خطوتين:



ومن الواضح أنه في التحول النووي تتحول العناصر المتفاعلة إلى عناصر أخرى مختلفة. ففي تجربة رذرفورد هذه تحول النيتروجين إلى أكسجين. وفيما يلي أمثلة أخرى على التحول النووي تؤدي إلى تحول العناصر إلى عناصر أخرى:

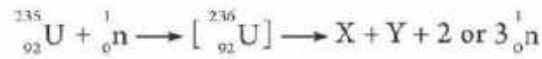




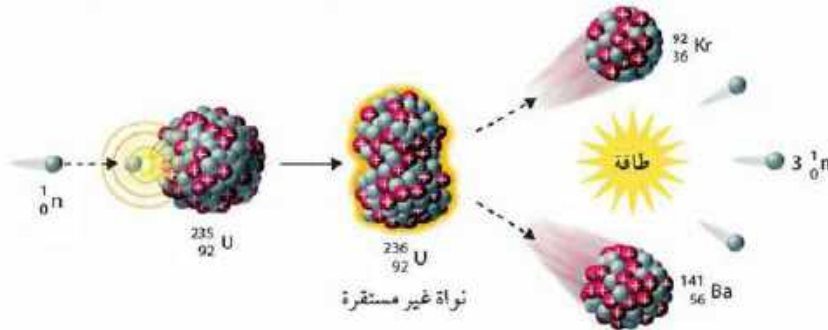
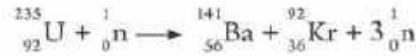
ومن المهم أن ننتبه عند موازنة المعادلات النووية إلى مراعاة قانوني حفظ الشحنة وحفظ المادة والطاقة. ويقتضى قانون حفظ الشحنة أن يكون مجموع الأعداد الذرية في طرف المعادلة الأيسر مساوياً لمجموع الأعداد الذرية في طرف المعادلة الأيمن. ويقتضى قانون حفظ الكتلة والطاقة أن يحفظ عدد الكتلة، أي يكون مجموع أعداد الكتلة في طرف المعادلة الأيسر مساوياً لمجموع أعداد الكتلة في الطرف الأيمن.

الانشطار النووي Nuclear Fission

توصل العلماء عام ١٩٣٩م لنوع من التفاعلات النووية سمي الانشطار النووي، والانشطار النووي هو انقسام نواة ثقيلة إلى نواتين متفارتين في الكتلة نتيجة تفاعل نووي معين. فعندما تقذف نواة ذرة اليورانيوم - 235 بنيوترون، ولا يحتاج النيوترون لسرعة عالية لكي يستطيع دخول النواة فهو لا يلاقى تنافراً، حيث إنه يعتبر قذيفة متعادلة، فإن النيوترون البطيء يدخل إلى نواة اليورانيوم - 235 التي تتحول إلى نظير يورانيوم - 236 وهو نظير غير مستقر لا يزيد مدة بقاؤه عن 10^{-12} ثانية، تنشط بعدها النواة $^{236}_{92}\text{U}$ إلى نواتين (X)، (Y) تسميان شظايا الانشطار النووي، وهناك العديد من الاحتمالات الممكنة لهذه الشظايا، إذ يوجد حوالي 90 نواة وليدة مختلفة يمكن أن تنتج من هذا الانشطار، كما ينتج في الغالب ما بين نيوترونين أو ثلاثة في العملية، ويمكن تمثيل هذا التفاعل بالمعادلة التالية:



ومن النواتج الشهيرة للتفاعل الانشطاري الباريوم والكريبتون طبقاً للمعادلة:

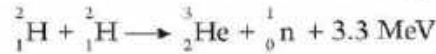


▲ شكل (٩) يمثل عملية انشطار نواة اليورانيوم - 235 عند قذفها بنيوترون



الاندماج النووي Nuclear Fussion

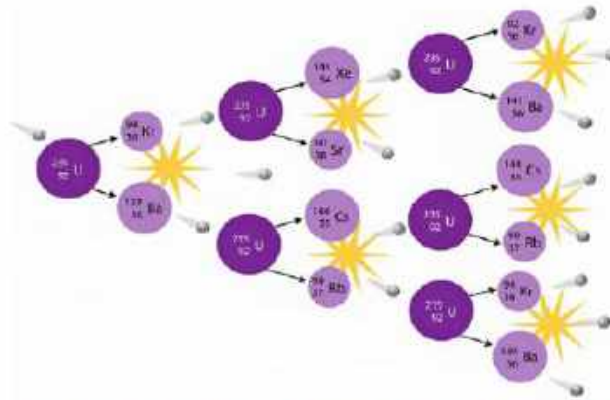
يسمى انقسام نواة ثقيلة إلى نواتين متوسطتين بالانشطار النووي ، وعكس هذا التفاعل أى دمج نواتين خفيفتين لتكوين نواة أثقل منهما هو تفاعل نووى آخر يطلق عليه اسم «الاندماج النووي» فعلى سبيل المثال إذا دمج ديوترونان معاً لتكوين نواة هيليوم ، فإن كتلة نواة الهيليوم والنيوترون تقل عن مجموع كتلتي الديوترونين ، يتحول هذا الفرق فى الكتلة إلى طاقة مقدارها 3.3 مليون إلكترون فولت تتحرر مع دمج هذين الديوترونين. هذا الاندماج النووى يمكن تمثيله بالمعادلة النووية التالية :



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 ${}^{235}_{92}\text{U}$ وينتج عن هذه الانشطارات الجديدة نيوترونات جديدة أخرى تستطيع أن تقوم بالعملية السابقة نفسها فتشطر نوى أخرى من نوى ${}^{235}_{92}\text{U}$ وهكذا. ويطلق على هذا التفاعل اسم "التفاعل المتسلسل". ويوضح شكل (١٠) كيفية مضاعفة عدد النوى التى تنشطر إذا استمر التفاعل بهذا الشكل.

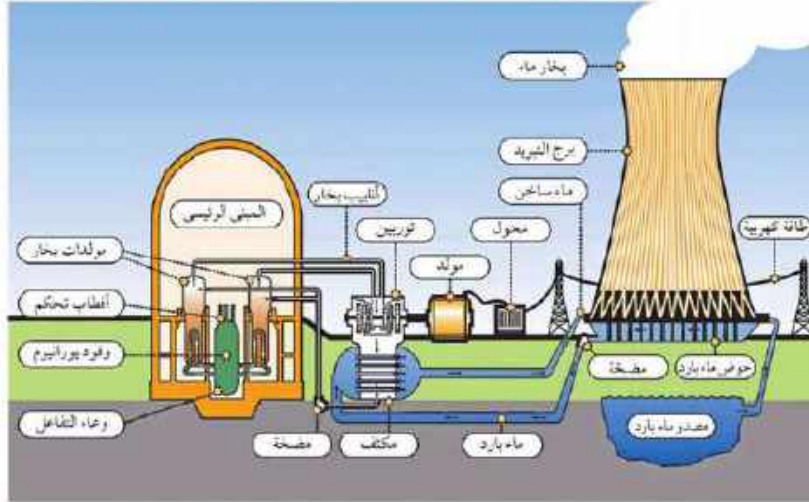


شكل (١٠) التفاعل المتسلسل يبدأ بالنقاط نواة ذرة اليورانيوم لنيوترون

ويتولد عن التفاعل المتسلسل طاقة حرارية ضخمة تزداد 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 - في المتوسط - من كل تفاعل ببدء تفاعل جديد، وبهذه الطريقة يظل التفاعل مستمراً بنفس معدله الابتدائي البطيء، وإذا كانت الكمية المستخدمة من اليورانيوم أكبر بكثير من الحجم الحرج، فإن التفاعل سيستمر بمعدل سريع يؤدي إلى حدوث انفجار (وقد يكون هذا مطلوباً في صناعة قنبلة نووية) وإذا أردنا التحكم في التفاعل المتسلسل بحيث ينتج في النهاية طاقة ولا يحدث انفجار ففي هذه الحالة لابد من التحكم في عدد النيوترونات الناتجة من التفاعل المتسلسل ويتم ذلك في المفاعل النووي باستخدام قضبان من الكادميوم ماصة للنيوترونات، وعند وضعها داخل المفاعل فإن التفاعل النووي المتسلسل يأخذ في الإبطاء، ويمكن ضبط معدله بشكل جيد بالتحكم في وضع قضبان الكادميوم وعددها والمفاعل النووي يعتبر مصدراً للطاقة الحرارية التي تستخدم لتوليد البخار الذي يستخدم بالتالي في توليد الطاقة الكهربائية عن طريق استخدام توربينات بخارية.



▲ شكل (١١) شكل تخطيطي لمفاعل نووي لإنتاج الطاقة (للإطلاع فقط)

مقارنة بين التفاعلات الكيميائية والتفاعلات النووية :

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

▲ جدول (٣) مقارنة بين التفاعلات الكيميائية والتفاعلات النووية



الاستخدامات السلمية للإشعاع

تستخدم المواد المشعة في مجالات عديدة كالطب والصناعة والزراعة والبحث العلمي ، كما أن الطاقة النووية الهائلة التي تنطلق في المفاعلات النووية تستخدم لإنتاج الطاقة الكهربائية في محطات القوى الكهربائية. وسوف نذكر فيما يلي أمثلة لاستخدامات المواد المشعة في بعض المجالات.

في مجال الطب :

تستخدم أشعة جاما التي تنبعث من نظير الكوبلت - 60 أو السيزيوم - 137 في قتل الخلايا السرطانية وذلك بتوجيه أشعة جاما إلى مركز الورم ، كذلك يستخدم الراديوم - 226 في شكل إبر تغرس في الورم السرطاني بهدف قتل خلاياه.

في مجال الصناعة :

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

في 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.

في مجال البحوث العلمية :

تستخدم المفاعلات النووية البحثية في تحضير العديد من النظائر المشعة التي تستخدم في بحوث علمية عديدة ، منها إمكان معرفة ما يحدث في النبات بوضع مواد مشعة في المواد الأساسية التي يستخدمها النبات ثم تتبع الإشعاعات الصادرة من هذه المواد لمعرفة دوراتها في النبات كإدخال ماء به أكسجين مشع وتبعية 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 تصادم 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 الهواتف 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 الكروموسومات 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 :

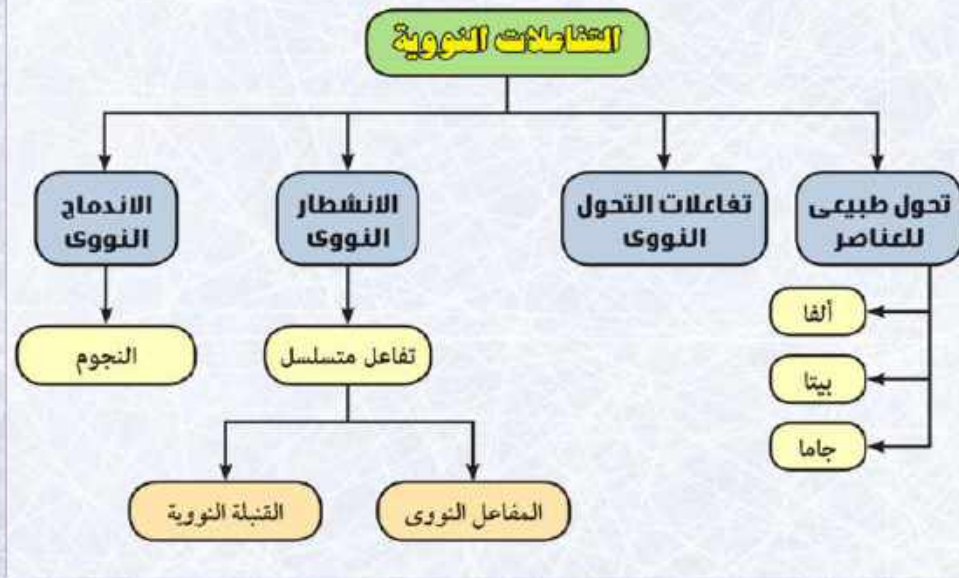
على سبيل المثال ، إن الإشعاعات الصادرة من أبراج المحمول قد تسبب تغيرات فسيولوجية فى الجهاز العصبى ، وينتج عن ذلك أن سكان المناطق القريبة من هذه الأبراج يعانون من الصداع ودوخة وأعراض إعياء وقد اتفق العلماء أنه يجب ألا تقل المسافة بين المساكن وبرج الهاتف المحمول عن 6 أمتار وهى مسافة آمنة.

أما بالنسبة للهواتف 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 نظراً لامتناس الخلايا للطاقة وقد أشارت بعض الأبحاث إلى أن استخدام الحاسب المحمول (اللاب توب) بوضعه على الركبتين يؤثر على الخصوبة.

المصطلحات الأساسية في الباب الخامس

- النظائر: ذرات العنصر نفسه تتفق في عددها الذري (z) وتختلف في عدد النيوترونات في النواة.
- القوى النووية: هي القوى التي تعمل على ترابط النيوكليونات داخل النواة.
- يتركب البروتون من ارتباط 2 كوارك علوي (u) مع 1 كوارك سفلي (d)
- يتركب النيوترون من ارتباط 1 كوارك علوي (u) مع 2 كوارك سفلي (d)
- عمر النصف: هو الزمن الذي يتناقص فيه عدد أنوية العنصر المشع إلى نصف عددها الأصلي عن طريق الإنحلال الإشعاعي.
- الانشطار النووي: انقسام نواة ثقيلة إلى نواتين متقاربتين في الكتلة نتيجة لتفاعل نووي.
- الاندماج النووي: تفاعل نووي يتم فيه دمج نواتين خفيفتين لتكوين نواة أثقل.

مخطط تصنيفي للباب الخامس





أنشطة وأسئلة الباب الخامس

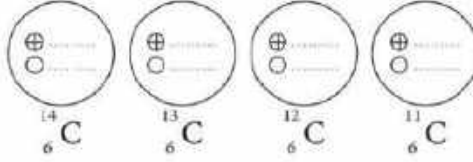
الفصل الأول : نواة الذرة والجسيمات الأولية



نشاط تطبيقي : النظائر النووية

خطوات إجراء النشاط :

- المعطيات : الكربون له أربع نظائر هي : $^{14}_6\text{C}$ ، $^{13}_6\text{C}$ ، $^{12}_6\text{C}$ ، $^{11}_6\text{C}$.
- المطلوب : إذا مثلنا البروتون بالشكل \oplus ، والنيوترون بالشكل \bigcirc وضح عدد البروتونات وعدد النيوترونات في نواة كل نظير .



تحليل النتائج :

- ما أكثر نظائر الكربون انتشاراً في الطبيعة ؟
- أى من هذه الأنوية أكثر استقراراً ؟
- هل ذرات النظائر لها نفس الخواص الكيميائية ؟ فسر إجابتك .

أكمل الجدول التالي :

رمز النواة	رقم الكتلة	الرقم الذرى	عدد النيوترونات	عدد النيوكليونات
$^{11}_6\text{C}$				
$^{12}_6\text{C}$				
$^{13}_6\text{C}$				
$^{14}_6\text{C}$				

الاستنتاج :

- النظائر هي

الهدف من النشاط

- يتعرف المقصود بالنظائر النووية.
- يقارن بين نظائر أنوية ذرات نفس العنصر.

المهارات المرحمة اكتسابها

- المقارنة - الاستنتاج





نشاط تطبيقي : دراسة ثبات الأنوية



خطوات إجراء النشاط :

المعطيات : الشكل البياني التالي يوضح العلاقة بين عدد النيوترونات وعدد البروتونات لأنوية ذرات العناصر المستقرة الموجودة في الجدول الدوري.

ادرس هذا الشكل ثم أجب عن الأسئلة التالية :

أ. ماذا يمثل الخط المنقطع في الرسم ؟
ب. A ، B ، C تمثل موضع ثلاثة أنوية لذرات عناصر خارج منطقة الاستقرار ، أي من هذه الأنوية يكتسب استقراراً بأنبعث دقيقة β ؟

ج. الجدول التالي يتضمن بعض أنوية تتصف بالثبات. أكمل بيانات الجدول :

النواة	عدد النيوترونات	عدد البروتونات	النسبة (N/Z)
$^{208}_{82}\text{Pb}$
$^{56}_{26}\text{Fe}$
$^{40}_{20}\text{Ca}$
$^{23}_{11}\text{Na}$

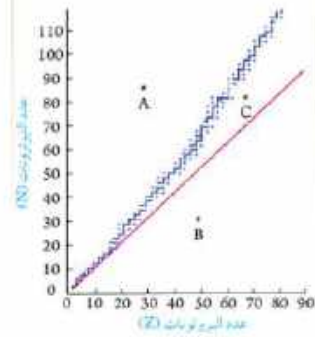
كيف تربط بين نسبة (N/Z) لهذه الأنوية والثبات النووي ؟

الهدف من النشاط

الربط بين نسبة عدد النيوترونات إلى البروتونات في النواة والثبات النووي.

المهارات المعرفية/الكسائية

تفسير البيانات - التطبيق - الاستنتاج.



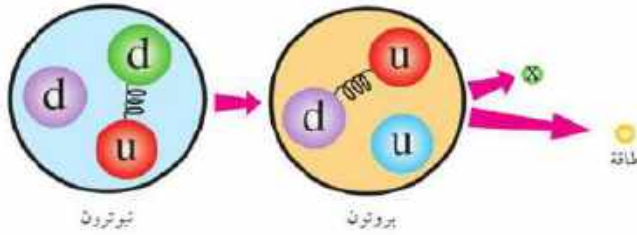


نشاط تطبيقي : الكواركات

الجدول التالي يوضح قيمة رقم الشحنة Q للكواركات s, d, u نسبة إلى شحنة الإلكترون.

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

ادرس الشكل التالي ثم اجب عن الأسئلة :



أ. احسب الشحنة الكهربائية لكل من : البروتون - النيترون.

ب. اكتب معادلة تحول النيترون إلى بروتون.

ج. ما هي شحنة الجسيم (X) ؟

الهدف من النشاط

✓ حساب الشحنة الكهربائية لبعض الجسيمات النووية.

المهارات المبرجواكتسابها

✓ استدكار مصطلحات - مقارنة البيانات - استخلاص نتائج.





أسئلة تقييمية

أولاً : اختر الإجابة الصحيحة :

١) إذا كانت طاقة الترابط النووي لنواة الهيليوم (${}^4_2\text{He}$) تساوي 28 MeV فإن طاقة الربط النووي لكل

نيوكليون في نواة الهيليوم بالمليون إلكترون فولت تساوي

أ. 7 ب. 14

ج. 56 د. 112

٢) إذا كان الفرق بين مجموع كتل مكونات النواة لذرة الحديد (${}^{56}_{26}\text{Fe}$) وكتلة النواة وهي متماسكة هو

0.5 u فإن طاقة الترابط النووي لنواة ذرة الحديد تكون

أ. 0.8×10^{-19} MeV ب. 0.5 Joule

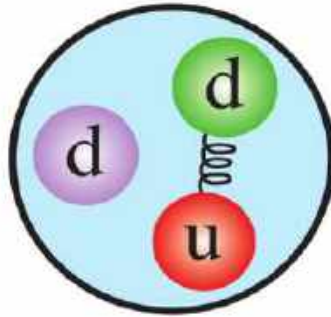
ج. 0.5 MeV د. 465.5 MeV

٣) عندما يتحول البروتون إلى نيوترون ينطلق

أ. β^- ب. β^+

ج. α د. δ

٤) الرسم التالي يمثل تركيب



أ. بروتون ب. نيوترون

ج. إلكترون د. ميزون





ثانيًا: حل المسائل التالية :

استخدم العلاقات التالية عند الحاجة إليها:

كتلة البروتون = 1.007825 u - كتلة النيوترون = 1.008665 u - سرعة الضوء = $3 \times 10^8 \text{ m/s}$

$$1 \text{ u} = 1.66 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

١) استخدم معادلة اينشتين لحساب الكتلة بالكيلوجرام التي تتحول إلى طاقة مقدارها 190 MeV .

٢) احسب الطاقة ، مقدرة بوحدات MeV الناتجة عن تحول 5 g من مادة إلى طاقة.

٣) احسب طاقة الترابط للنواة ${}^4_2\text{He}$ مقدرة بوحدات MeV ، ثم احسب طاقة الترابط لكل نيوكليون في هذه النواة، إذا علمت أن ${}^4_2\text{He} = 4.001506 \text{ u}$.

٤) احسب طاقة الترابط للنواة ${}^{16}_8\text{O}$ ، مقدرة بوحدات MeV ، ثم احسب طاقة الترابط لكل نيوكليون في هذه النواة ، إذا علمت أن ${}^{16}_8\text{O} = 15.994915 \text{ u}$.

٥) أيهما أكثر استقراراً النواة ${}^{16}_8\text{O}$ أم النواة ${}^{17}_8\text{O}$ ، إذا علمت أن :

$${}^{16}_8\text{O} = 15.994915 \text{ u}, {}^{17}_8\text{O} = 16.999132 \text{ u}$$

ثالثًا: ابحث وتعلم :

استخدم شبكة الإنترنت في عمل بحث للتعرف على مصدر اسم "كوارك" **Quark** . ومن هو مكتشف هذه الجسيمات الأولية . وما أنواع الكواركات . اكتب تقريرًا واعرض على زملائك باستخدام الكمبيوتر وبرنامج **Power point**.





الفصل الثاني : النشاط الاشعاعي والتفاعلات النووية

نشاط تطبيقي : عمر النصف لمادة مشعة



خطوات إجراء النشاط :

- المعطيات : في تجربة لقياس عمر النصف لمادة مشعة (الرادون $^{220}_{86}\text{Rn}$) كانت العلاقة بين عدد الأنوية المتبقية n بالمليون والزمن t بالثانية كما في الجدول التالي :

t	0	10	20	30	40	50	55	60	65	70
n	30	26	23	21	18	16	15	14	13	12

- المطلوب : ارسم علاقة بيانية بين عدد الأنوية المتبقية (على المحور الرأسى) والزمن (على المحور الأفقى) في ورقة الرسم البياني

تحليل النتائج والاستنتاج :

- احسب عمر النصف لعنصر الرادون المشع .

- ماذا يقصد بمقدار عمر النصف الذى حصلت عليه ؟

- في إحدى مراحل انحلال $^{220}_{86}\text{Rn}$ بأنبعاث دقيقة ألفا :

أ. ما طبيعة دقائق ألفا ؟

- ب. عندما تنبعث دقيقة ألفا من نواة الرادون - 220 المشع تتحول إلى نظير البولونيوم Po . اكتب المعادلة التي تمثل هذا التحول.

الهدف من النشاط



- استخدام العلاقة البيانية بين الزمن وعمر الأنوية المتبقية في حساب فترة عمر النصف.

المهارات المرجو اكتسابها



- شرح مفاهيم - عرض البيانات في رسم بياني - استخلاص النتائج.

المواد والأدوات المستخدمة



- ورقة رسم بياني.





أسئلة تقييمية

أولاً : اختر الإجابة الصحيحة :

- ١ إحدى الصفات التالية تنطبق على أشعة جاما
 أ. لها شحنة موجبة
 ب. لها شحنة سالبة
 ج. عبارة عن إلكترونات
 د. عبارة عن أمواج كهرومغناطيسية
- ٢ إذا علمت أن ${}^B_A X$ تمثل نواة عنصر باعثة لدقائق ألفا فإن إشعاع نواة هذا العنصر لدقيقة ألفا تمثله المعادلة التالية
 أ. ${}^B_A X \longrightarrow {}^{B+4}_{A+2} X + {}^4_2 \text{He}$
 ب. ${}^B_A X \longrightarrow {}^{B-4}_{A-2} X + {}^4_2 \text{He}$
 ج. ${}^B_A X \longrightarrow {}^{B-2}_{A-2} X + {}^4_2 \text{He}$
 د. ${}^B_A X \longrightarrow {}^{B-2}_{A-4} X + {}^4_2 \text{He}$
- ٣ في المعادلة ${}^4_2 \text{He} + {}^9_4 \text{Be} \longrightarrow {}^{12}_6 \text{C} + X$ تكون (X) عبارة عن
 أ. إلكترون
 ب. بروتون
 ج. نيوترون
 د. أشعة جاما
- ٤ ينحل الثوريوم ${}^{228}_{90} \text{Th}$ متحولاً إلى ${}^{216}_{84} \text{Po}$ نتيجة انطلاق عدد من جسيمات ألفا تساوى
 أ. 2
 ب. 3
 ج. 4
 د. 5
- ٥ (X) نواة ذرة عنصر مشع فقدت (5) جسيمات ألفا على التوالي فتحوّلت نواته إلى نواة العنصر ${}^{206}_{80} X$ نواة ذرة العنصر الأصلي X هي
 أ. ${}^{216}_{90} X$
 ب. ${}^{216}_{82} X$
 ج. ${}^{226}_{86} X$
 د. ${}^{226}_{94} X$





- ٦) واحدة مما يلي لا تنطبق على أشعة ألفا.....
أ. عبارة عن أنوية هيليوم
ب. أكثر قدرة على تأين الهواء
ج. أكثر قدرة على النفاذ في الهواء
د. تتأثر بالمجال المغناطيسي
- ٧) بعد مرور 12 دقيقة على عينة نقية من عنصر مشع ينحل 75 % من أنوية ذرات هذا العنصر. عمر النصف للعنصر يساوى.....
أ. 3 دقائق
ب. 4 دقائق
ج. 6 دقائق
د. 9 دقائق

ثانيًا : أسئلة المقال :

- ١) قارن بين أشعة ألفا وبيتا من حيث :
أ. شحنة كل منهما
ب. قدرة كل منهما على النفاذ في الهواء
ج. قدرة كل منهما على تأين الهواء
- ٢) ينحل الراديوم $^{220}_{88}\text{Ra}$ معطياً دقيقة ألفا. وضح ذلك بمعادلة نووية مناسبة.
- ٣) اشرح المراحل الأربعة لحدوث التلف الاشعاعي للخلية.
- ٤) اشرح الآثار الضارة للإشعاعات الصادرة من جهاز الموبايل ومن جهاز اللاب توب.
- ٥) اذكر الفرق بين كل مما يأتي :
أ. التفاعل النووي والتفاعل الكيميائي.
ب. الانشطار النووي والاندماج النووي.
ج. الاشعاع المؤين والاشعاع غير المؤين.





أسئلة مراجعة الباب الخامس

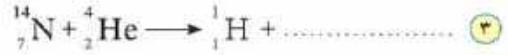
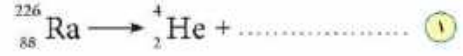
أولاً: اختر الإجابة الصحيحة :

- ١) النيوكليونات اسم يطلق على
أ. البروتونات ودقائق ألفا
ب. دقائق ألفا ودقائق بيتا
ج. دقائق بيتا والنيوترونات
د. النيوترونات والبروتونات
- ٢) أي من الصفات التالية لا تنطبق على مفهوم نظائر العنصر الواحد
أ. تتفق في الخواص الكيميائية
ب. تتفق في العدد الذري
ج. تتفق في عدد النيوترونات
د. تتفق في عدد البروتونات
- ٣) عينة من عنصر مشع عدد ذراتها (4.8×10^{12}) ذرة وفترة عمر النصف لهذا العنصر ستان ، فإن عدد أنوية ذرات هذا العنصر التي انحلت بعد 8 سنوات تساوى
أ. 2.4×10^{12}
ب. 4.2×10^{12}
ج. 3.6×10^{12}
د. 4.5×10^{12}
- ٤) رقم الشحنة (Q) لكوارك من النوع (u) يساوى
أ. 0
ب. $+\frac{1}{3}$
ج. $+\frac{2}{3}$
د. -1
- ٥) أي الجسيمات التالية نرسم له بالرمز ${}^4_2\text{He}$
أ. جسيم بيتا
ب. جسيم ألفا
ج. نيوترون
د. بروتون





ثانيًا : أكمل المعادلات النووية التالية :



ثالثًا : علل لما يأتي :

- ١) الكتلة الفعلية لنواة أى ذرة أقل من مجموع كتل مكوناتها.
- ٢) لا يتغير العدد الذرى أو عدد الكتلة للنواة المشعة عند انبعاث أشعة جاما منه.
- ٣) يصعب تحقيق التفاعل النووى الاندماجى فى المختبرات.

رابعًا : حل المسائل التالية :

- ١) اوجد طاقة الترابط لنواة الكربون $^{12}_6\text{C}$ مقدرة بكل من :
أ. وحدة الكتلة الذرية (u)
ب. المليون إلكترون فولت (MeV)
- ٢) تسمى نواة ذرة الديوتيريوم بالديوترون، الذى يتكون من نيوترون وبروتون، فإذا علمت أن كتلة الديوترون 2.014102 u وكتلة البروتون 1.007825 u وكتلة النيوترون 1.008665 u ، احسب طاقة ترابط الديوترون بوحدة MeV.
- ٣) احسب كمية الطاقة مقدرة بالجول الناتجة عن تحول 3 g من مادة إلى طاقة.
- ٤) احسب مقدار الطاقة الناتجة عن تحول $1.66 \times 10^{-24} \text{ g}$ مقدرة بوحدة :
أ. الجول (J).
ب. مليون إلكترون فولت MeV.



علامات الأمان



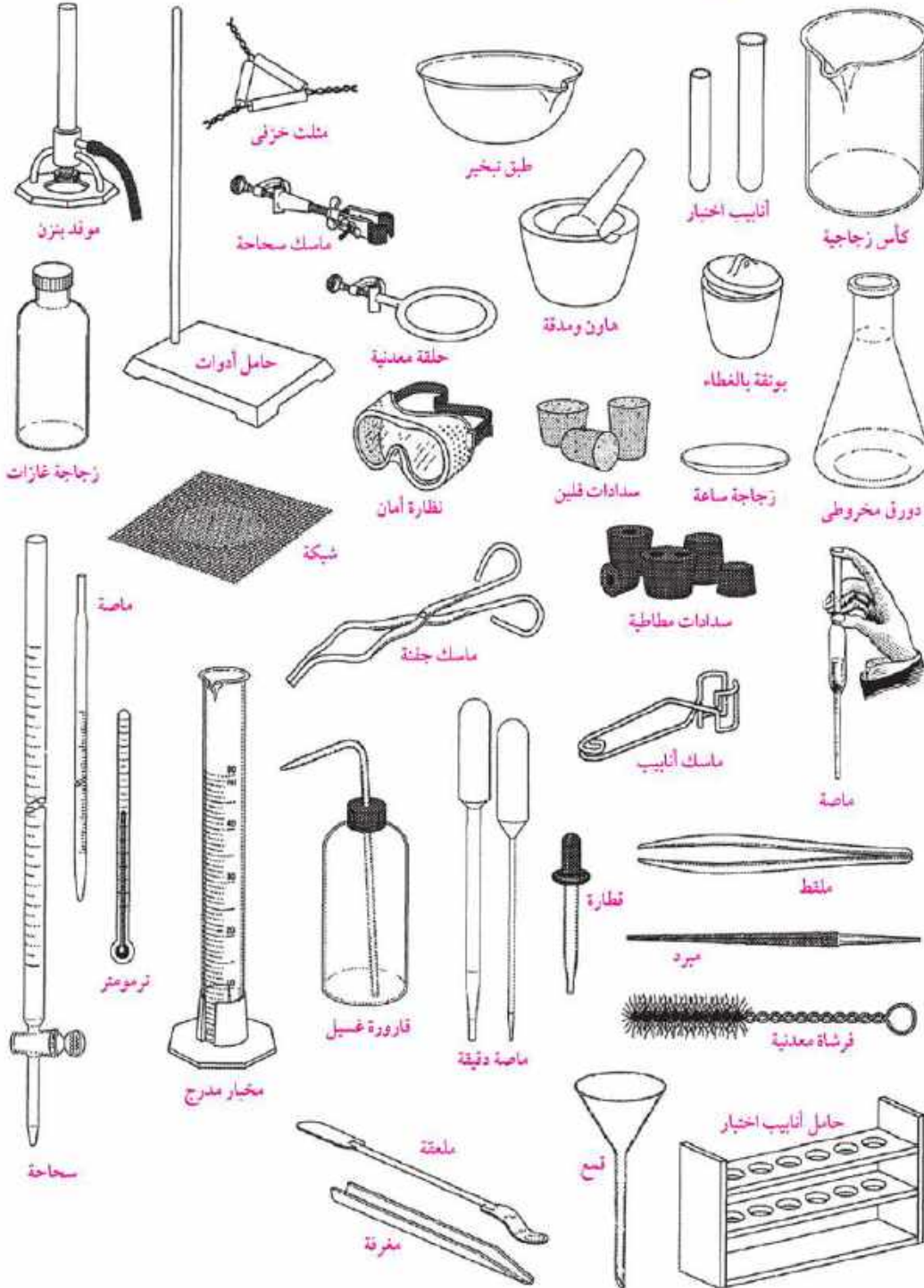
اتبع الاحتياطات اللازمة عند استخدامك جهازاً أو مادة كيميائية عليها علامات الأمان التالية :

-  خطر على العين (استخدم النظارات الواقية).
-  معطف مختبر (ارتد معطف المختبر).
-  مادة تأكلية خطيرة (استخدم النظارات الواقية ومعطف المختبر، ولا تلمس المواد الكيميائية).
-  خطر الحريق (الفتيات): اربطى شعرك إلى الخلف، وارتدى معطف المختبر لقمم الملابس الواسعة إلى داخله، وعدم تعريضها للحريق).
-  خطر التسمم (لا تمضغ اللبان، أو تشرب، أو تأكل في المختبر، ولا تقرب يديك إلى وجهك).
-  خطر الكهرباء (توخّ الحذر عند استخدامك جهازاً كهربائياً).
-  خطر الاستنشاق (تجنب استنشاق المواد الكيميائية).
-  خطر الحريق الحراري (لا تلمس الأجهزة الساخنة).
-  خطر التكسير الزجاجي (لا تستخدم أى أجهزة زجاجية مشروخة أو مكسورة، ولا تسخن قاع أنبوب الاختبار).
-  خطر المهملات (تخلص من المواد الكيميائية باتباع التعليمات الخاصة بها).
-  مادة كيميائية تأكلية حارقة. **C**
-  مادة كيميائية تأكلية تسبب الحساسية المفرطة. **I**
-  مادة قابلة للاشتعال. **F**
-  مادة سامة. **T**

ملخص للخطوات التي يجب اتباعها عند حدوث بعض الإصابات المخبرية :

الإصابة	كيفية التعامل معها
حروق الأحماض	وضع الأجزاء المصابة تحت الماء البارد لفترة متواصلة ثم استخدام كمادات بملح البيكربونات.
الإغماء	وضع الشخص في مكان متجدد الهواء، ووضع رأسه في وضعية مائلة بحيث يكون في مستوى أدنى من باقى جسمه.
الحرق	غلق جميع صنادير الغاز، نزع التوصيلات الكهربائية، استخدام بطانية مضادة للحريق، استخدام المطافئ لمحاصرة الحريق.
إصابة العين	غسل العين مباشرة بالماء ومراعاة عدم فرك العين إذا وجد فيها جسم غريب حتى لا تحدث جروحاً في القرنية.
الجروح القطعية البسيطة	ترك بعض الدم يسيل، وغسل الجرح بالماء والصابون.
التسمم	إبلاغ المعلم، وإعلامه بأن المادة المستخدمة هي المسؤولة عن التسمم.

أدوات معملية



بعض القواعد العامة التي يجب اتباعها عند استخدام أدوات المعمل :

الميزان الخشبي Balance

- ✳ ضع على كفة الميزان المواد الجافة فقط ، أما المواد السائلة يجب أن توزن بطريقة الفرق.
- ✳ أغلق أبواب الميزان أثناء عملية الوزن لأن هذا يمنع الخطأ الناتج عن تيارات الهواء.
- ✳ ضع المادة المراد وزنها في وسط كفة الميزان.
- ✳ نظف كفة الميزان باستخدام الفرشاة الخاصة بذلك.

أنابيب الاختبار Test Tubes

- ✳ عدم جعل فوهتها باتجاه الوجه وكذلك عدم مسكها باليد عند التسخين بل باستخدام الماسك.
- ✳ عند التسخين يجب تسخينها من القاع وليس الجانب ، ويلهب هادئ مع التحريك المستمر لتجنب كسرها بالحرارة الشديدة.

المخبار المدرج Graduated Cylinder

- ✳ عند صب السائل في المخبار المدرج يجب أن نتظر حتى يستقر سطحه .
- ✳ نضع العين في المستوى الأفقى لسطح السائل ثم نقرأ القيمة التي توافق الجزء المستوى من السطح الهلالى للسائل.
- ✳ نكتب العدد متبوعاً بوحدة القياس المكتوبة على الإناء.

الماصة Pipette

- ✳ عدم تسخين الماصة بمسكها بيدك لفترة طويلة ، أو تقريبها من مصدر حرارى.
- ✳ إعطاء الوقت الكافى للسائل للخروج من الماصة.
- ✳ تجنب هز الماصة أو النفخ فيها لإجبار السائل على الخروج.
- ✳ تجنب فقدان جزء من السائل أثناء نقله بالماصة.

المسحاحة Burette

- ✳ تثبيت المسحاحة في حامل ذو قاعدة معدنية حتى يتم الحفاظ على الشكل العمودى لها خلال التجارب.
- ✳ تملأ المسحاحة بالسائل بعد غلق الصنبور جيداً إلى أعلى صفر التدرج الموجود قرب الطرف العلوى لها ثم يفتح الصنبور لتفريغ الهواء الموجود أسفله حتى يصل السائل عند صفر التدرج ثم نغلق الصنبور.
- ✳ عند قراءة التدرجات فى المسحاحة يجب أن تكون العين فى مستوى سطح السائل ، والقراءة الصحيحة تتم بأن يكون أسفل تقعر السائل ملاصقاً أعلى خط التدرج الذى نريد قياسه.

مقاس الكتاب	$82 \times 57 \frac{1}{8}$ سم
عدد الصفحات بالغلاف	١٨٠ صفحة
طبع المتن	٤ لون
طبع الغلاف	٤ لون
ورق المتن	٧٠ جم أبيض
ورق الغلاف	١٨٠ جم كوشيه
التجليد	جانبي
رقم الكتاب	