

المواد المشعة و الطاقة النووية

يعرف استهلاك الطاقة ارتفاعا متزايدا على الصعيد العالمي ، و يتوقع المتخصصين في مجال الطاقة أن أنواع الوقود التقليدية من بترول و غاز طبيعي لن تغطي أكثر من السبعين سنة المقبلة ، لذلك يتم البحث الجدي عن بدائل طاقة للبترول ، فبدأ اللجوء إلى الطاقة النووية رغم معارضة الكثيرين لها بسبب ما قد يؤدي إليه التلوث النووي من أضرار .  
فما مصدر الطاقة النووية ؟ ما هي مجالات استعمالها ؟ و ما هي أخطار التلوث النووي ؟

1- النظائر الإشعاعية :

أ- العناصر الكيميائية :

العناصر الكيميائية عبارة عن ذرات ، كل ذرة تتكون من نواة تتحرك حولها الإلكترونات ، نواة كل ذرة تتكون من بروتونات تحمل شحنة موجبة و من نوترونات محايدة كهربائيا ، تسمى مكونات النواة نويات.  
يرمز إلى عدد النويات بالحرف A و يسمى عدد الكتلة ، و يرمز إلى عدد البروتونات بالحرف Z و يسمى عدد الشحنة ، أما عدد النوترونات فيرمز إليه بالحرف N حيث  $N = A - Z$   
تمثل نواة عنصر كيميائي X بالرمز  ${}^A_ZX$  ، مثال : الكربون  ${}^{12}_6C$  نواة الكربون تحتوي على 6 بروتونات و على  $6 = 12 - 6$  نوترونات

ب- النويدات و النظائر :

يطلق إسم نويدة على نواة ذرة تتميز بعدد معين من النوترونات و البروتونات  
مثال : نويدتان لعنصر الكربون :  ${}^{12}_6C$  ;  ${}^{14}_6C$  ; نويدتان لعنصر الأورانيوم :  ${}^{235}_{92}U$  ;  ${}^{238}_{92}U$   
تسمى نظائر نويدات تحتوي على نفس عدد البروتونات Z و تختلف من حيث عدد النوترونات و بذلك يكون  ${}^{12}_6C$  ;  ${}^{14}_6C$  نظيران لعنصر الكربون ، و  ${}^{235}_{92}U$  ;  ${}^{238}_{92}U$  نظيران لعنصر الأورانيوم .

ت- النشاط الإشعاعي :

تحتفظ بعض النوى بصفة دائمة بنفس التركيب ، فنقول إن هذه النوى مستقرة ، و هناك نوى تتفتت طبيعيا و تلقائيا إلى نوى متولدة بعد بعثها إشعاعات ، فنقول إنها غير مستقرة أو إشعاعية النشاط .

تصنف الإشعاعات الناتجة عن تفتت المواد إشعاعية النشاط إلى :

- دقائق  $\alpha$  و هي نويدات الهيليوم  ${}^4_2He$
- دقائق  $\beta$  أكثر طاقة و هي عبارة عن إلكترونات  $\beta^-$  أو بوزيترونات  $\beta^+$
- دقائق  $\gamma$  هي عبارة عن فوتونات أو موجات كهر مغناطيسية ذات طاقة عالية جدا .

### ث- بعض خاصيات النظائر الإشعاعية :

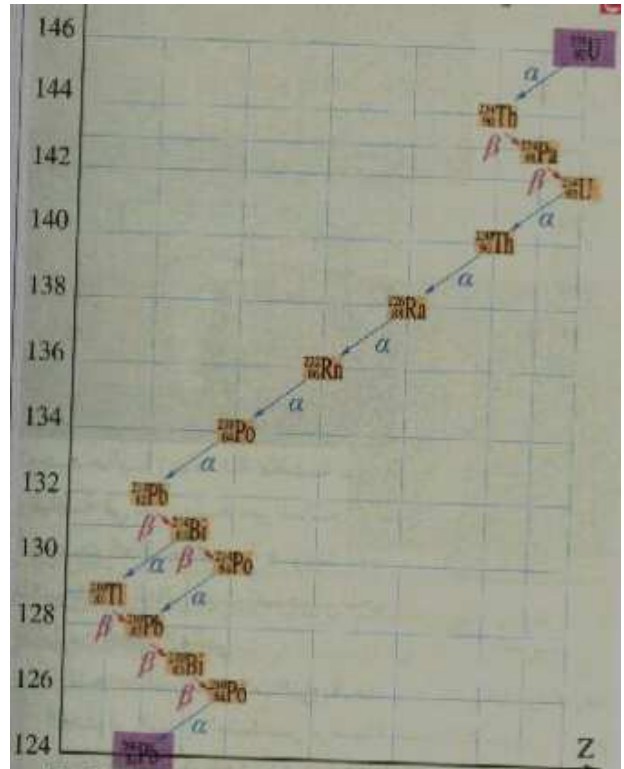
+ التناقص الإشعاعي :

يؤدي تفتت النويدات الإشعاعية عبر الزمن إلى ظهور نويدات جديدة ، فيتناقص تدريجيا عدد النويدات ، يسمى عمر النصف لنويذة مشعة المدة الزمنية T اللازمة لتفتت نصف نويدات العينة ، عمر النصف يتغير من نويذة إلى أخرى و يقدر من بعض أجزاء الثانية إلى ملايين السنين.

| النظير           | عمر النصف           | الوحدة |
|------------------|---------------------|--------|
| $^{14}\text{C}$  | 5730                | سنة    |
| $^{39}\text{Ar}$ | 269                 | سنة    |
| $^{42}\text{Ti}$ | 0,2                 | ثانية  |
| $^{131}\text{I}$ | 8,04                | يوم    |
| $^{238}\text{U}$ | $4,46 \cdot 10^9$   | سنة    |
| $^{90}\text{Th}$ | $1,4 \cdot 10^{10}$ | سنة    |

+ الفصيلة المشعة :

يؤدي تفتت بعض الأنواع من النويدات المشعة إلى ظهور نويدات جديدة ذات نشاط إشعاعي يتواصل تفتتها حتى إعطاء نويذة مستقرة و غير مشعة ، تسمى مجموع النويدات الناتجة عن نفس النويذة الأصلية فصيلة مشعة مثال : الفصيلة المشعة للأورانيوم.



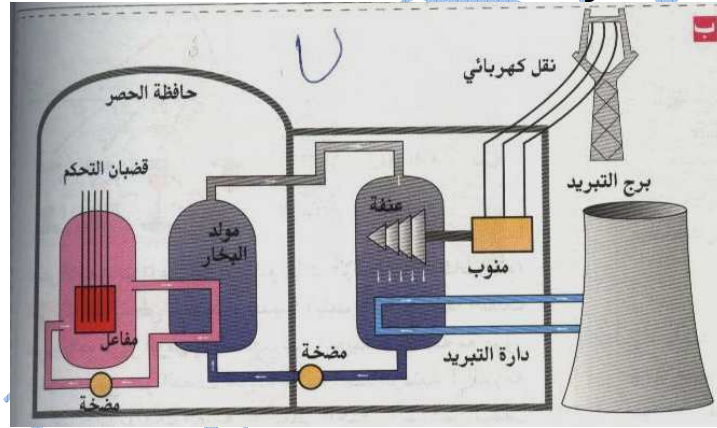
+ الانشطار النووي :

تستغل هذه الخاصية خاصة بالنسبة لنويدة الأورانيوم  $^{235}_{92}\text{U}$  داخل المفاعلات النووية بقذفها بنوترونات حرارية ، يؤدي هذا الانشطار إلى تحرير طاقة يستفاد منها ، كما أن الدقائق الناتجة عن الانشطار تحدث رجاً حرارياً داخل المفاعل النووي يؤدي إلى ارتفاع كبير في درجة الحرارة يستغل في المحطات الحرارية .

## 2- مبادئ استعمال المواد المشعة :

### أ- في إنتاج الطاقة الكهربائية :

تساهم الطاقة النووية بحوالي 17 % من الإنتاج العالمي للكهرباء ، بسبب الانتشار الواسع للمحطات النووية المنتجة للطاقة الكهربائية عبر مختلف دول العالم ، ويتم ذلك بتفاعل انشطار الأورانيوم داخل المفاعل ، فتحرر الطاقة بكيفية منتظمة ترفع درجة حرارة ماء الدارة الأولية ، تتبادل الحرارة مع الدارة الثانوية فيتبخر الماء و يدير عنفة منوب ينتج الطاقة الكهربائية ، التحكم في التفاعل المتسلسل الناتج يكون بقضبان التحكم التي تمتص النوترونات الناتجة عن الانشطار .



### ب- في التأريخ المطلق :

يمكن التناقص الإشعاعي لبعض العناصر المشعة الموجودة في الكائنات الحية أو الصخور من تأريخها ، و ذلك بمقارنة قياس النشاط الإشعاعي للعينات الراد تأريخها مع قياس النشاط الإشعاعي لعيينة شاهدة من نفس الطبيعة. يتم التأريخ باستعمال الكربون 14 عندما يتعلق الأمر بمدة لا تزيد عن 40000 سنة لأن عمر النصف للكربون 14 يقر ب 5730 سنة ، كتأريخ عمر مومياة الفراعنة أو تأريخ بقايا العصر الحجري . ويتم التأريخ باستعمال نويدات مشعة عمر نصفها كبير جدا

كالأورانيوم 238 حيث  $t_{1/2} = 4.46 \cdot 10^9$  عندما يتعلق الأمر بمدة طويلة جدا ، كتأريخ الصخور و المستحاثات لتقدير عمر الكرة الأرضية .

### ت- في ميدان الصناعات الغذائية :

تستعمل الإشعاعات  $\gamma$  المنبعثة من الكوبالت 60 الإشعاعي النشاط ، أو الأشعة X للقضاء على البكتيريا الموجودة في المواد الغذائية و بالتالي تمديد مدة حفظها ، لكبح الإنبات عند البذور و زيادة مقاومتها للأمراض و الطفيليات فتتضاعف مدة تخزينها . تسمى هذه التقنية بالتأين الغذائي الزراعي ، و يجب أن لا تتعدى كمية الإشعاعات المستعملة المقاييس المسموح بها حتى لا تصبح سامة للمستهلك .

### ث- في الميدان الطبي :

يعد الميدان الطبي أول المجالات التي عرفت تطبيقات للأشعة الإشعاعية خاصة في تشخيص عدد من الأمراض ، و ذلك بحقن المريض بكمية ضئيلة من مادة إشعاعية النشاط تنتشر داخل الجسم و تثبت على العضو المستهدف و بواسطة كاميرا يمكن استقبال الإشعاعات التي يرسلها العضو بشدة تختلف حسب شدة التثبيت المرتبطة بطبيعة و وظيفة الخلايا . تسمى هذه التقنية la scintigraphie . و تعرف تطبيقا في فحص الغدة الدرقية بحقن الإيود المشع 123 الذي تستعمله الغدة الدرقية في إفراز هرمون التيركسين ، و الطاليوم 201 الذي تثبته عضلة القلب و يكشف عن حالتها . و يعتبر العلاج بالأشعة من أهم طرق معالجة السرطانات ، بحيث تسلط إشعاعات مؤينة ذات طاقة عالية و بدقة كبيرة على الخلايا السرطانية في الورم فتدمرها .

### 3- أخطار التلوث النووي :

#### أ- على الصحة و البيئة:

كباقي مصادر الطاقة الأحفورية لا يخلو استعمال المواد المشعة من أخطار على البيئة وعلى الكائنات الحية بما تسببه من طفرات و سرطانات ، و كذا على صحة الإنسان ، بسبب ما يتعرض إليه من إشعاعات طبيعية أو اصطناعية من مصادر مختلفة . حسب الجرعة التي يتعرض لها جسم الإنسان أو التي تصله عبر السلاسل الغذائية و تظهر آثار بيولوجية مختلفة ، و تعتبر الجرعة أقل من 250 mSv ( millisievert ) دون آثار بيولوجية ، إذ نتعرض يوميا للإشعاعات الموجودة في الهواء و التي تقدر ب 50 mSv .  
- يؤثر الإشعاع على الأنسجة الحية بشكل كبير خصوصا على جزيئة ADN التي تتلف نتيجة تعرضها لكمية كبيرة من الإشعاع حيث يصعب على الخلية إصلاحها ، و قد تحدث طفرات .  
- التأثير على الجنين عند تعرض المرأة الحامل للإشعاع تنتج عنه تشوهات خلقية .  
- التأثير على الخلايا الجنسية ينتج عنه العقم .

- ارتفاع نسبة الإصابة بالسرطان كما حدث يعد حادثة مفاعل تشيرنوبيل سنة 1986 حيث ارتفعت نسبة سرطان الغدة الدرقية نتيجة احتواء العناصر الإشعاعية المتسربة على اليود المشع و الذي يتراكم بالغدة الدرقية

للحماية من الإشعاع يجب :

- الابتعاد عن مصادر الإشعاع .

- البقاء اقل وقت ممكن قرب مصادر الإشعاع.  
- عدم إجراء أكثر من 5 فحوصات بالأشعة في السنة

### ب- مصادر التلوث النووي:

تعتبر المفاعلات النووية التي تعرف تزايداً مهولاً ، و التجارب النووية لتطوير الأسلحة من أهم مصادر التلوث النووي ، بما تخلفه من نفايات نووية ، فالاشتغال العادي للمفاعل النووي يحرر عدة مواد مشعة غازية عبر المدخات ، أو سائلة يتم التخلص منها في الأنهار أو البحار ، و صلبة يتم تخزينها في مواقع خاصة .  
و تؤدي التجارب النووية و انفجار المفاعلات النووية ، كانهجار مفاعل تشيرنوبيل في أبريل 1986 إلى ظهور سحابة نووية تنقلها الرياح لمسافات مختلفة ، فتضر بالصحة و البيئة .

### 4 - إشكالية النفايات النووية:

#### أ- تصنيف النفايات النووية:

تشكل النفايات النووية كل مادة إشعاعية النشاط أصبحت غير قابلة لإعادة الاستعمال و يجب التخلص منها، و تصنف حسب مدة و مستوى نشاطها الإشعاعي إلى :

- الصنف ( Tres Faiblement Actif ) TFA : نفايات ذات نشاط ضعيف جدا ناتجة عن تفكيك المفاعلات النووية.

- الصنف A : نفايات ذات نشاط ضعيف و متوسط و عمر قصير مصدرها معدات المختبرات و المستشفيات و الصناعات.

- الصنف B : نفايات ذات نشاط ضعيف و عمر طويل مصدرها معدات معالجة الأورانيوم في المحطات النووية.

- الصنف C : نفايات ذات نشاط مرتفع و عمر طويل يدوم آلاف أو ملايين السنين مصدرها قلب المفاعل النووي.

#### ب - التخلص من النفايات النووية:

تكمن خطورة النفايات النووية في استمرار نشاطها الإشعاعي لمدة طويلة و عدم ضمان مقاومة أماكن التخزين طيلة هذه المدة.

توضع النفايات في حاويات غير قابلة للتأكسد مثل الاسمنت أو الصلب و تخزن في أماكن تستجيب لمجموعة من الشروط .

### 5- البدائل السئمة للمواد المشعة و الطاقة النووية :

تعتبر الطاقة النووية الأكثر كفاءة و مردودية و الأقل تكلفة في إنتاج الطاقة الكهربائية ، ما أنها الأقل مساهمة في تلوث الغلاف الجوي و تسبب الانحباس الحراري أو إتلاف الأوزون

، لكن استعمالها يثير عدة مخاوف بسبب الحوادث التي قد تتعرض لها المفاعلات النووية و ما تنتج عنها من تسرب للإشعاعات النووية ، و بسبب صعوبة التخلص من النفايات النووية و ما ينتج عن استعمالها من تلوث حراري للمجري المائية المجاورة للمفاعلات النووية .

لذلك يفضل حماة البيئة اللجوء إلى مصادر الطاقة البديلة و المتجددة طبيعيا كالشمس و الرياح و التيارات المائية . انظر الدرس السابق .

## مراقبة صحة وجودة الأوساط الطبيعية

تعتبر الأوساط الطبيعية مهددة بمختلف أنواع التلوث الناتجة عن استعمال الإنسان لمختلف أنواع المواد ، لذا وضعت أغلب الدول قوانين لحماية الأوساط الطبيعية و العمل على مراقبتها و المحافظة على جودتها من خلال مجموعة من المعايير

1- بعض معايير جودة الأوساط المائية :

أ- المعايير الفيزيائية و الكيميائية :

تتم عدة قياسات في عين المكان كدرجة حرارة الماء ، التوصيلية الكهربائية و pH أو في المختبر حيث يتم قياس تركيز مجموعة من المواد الذائبة في الماء و تحديد قيمة  $DBO_5$  و  $DCO$  ، حسب قيمة هذه القياسات تحدد جودة الوسط المائي .

| المعايير              | مستوى الجودة | 1A  | 1B  | 2   | 3    | 4   |
|-----------------------|--------------|-----|-----|-----|------|-----|
| المواد العالقة        |              |     |     | 25  | 70   | 150 |
| DCO                   |              | 20  | 25  | 40  | 80   |     |
| DBO <sub>5</sub>      |              | 3   | 5   | 10  | 25   |     |
| NH <sub>4</sub>       |              | 0,1 | 0,5 | 2   | 8    |     |
| NO <sub>3</sub>       |              | 0,1 | 0,3 | 1   | 2    |     |
| NO <sub>2</sub>       |              |     |     |     |      | 100 |
| SO <sub>4</sub>       |              |     |     | 250 | 50   |     |
| Cl                    |              | 100 | 20  | 400 | 1000 |     |
| O <sub>2</sub> المذاب |              | 7   | 5   | 3   |      |     |

ب- المؤشرات البيولوجية :

يعتمد على تحديد أنواع الكائنات الحية اللاقارية ذات الحساسية للتلوث العضوي ، التي تعيش في الوسط المائي ، و الموزعة إلى وحدات صناعية ، حسب العدد الكلي للوحدات

الصنافية الموجودة في عينة الوسط تحدد قيمة المعامل الإحيائي ، حسب قيمة المعامل الإحيائي تحدد درجة التلوث.

| العدد الكلي للوحدات الصنافية في العينة |           |          |         |   | الوحدات الصنافية | حساسية تنازلية للتلوث العضوي                 |
|--|-----------|----------|---------|---|------------------|--|
| ≥16                                    | 11 إلى 15 | 6 إلى 10 | 2 إلى 5 | 1 |                  |  |
| المعامل الإحيائي                       |           |          |         |   |                  |  |
| 10                                     | 9         | 8        | 7       | - | 1                | مطويات الأجنحة، بنات يوم                     |
| 9                                      | 8         | 7        | 6       | 5 | 2                | زغبيات الأجنحة                               |
| 9                                      | 8         | 7        | 6       | - | 3                | بنات يوم، ثنائية الصدفة                      |
| 8                                      | 7         | 6        | 5       | 5 | 4                | نصفيات الأجنحة، يعاسيب، قشريات، حلازين الماء |
| 8                                      | 7         | 6        | 5       | - | 5                | الأزبل، علق، نصفيات أجنحة                    |
| 7                                      | 6         | 5        | 4       | 3 | 6                | ديدان، يرقات كبرونوم                         |
| 7                                      | 6         | 5        | 4       | 3 | 7                | يرقات ذباب الزهور                            |
| -                                      | 5         | 4        | 3       | 2 |                  |  |
| -                                      | -         | 3        | 2       | 1 |                  |  |
| -                                      | -         | 1        | 1       | 0 |                  |  |

■ ماء غير ملوث   
 ■ ماء ملوث   
 — حدود التلوث

## 2- بعض معايير جودة الوسط الهوائي :

يتم بناء محطات لمراقبة جودة الهواء ، و ذلك بقياس تركيز بعض الغازات السامة و المواد العالقة بالهواء ذات التأثير السلبي على الصحة ، و قد حدد منظمة الصحة العالمية القيم الدنيا الغير مضره لتركيز هذه المواد.

## 3- بعض معايير جودة التربة :

يتم تحديد جودة التربة حسب قيمة المعامل الإحيائي ، الذي يعتمد في حسابه على الفونة الكبيرة للتربة و هي مجموعة بيئية محددة توجد في أغلب التربات .