

المادة: الفيزياء والكيمياء	جذادة بيداغوجية	الوحدة 4: التناقص الإشعاعي
القسم: السنة الثانية من سلك البكالوريا	الأستاذ: رشيد جنكل	الجزء الثالث: التحولات النووية (8% ع ف ، 8% ع أ ح)
الشعبة: العلوم التجريبية ، ع ف	الثانوية التأهيلية أيت بها	مدة الإجتاز: 4 ساعات (ع ف) ، 5 ساعات (ع أ ح)

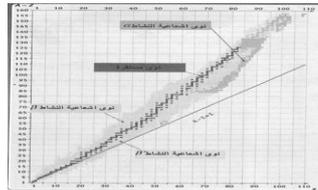
- المراجع:
- الإطار المرجعي لمادة الفيزياء والكيمياء 2010 ، شعبة العلوم التجريبية ، مسلك العلوم الفيزيائية و مسلك علوم الحياة والأرض
  - التوجيهات التربوية العامة والبرامج الخاصة بتدريس مادة الفيزياء والكيمياء بالتعليم الثانوي التاهيلي 2007
  - الكتب المدرسية : المسار ، المفيد

الكفايات المستهدفة:

كفايات تجريبية: اختيار أدوات مناسبة أخرى لإجتاز تجارب يستحيل تحقيقها داخل القسم ( إبراز أنواع الأنشطة الإشعاعية / إبراز ظاهرة التفتت العشوائي) مع تبرير الإختبار ، وصف تجربة ، تحليل نتائج التجربة ...  
كفايات مناوئانية: تعرف وتسمية أدوات تجريبية ، استعمال أدوات والبنيات جديدة في فهم وشرح ظواهر علمية نووية يستحيل إنجازها واقعا داخل القسم ، كالحاسوب ، المحاكاة ، البرامج والفيديو...  
كفايات علمية: التعرف على مجالات استقرار وعدم استقرار النوى من خلال مخطط سيغري (N , Z) ، معرفة النشاط الإشعاعي / النواة المشعة ، معرفة أنواع الأنشطة الإشعاعية ، معرفة كتابة المعادلات النووية بتطبيق قانوني الانحفاظ ، التعرف على طراز التفتت النووي انطلاقا من معادلة نووية ، تعرف واستغلال قانون التناقص الإشعاعي ، معرفة ثابتة الزمن T وعمر النصف  $t_{1/2}$  ، استغلال العلاقات بين  $t_{1/2}$  و  $\lambda$  و  $\tau$  ، معرفة استعمال معادلة الأبعاد لتحديد وحدة  $\lambda$  و  $\tau$  ، شرح مبدأ التأريخ وتحديد العنصر المشع المناسب لتأريخ حدث معين  
كفايات تكنولوجية : استعمال برنم regressi في إنجاز النمذجة  
كفايات مستعرضة: معرفة بعض الأمثلة للتأريخ بالنشاط الإشعاعي في عدة مجالات ، اتباع المنهج العلمي ( امتلاك الملاحظة العلمية ، اكتساب مبادئ التحليل ، القدرة على التركيب ، تقنيات التجريب) ، التواصل بجميع أنواعه وأشكاله المختلفة : قراءة ، تمثيل ، رسم ، إصغاء ....

امتدادات وتقاطعات مرتقبة مع مواد أخرى	المكتسبات القبلية الأساسية	الأهداف الأساسية للدرس	الوسائل التعليمية
<ul style="list-style-type: none"> <li>الفيزياء والكيمياء: المظاهر الطاقية في الميكانيك ، بنية الذرة</li> <li>الرياضيات: الدوال اللوغاريتمية والأسية ، المعادلات التفاضلية ، التمثيل المبياني للدالة</li> <li>علوم الحياة والأرض: التأريخ بواسطة نشاط إشعاعي</li> <li>الفلسفة: النظرية والتجربة</li> <li>إعلاميات : استعمال برنام لتحويل قياسات تجريبية لمنحنيات</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>بنية الذرة ، بنية نواة الذرة ورمزها</li> <li>مميزات الذرة ، كتلة الذرة متركزة اساسا في نواتها</li> <li>مفهوم النظائرية</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>معرفة مدلول الرمز <math>A</math> و <math>Z</math> وإعطاء تركيب النواة التي يمثلها ؛ تعرف نظائر عنصر كيميائي</li> <li>تعرف على مجالات استقرار وعدم استقرار النوى من خلال المخطط (N , Z)</li> <li>تعريف النشاط الإشعاعي / نواة مشعة</li> <li>تعرف أنواع الأنشطة الإشعاعية</li> <li>معرفة كتابة المعادلات النووية بتطبيق قانوني الانحفاظ</li> <li>التعرف على طراز التفتت النووي انطلاقا من معادلة نووية</li> <li>معرفة واستغلال قانون التناقص الإشعاعي واستثمار المنحنى الذي يوافق</li> <li>معرفة أن <math>1 \text{ Bq}</math> يمثل تفتتا واحدا في الثانية</li> <li>تعريف ثابتة الزمن T وعمر النصف <math>t_{1/2}</math></li> <li>استغلال العلاقات بين <math>t_{1/2}</math> و <math>\lambda</math> و <math>\tau</math></li> <li>استعمال معادلة الأبعاد لتحديد وحدة <math>\lambda</math> و <math>\tau</math></li> <li>شرح مبدأ التأريخ وتحديد العنصر المشع المناسب لتأريخ حدث معين</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>الحاسوب و data show</li> <li>برنام logiciels</li> <li>محاكاة simulation</li> <li>فيديو vidéos</li> <li>نرد</li> </ul>

التقويم	المعارف والمهارات	الأنشطة التعليمية التعليمية		الأهداف الخاصة	محاور الدرس
		نشاط المتعلم	نشاط الأستاذ		
<ul style="list-style-type: none"> <li>تمارين تطبيقية</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>معرفة مدلول الرمز <math>A</math> و <math>Z</math> وإعطاء تركيب النواة</li> <li>معرفة مميزات الذرة - كتلة الذرة متركزة في النواة</li> <li>معرفة نظائر العنصر الكيميائي والوفارة الطبيعية</li> <li>معرفة أبعاد النواة وكثافة المادة النووية</li> <li>معرفة مخطط سيغري</li> <li>معرفة النوى المستقرة وغير المستقرة من خلال تحليل مخطط سيغري</li> <li>معرفة مميزات المناطق المستقرة وغير المستقرة</li> <li>معرفة أنواع الأنشطة الإشعاعية من خلال معرفة الدقيقة المنبئة</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>تحليل I :</li> </ul>	<p>← نشاط تجريبي I: النوى غير المستقرة</p> <p>تحتفظ بعض النوى بصفة دائمة بنفس التركيب ، نقول إن هذه النوى مستقرة ، وهناك نوى تتحول تلقائيا إلى نوى أخرى بعد بعثها إشعاعات ، نقول أنها نوى غير مستقرة أو إشعاعية النشاط. يبين مخطط الشكل I والذي يسمى مخطط سيغري Segre موقع النوى المستقرة والنوى المشعة ، حيث تمثل كل نواة بمربع صغير أفصوله Z عدد بروتونات النواة ، وارتوبه N عدد نوتروناتها.</p> <p>تسمى المنطقة ذات اللون الأحمر منطقة الاستقرار ، وهي تضم النوى المستقرة.</p> <p>← استئثار:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. أعط العلاقة بين A و N و Z مبرزا اسم كل مدلول.</li> <li>2. بماذا تتميز النوى المستقرة ذات الشحنة أقل من 20 ( <math>Z &lt; 20</math> ) ؟ استنتج النسبة <math>\frac{A}{Z}</math></li> <li>3. كيف تصبح النسبة <math>\frac{A}{Z}</math> بالنسبة للنوى الثقيلة المستقرة ذات الشحنة أكبر من 70 ( <math>Z &gt; 70</math> ) ؟</li> <li>4. تضم المنطقة ذات اللون الأزرق ، النوى الإشعاعية النشاط - <math>\beta</math> . قارن بين N و Z بالنسبة لنوى المنطقة ، ماذا تستنتج؟</li> <li>5. قارن بين N و Z بالنسبة لنوى المنطقة ذات اللون الأصفر.</li> </ol>	<p>I. استقرار وعدم استقرار النوى</p> <p>1. تركيب النواة</p> <p>2. العنصر الكيميائي</p> <p>3. النويدات</p> <p>4. النظائر</p> <p>5. الوفارة الطبيعية</p> <p>6. أبعاد النواة وكثافة المادة النووية</p> <p>7. مخطط سيغري</p>	<p>التعرف على مجالات استقرار وعدم استقرار النوى من خلال مخطط سيغري (N , Z)</p> <p>تذكير بمكونات الذرة ومميزاتها كالنظائر والوفارة الطبيعية والكثافة</p>



ماذا تستنتج؟  
6. هل النوى الثقيلة ( $Z > 82$  ;  $A > 200$ ) مستقرة؟ إذا كان الجواب بلا ، ما نوع نشاطها الإشعاعي؟

## II. النشاط الإشعاعي

1. تعريف
2. خصائص النشاط الإشعاعي
3. قوانين الانحفاض الأشعاعية
4. الأنشطة الإشعاعية
5. الفصيلة المشعة

### إبراز أنواع الأنشطة الإشعاعية إبراز تعريف للنشاط الإشعاعي

◀ نشاط وثنائقي : معرفة اكتشاف بيريكيل للنشاط الإشعاعي :

/ نشاط وثنائقي 1 ص 67 من الكتاب المدرسي : المسار /  
اكتشف الفيزيائي الألماني روننتغن (Rontgen Wilhelm) في الثامن من نوفمبر عام 1895 أشعة يظهر أن لها القدرة على اختراق المواد غير الشفافة ، طبيعتها غير معروفة وتترك أثارا على الألواح الفوتوغرافية أسماها الأشعة X .  
وتساءل الفيزيائي الفرنسي بيكريل (Henri Bequerel) على غرار العديد من العلماء في مطلع عام 1896 ما إذا كانت ثمة علاقة بين الأشعة X والتفسفر – قدرة بعض المواد على بعث إشعاع أو ضوء في الظلام بعد أن تتعرض للضوء.  
فراح بيكريل يعرض عينات من أملاح الأورانيوم لأشعة الشمس ثم يضعها على ألواح فوتوغرافية ملفوفة بورق أسود ، وبعد تحميص تلك الألواح ، كان يجد عليها بقعا صغيرة ، وبناء على ذلك ، اعتقد أن الأورانيوم يبعث الأشعة X إلى ان حل الفاتح مارس عام 1896 تاريخ اكتشاف بيكريل للنشاط الإشعاعي ن حيث تقول الرواية العلمية ان بيكريل حضر أربعة أيام قبل ذلك التاريخ – ألواح فوتوغرافية وأملاح الأورانيوم كالمعتاد، لكن سماء باريس كانت مليئة بالغيوم ، فتعذر تعريض الأملاح الأورانيوم لأشعة الشمس، فوضعها في درج مكثبه مع صفائح فوتوغرافية مكسوة بغشاء من ورق سميك أسود ومعتم ، وبقي المناخ على حاله أربعة أيام . وقيل أن يبدأ- هذه المرة – يعرض أملاح الأورانيوم للشمس قام بتحميص الألواح الفوتوغرافية.....

وكم كانت دهشته كبيرة حين وجد عليها بقعا كبيرة . ولتأكد من نتائج كررها مرات فكان يحصل على النتائج نفسها. ولم يبق أمامه سوى استنتاج كون الأورانيوم يبعث الأشعة أسماها –الأشعة الأورانية- وهي قادرة على اختراق المواد الشفافة حتى وان لم يعرض لأشعة ضوئية.

فما هي طبيعة هذه الأشعة الأورانية؟ وما مصدره؟ وهل يتقرد الأورانيوم بذلك دون بقية المعادن الأخرى؟ أمثال هذه الأسئلة جالت في مخيلة علماء كثر من بينهم ماري كوري (Marie Curie) عالمة الفرنسية ذات الأصل البولوني. وراحت هذه الأخيرة تدرس الأنواع الكيميائية المعروفة آنذاك. وبعد جهود مضنية اكتشفت ماري كوري ماكانت تبحث عنه . فالأورانيوم ليس العنصر الوحيد الذي يمكنه أن يبعث –الأشعة الأورانية- بل هناك عنصر آخر هو الطوريوم –الثوريوم- يملك الخاصية نفسها. وتبعاً لذلك أطلقت ماري كوري اسم- النشاط الإشعاعي – على تلك الظاهرة ؟ ولم يكن ذلك إلا استهلالاً لعمل جبار لاحق . ففي نهاية 1898 تمكنت ماري كوري –بفضل مساعدة زوجها بيير (Pierre) من اكتشاف عنصرين مشعين جديدين أسماها الأول بولونيوم نسبة إلى بولونيا، وطن ماري كوري الأصلي والثاني الراديوم.

ثلث ذلك عدة أبحاث أدت إلى تعرف وتصنيف الأشعة المنبعثة من المواد المشعة. حيث تعرف الفيزيائيان الإنجليزيان (ارنست رودرفورد (Rutherford) و(فريدريك سودي (Soddy) على الأشعة المنبعثة من الأورانيوم 238، وبينما أنها عبارة عن نوى الهليوم المتأينة. وسميت أشعة  $\alpha$ . ويعبر عن هذا الانبعاث بالمعادلة:  ${}_{92}^{238}\text{U} \rightarrow {}_{90}^{234}\text{Th} + {}_2^4\text{He}$

في سنة 1900م تعرف بيكريل على نوع آخر من الإشعاعات النووية وهو الإشعاع  $\beta$ . وهو عبارة عن انبعاث الكترونات  ${}_{-1}^0\text{e}$  من نوى الطوريوم Th وفق المعادلة:  ${}_{90}^{234}\text{Th} \rightarrow {}_{91}^{234}\text{Pa} + {}_{-1}^0\text{e}$ .

بعد ذلك أبرز الفرنسي (بول فيلار (Paul Villard) وجود الأشعة  $\gamma$  وهي عبارة عن موجات كهر مغناطيسية غير مرئية. وبين نيلز بوهر (Niels Bohr) عام 1910 أن نوى الذرات هي المشعة وليست الذرات نفسها.

أدت كل هذه الاكتشافات وتطبيقاتها إلى تطور وإغناء المعارف حول طبيعة نواة الذرة.

◀ استثمار:

1. من خلال النص ، أعط تعريف التفسفر
  2. لماذا دهش بيكريل حين لاحظ أثارا على اللوحة الفوتوغرافية ؟
  3. ما الأنواع الكيميائية التي اكتشفتها ماري كوري وزوجها؟
  4. عرف النشاط الإشعاعي
  5. أذكر أنواع الإشعاعات النووية الواردة في النص وحدد طبيعتها ، وأبرز مكتشفها
- تحقق من انحفاظ كل من عدد الكتلة A وعدد الشحنة z في معادلتى التحولين الواردتين في النص

❖ تحليل2:

- معرفة إنجاز عملية التضمين
- معرفة تحديد التوتر الحامل ، التوتر المضمن / المعلومة
- معرفة مميزات التوتر المضمن

• تمارين تطبيقية

II. التناقص الإشعاعي

1. إبراز قانون التناقص الإشعاعي
2. ثابتة الزمن ، ثابتة النشاط الإشعاعي
3. عمر النصف لعينة مشعة
4. نشاط عينة مشعة

إبراز قانون التناقص الإشعاعي ومعرفة ثابتة الزمن ، ثابتة النشاط الإشعاعي ونشاط عينة مشعة

< نشاط 3 : إبراز قانون التناقص الإشعاعي

ان تفتت النواة ظاهرة عشوائية غير مرتقبة في الزمن، ذلك انه لا يمكن التنبؤ بحدوث نشاط إشعاعي لنواة في لحظة معينة. غير أنه يمكن معرفة احتمال وقوعه خلال مدة زمنية  $t$  .

ونفس الشيء يمكن ملاحظته بالنسبة لنرد ، فرميه ظاهرة عشوائية ، اذا لا يمكن التنبؤ بعدد الرميات اللازمه للحصول على الوجه "6" مثلا، بل يمكن فقط معرفة احتمال ظهور الوجه "6" وهو  $p=1/6$  . يمكن انذ ماثلة نواة مشعة ينزرد، والحصول على منحنى يوافق قانون التناقص الإشعاعي ، وذلك بتحديد عدد الرميات التي يظهر فيها الوجه "6" .

- توزع المائة نرد على التلاميذ بحيث يأخذ كل واحد 4 أو 5 نردات.
- نرمي  $N_0 = 100$  نرد في نفس الوقت ، ونحسب عدد النردات  $S_1$  التي يظهر فيها الوجه "6" . فهذا العدد يمثل عدد النوى المتفتتة خلال الثانية الأولى. نزيل العدد  $S_1$  للنردات من مجموع المائة نرد.
- نرمي العدد  $N_1 = N_0 - S_1$  من النردات المتبقية ، ونعد العدد  $S_2$  من النردات التي ظهر فيها الوجه "6" . وتمثل هذه النردات النوى المتفتتة خلال الثانية الموالية . نزيل العدد  $S_2$  للنردات من بين العدد  $N_1$  للنردات .
- نعيد نفس العملية حتى لا يتبقى أي نرد .
- ندون النتائج في جدول ، يمثل الجدول أسفله نموذجا للنتائج المحصلة

/ أنظر الكتاب المدرسي المسار ص 69 /

❖ استثمار:

1. مثل المنحنى  $N(t)$  عدد النردات المتبقية بدلالة الزمن.
2. حدد المدة الزمنية  $t_{1/2}$  التي تقلص خلالها  $N(t)$  إلى القيمة  $N_0/2$ .
3. ادخل نتائج التجربة في برنم يعالج المعطيات ( ريغريسي مثلا) ثم قارن بين المنحنى  $N(t)$  ومنحنى الدالة  $N(t) = N_0 e^{-\lambda t}$

هل هذه النمذجة مرضية ؟ ماقيمة وحدة الثابتة  $\lambda$  ؟

4. احسب النسبة  $t_{1/2}$  وقارنها مع  $\ln 2$  . ماذا تستنتج؟

بواسطة برنم يحاكي رمي النردات وباختيار  $N_0 = 1000$  نرد، انجز سلسلة من الرميات متبعا نفس طريقة المحاكاة الاولى .

5. هل تغيرت قيمة  $t_{1/2}$  المحصلة في السؤال 2 ؟
6. قم بنمذجة النتائج المحصلة بالدالة  $N(t) = N_0 e^{-\lambda t}$  هل هذه النمذجة صالحة في هذه الحالة، ماذا تستنتج ان؟

❖ تحليل 3:

- معرفة إستغلال نتائج التجربة وتحويلها الى مبيان
- معرفة تطبيق برنم regressi في النمذجة
- معرفة تعبير قانون التناقص الإشعاعي
- معرفة ثابتة الزمن ، معرفة ثابتة النشاط الإشعاعي ، معرفة عمر النصف لعينة مشعة
- معرفة مختلف تعابير قانون التناقص الإشعاعي
- معرفة تطبيق قانون التناقص الإشعاعي
- معرفة تعبير قانون التناقص الإشعاعي
- معرفة نشاط عينة
- معرفة تعبير نشاط عينة بدلالة الزمن
- معرفة الوسائل المستعملى لقياس نشاط عينة مشعة

• تمارين تطبيقية

IV. التأريخ بالنشاط الإشعاعي

معرفة كيفية إنجاز التأريخ بالنشاط الإشعاعي معرفة طرق مختلفة للتأريخ

< نشاط 4 : التأريخ بالنشاط الإشعاعي

يستعمل الجيولوجيون وعلماء الآثار والانتروبولوجيون تقنيات مختلفة مختلفة لتحديد أعمار الحفريات والصخور... ونجد من بين هذه التقنيات تلك التي تعتمد على النشاط الإشعاعي ، حيث يمكن التناقص الإشعاعي لبعض العناصر المشعة الموجودة في الصخور أو الكائنات الميتة، من إيجاد عدة تقنيات للتأريخ . فيمقارنة قياس نشاط اشعاعي أو كمية مادة عينة "شاهدة" من نفس الطبيعة ، يمكن تقدير عمر العينة.

❖ التأريخ بالكربون 14 :

تتبادل الكائنات الحية ( الانسان ، الحيوان و النبات ) الكربون مع الجو (التنفس ، التركيب الضوئي) ومع المركبات العضوية(التغذية). يتوفر عنصر الكربون أساسا على نظيرين : الكربون 12 وهو مستقر ، والكربون 14 وهو اشعاعي النشاط  $\beta^-$  ز وهذا الاخير موجود بكميات ضئيلة بسبب ضعف وفارته الطبيعية ( % 0,0001 ) ، حيث يوجد بهذه الوفرة في كل تركيب كيميائي يضم الكربون وخاصة مثل ثنائي أوكسيد الكربون  $CO_2$  .

أول من استعمل الكربون 14 للتأريخ هو الكيميائي الأمريكي ويلارد ليني (Willard libby) ومعاونيه من جامعة شيكاغو بأمرىكا سنة 1947، بعدما توصلوا إلى أن الكربون يتكون باستمرار نتيجة اصطدام نوترونات آتية من الفضاء الخارجي بالأزوت حسب المعادلة:  ${}^1_0n + {}^{14}_7N \rightarrow {}^{14}_6C + {}^1_1H$  وهكذا تبقى النسبة بين ذرات الكربون 14 وذرات الكربون 12 ثابتة في الغلاف الجوي مع الزمن . وتحتوي كل الكائنات الحية من نفس النوع على النسبة نفسها. وعند موت أي كائن حي ، تتناقص تلك النسبة في جسده بسبب توقف امتصاص الكربون 14 من الوسط المحيط وتفتت نويدات  ${}^{14}_6C$  الموجودة في جثته . وبقياس نشاط  ${}^{14}_6C$  في الكائن بعد موته يمكن حساب المدة التي مضت على وفاته .

وتجدر الإشارة إلى أن طريقة التأريخ بالكربون 14 تستعمل فقط بالنسبة للعينات التي يكون عمرها أقل من 4000 سنة . وهذا راجع لكون العينات الأطول عمرا تحتوي على كمية ضئيلة جدا من  ${}^{14}_6C$  ، ولا يمكن قياس نشاطها.

❖ التأريخ بطرق أخرى:

توجد طرق أخرى للتأريخ تستعمل فيها نويدات مشعة عمر نصفها كبير جدا . وتمكن من تأريخ عينات أكثر قدما وبين الجدول التالي بعض طرق التأريخ ومجال صلاحيتها:

/ أنظر الكتاب المدرسي المسار ص 78 و الفضاء ص 56 /

- معرفة تقنيات مختلفة للتأريخ
- معرفة التأريخ بالكربون
- معرفة اسباب التأريخ بطريقة معينة
- معرفة طرق لتأريخ عينات قديمة جدا
- كالصخور والحفريات :
- إستعمال اليوتاسيوم - أرغون
- إستعمال الروبيديوم - سترونيوم
- إستعمال الرصاص

• تمارين تطبيقية

لتاريخ عينات قديمة جدا كالصخور، يستعمل الأورانيوم 238. إن استعمال هذا النظير ذي عمر النصف  $t_{1/2} = 4,468 \cdot 10^9$  ans ، قد مكن من تقدير عمر الكرة الأرضية وهو حوالي 4,55 مليار سنة.

• البوتاسيوم - أرغون:

يوجد البوتاسيوم بكثرة في الصخور التي تحتوي على الميكا والفلسبات والهورتليند، ولتحديد أعمار هذه الصخور غالبا ما يستعمل الجيولوجيون تفتت البوتاسيوم وتحوله إلى أرغون. تسمح هذه الطريقة بتأريخ صخور يتراوح عمرها ما بين 100000 سنة وملايين السنين، إلا أن أخذ عينات من الصخور التي تحتوي على البوتاسيوم يجب أن يكون مصحوبا بدراسة دقيقة للظروف الجيولوجية التي تكونت فيها هذه الصخور. أما في علم الآثار ، فهذه الطريقة لا تؤرخ الحفريات مباشرة، وإنما تؤرخ الطبقات الصخرية التي وجدت فيها هذه الحفريات.

• الروبيديوم-سترونيوم:

يستعمل الروبيديوم لتاريخ الصخور الصهارية (magmatique) والخور المتحولة (métamorphique) وكذلك العينات المؤخدة من سطح القمر. وترتكز هذه الطريقة على النشاط الإشعاعي  $\beta^-$  للروبيديوم 87 الذي يتحول إلى السترونيوم 87.

• الرصاص:

تستعمل هذه الطريقة لتاريخ اعمار المواد التي تعود الى عصر ما قبل الكامبري ، ويتم خلالها قياس كمية الرصاص الكلية الموجودة في العينة وقياس النشاط الإشعاعي  $\alpha$ . ويحدد الجيولوجيون عمر المواد بحساب نسبة تفتت الأورانيوم 238 الى رصاص 206 ، وتفتت الأورانيوم 235 الى رصاص 207 ، وكذلك الثوريوم 223 الى رصاص 208. وبذلك يمكن تحديد ثلاثة أعمار مستقلة للعينة نفسها.

❖ أساليب التقويم الإجمالي :

- تمارين تطبيقية وتوليفية :
- ✓ بالنسبة لعلوم فيزيائية : 9 ص 82
- ✓ بالنسبة لعلوم الحياة والأرض : 15 ، 16 ، 17 ص 72 و 73
- سلسلة :سلسلة رقم 3 الدورة الأولى : إنتشار موجة ضوئية ، التحولات النووية ، التحولات التي تحدث في المنحنيين ، حالة توازن مجموعة كيميائية (
- فرض محروس : فرض محروس رقم 2 الدورة الأولى