كلية العلوم

القسم : الفيزياء

السنة : الرابعة

المادة : فيزياء اشعاعية

المحاضرة : الثانية/نظري/

{{ مكتبة A to Z }}

Facebook Group : مكتبة A to Z

كلية العلوم ، كلية الصيدلة ، الهندسة التقنية

2026

١٥
١٠

يمكنكم طلب المحاضرات برسالة نصية (SMS) أو عبر(What's app-Telegram)على الرقم 0931497960

الفيزياء الاشعاعية

المحاضرة-2
النشاط الاشعاعي

النشاط الاشعاعي

- في عام 1896، قرر العالم هنري بيكريل التحقق من وجود رابط بين الأشعة السينية، والوميض الفوسفوري، والأخير يمثل خاصية طبيعية لبعض المواد التي تعطي ضوءًا فوسفوريًّا في الظلام.

- حاول بيكريل تعريض لوحات الصور الفوتوغرافية المصنعة باستخدام أملاح اليورانيوم للضوء الفوسفوري، مثلما فعل رونتجن مع الأشعة السينية. واعتقد بيكريل أنه يحتاج لضوء الشمس لاستكمال تجربته، ولكن السماء في ذلك الوقت كانت ملبدة بالغيوم. وبالتالي قام بتخزين المواد والأدوات التي يستخدمها انتظارًا ليوم مشمس.

- لكن بيكريل دهش كثيرًا عندما وجد أن لوحات التصوير الخاص به تعرضت بالفعل لأشعة ما رغم عدم وجود ضوء الشمس. وبعد وضعه لنظريات حول السبب وراء وجود هذه الأشعة، وإجرائه التجارب، اكتشف أن الأشعة جاءت من أملاح اليورانيوم في أول مثال على حدوث ظاهرة النشاط الإشعاعي للعناصر المشعة.

النشاط الاشعاعي

- اكتشفه هنري بيكريل في عام 1986.
- هو عملية تتحول فيها النواة الأم غير المستقرة تلقائياً إلى واحدة أو عدة نوى وليدة تكون أكثر استقراراً من النواة الأم بفضل امتلاكها طاقات ارتباط أكبر لكل نواة مقارنة بالنواة الأم.
- قد تكون النواة الوليدة أيضاً غير مستقرة وستتحلل أكثر من خلال سلسلة من التحللات الإشعاعية حتى يتم الوصول إلى تكوين نووي مستقر.
- عادةً ما يصاحب التحلل الإشعاعي انبعاث جسيمات نشطة يمكن استخدامها في العلوم والصناعة والزراعة والطب.

النشاط الاشعاعي

- التحلل النووي، المعروف أيضًا باسم التفكك النووي أو التحول النووي أو التحلل الإشعاعي، هو ظاهرة إحصائية.

- القوانين الأسية التي تحكم التحلل النووي ونمو المواد المشعة تم صياغتها لأول مرة بواسطة إرنست رذرفورد وفريدريك سودي في عام 1902 ثم تم تحسينها بواسطة هاري باتيمان في عام 1910.

النشاط الاشعاعي

- المادة المشعة التي تحتوي على ذرات من نفس البنية غالباً ما يشار إليها بالنظير المشع.
- الذرات المشعة، مثل أي بنية ذرية أخرى، تتميز بالعدد الذري Z ورقم الكتلة الذرية A.
- يتضمن التحلل الإشعاعي انتقالًا من الحالة الكمومية للنظير الأصلي (الأم) إلى الحالة الكمومية للنظير الناتج (الابنة).
- الفرق في الطاقة بين المستويين الكموميين المعنيين بعملية الانتقال الإشعاعي يُشار إليه بطاقة التحلل.
- يتم انبعاث طاقة التحلل إما في شكل إشعاع كهرومغناطيسي (عادة أشعة جاما) أو في شكل طاقة حركية لمنتجات التفاعل.

النشاط الاشعاعي

- جميع عمليات التحلل الإشعاعي تحكمها نفس الصيغة العامة التي تعتمد على تعريف النشاط A(t) وعلى ثابت مميز لكل عملية تحلل إشعاعي: ثابت التحلل الإشعاعي الكلي λ بأبعاد الزمن العكسي $1.s^{-1}$

- ثابت التحلل λ مستقل عن عمر الذرة المشعة وهو مستقل أساساً عن الظروف الفيزيائية مثل درجة الحرارة والضغط والحالة الكيميائية لبيئة الذرة.

النشاط الاشعاعي

- النشاط الإشعاعي A(t) لمادة مشعة تحتوي على عدد كبير N(t) من الذرات المشعة المتطابقة يمثل العدد الإجمالي للتحللات (التفككات) لكل وحدة زمنية ويُعطى بالعلاقة:

$$\mathcal{A}(t) = \lambda N(t) \ .$$

- وحدة النشاط في النظام الدولي للوحدات (SI) هي البكريل (Bq) وتُعطى كـ $1\ Bq = 1\ s^{-1}$ البكريل
- الوحدة القديمة للنشاط، الكوري (Ci):

$$1\ \mathrm{Ci} = 3.7 \times 10^{10}\ \mathrm{Bq}.$$

النشاط الاشعاعي

- النشاط النوعي a يُعرّف كنشاط A لكل وحدة كتلة M ، أي

$$a = \frac{\mathcal{A}}{M} = \frac{\lambda N}{M} = \frac{\lambda N_{\mathrm{A}}}{A} \ ,$$

حيث N_A هو عدد أفوجادرو (6.022×10^{23}). يعتمد النشاط النوعي a على ثابت التحلل λ وعلى العدد الكتلي الذري A للذرة المشعة. وحدات النشاط النوعي هي Bq/kg (وحدة النظام الدولي) و Ci/g (الوحدة القديمة).

- ملاحظة:

الكتلة بالغرامات التي تساوي الكتلة الذرية المتوسطة لعنصر كيميائي تحتوي بالضبط $6.022 * 10^{23}$ ذرة و هو عدد أوفوغادرو N_A. ويكون عدد الذرات في ا غرام من المادة $\frac{N_a}{M}$ يساوي النسبة التالية:

$$\frac{N_a}{M} = \frac{N_A}{A}$$

تحلل النواة المشعة إلى نواة مستقرة

- أبسط أشكال التحلل الإشعاعي يتميز بتحلل نواة مشعة P بثابت تحلل λ_P إلى نواة ابنة مستقرة D ، أي:

$$\mathrm{P} \xrightarrow{\lambda_\mathrm{P}} \mathrm{D} \ .$$

- معدل تناقص عدد النوى المشعة $N_p(t)$ يساوي النشاط الإشعاعي $A_p(t)$ عند الزمن t ، أي:

$$\frac{dN_\mathrm{P}(t)}{dt} = -\mathcal{A}_\mathrm{P}(t) = -\lambda_\mathrm{P} N_\mathrm{P}(t) \ .$$

- يمكن إعادة كتابة المعادلة التفاضلية الأساسية لـ $N_p(t)$ في صيغة تكاملية عامة للحصول على:

$$\int_{N_\mathrm{P}(0)}^{N_\mathrm{P}(t)} \frac{dN_\mathrm{P}(t)}{N_\mathrm{P}} = -\int_0^t \lambda_\mathrm{P} dt \ ,$$

حيث $N_p(0)$ هو عدد النوى المشعة عند الزمن t = 0

تحلل النواة المشعة إلى نواة مستقرة

- بافتراض أن λ_p ثابت، يمكننا كتابة العلاقة السابقة كما يلي:

$$N_\mathrm{P}(t) = N_\mathrm{P}(0) e^{-\lambda_\mathrm{P} t} \ .$$

- يمكن الآن التعبير عن نشاط النوى المشعة P عند الزمن t كما يلي:

$$\mathcal{A}_\mathrm{P}(t) = \lambda_\mathrm{P} N_\mathrm{P}(t) = \lambda_\mathrm{P} N_\mathrm{P}(0) e^{-\lambda_\mathrm{P} t} = \mathcal{A}_\mathrm{P}(0) e^{-\lambda_\mathrm{P} t} \ ,$$

حيث $A_p(0) = \lambda_p N_p(0)$ هو النشاط الابتدائي للمادة المشعة.

تحلل النواة المشعة إلى نواة مستقرة

- ينطبق قانون التحلل الاشعاعي على جميع النويدات المشعة بغض النظر عن طريقة تحللها:

$$\mathcal{A}_P(t) = \lambda_P N_P(t) = \lambda_P N_P(0) e^{-\lambda_P t} = \mathcal{A}_P(0) e^{-\lambda_P t} ,$$

- ومع ذلك، فإن ثابت التحلل λ_P يختلف لكل نويدة مشعة P وهو أهم خاصية تعريفية للنويدات المشعة.
- عندما يكون هناك أكثر من طريقة تحلل متاحة لنواة مشعة (تشعب)، فإن ثابت التحلل الكلي λ هو مجموع ثوابت التحلل الجزئية λi لكل طريقة .

$$\lambda = \sum_i \lambda_i .$$

تحلل النواة المشعة إلى نواة مستقرة

عمر النصف $(t_{1/2})_P$ لمادة مشعة P هو الزمن الذي يتناقص فيه عدد النوى المشعة للمادة إلى نصف القيمة الابتدائية $N_P(0)$ الموجودة عند الزمن $t = 0$. يمكننا أيضاً القول إنه في زمن عمر النصف يتناقص نشاط المادة المشعة إلى نصف قيمته الابتدائية، أي:

$$N_P[t = (t_{1/2})_P] = \frac{1}{2} N_P(0) = N_P(0) e^{-\lambda (t_{1/2})_P} .$$

$$\lambda_P = \frac{\ln 2}{(t_{1/2})_P} = \frac{0.693}{(t_{1/2})_P} .$$

تحلل النواة المشعة إلى نواة مستقرة

- **العمر المتوسط أو وسطي العمر:**
- يُمكن أن يتراوح العمر الفعلي لأي نواة مشعة من 0 إلى ∞، ومع ذلك، بالنسبة لعدد كبير من النوى المشعة N_P يمكننا تعريف العمر المتوسط τ_P لمادة مشعة P :
- الذي يساوي مجموع أعمار جميع الذرات مقسوماً على العدد الابتدائي للنوى المشعة. يمثل العمر المتوسط بالتالي متوسط العمر المتوقع لجميع النوى في المادة المشعة P عند الزمن t = 0

$$\tau = \frac{1}{N_0}\int_0^{\infty} N_0 e^{-\lambda t} dt = \frac{1}{\lambda}$$

- يرتبط ثابت التحلل λ_P و متوسط العمر τ_P بالعلاقة التالية:

$$\tau_{\mathrm{P}} = \frac{1}{\lambda_{\mathrm{P}}} .$$

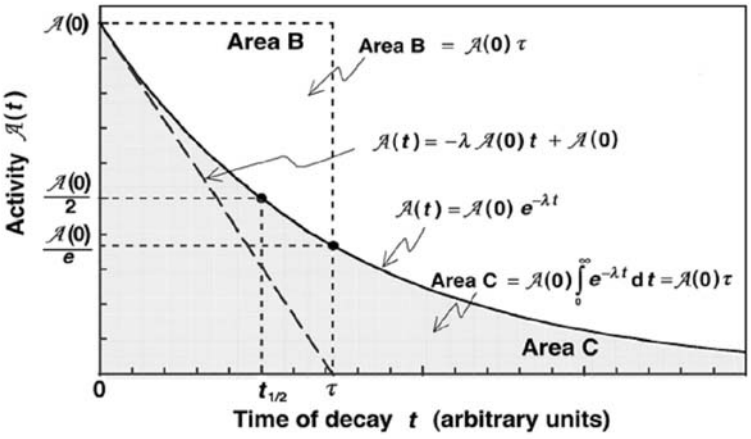
تحلل النواة المشعة إلى نواة مستقرة

العمر المتوسط أو وسطي العمر:

- يمكن أيضاً تعريف متوسط العمر τ_P على أنه الوقت المطلوب لعدد الذرات المشعة أو نشاطها للانخفاض إلى
$1/e = 0.368$ من قيمتها الأولية.
- كما أن متوسط العمر τ_P و نصف العمر يرتبطان مع بعضهما بالعلاقة:

$$\tau_{\mathrm{P}} = \frac{1}{\lambda_{\mathrm{P}}} = \frac{(t_{1/2})_{\mathrm{P}}}{\ln 2} = 1.44(t_{1/2})_{\mathrm{P}} .$$

تحلل النواة المشعة إلى نواة مستقرة



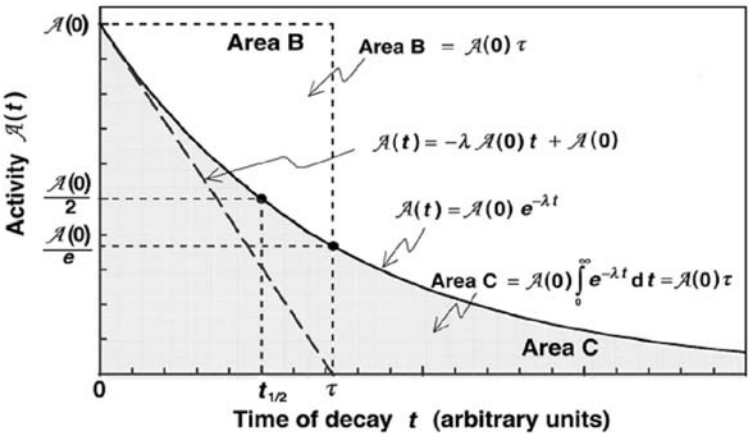
الشكل 1 النشاط الاشعاعي بدلالة الزمن من أجل تفكك بسيط لنواة أم نشطة الى نواة بنت مستقرة.

1. المساحة تحت المنحني للنشاط الاشعاعي بدلالة الزمن من أجل $0 \le t \le \infty$ تُعطى بالعلاقة التالية:

$$\int_0^\infty \mathcal{A}_{\mathrm{P}}(t)dt = \mathcal{A}_{\mathrm{P}}(0)\int_0^\infty e^{-\lambda_{\mathrm{P}}t}dt = \frac{\mathcal{A}_{\mathrm{P}}(0)}{\lambda_{\mathrm{P}}} = N_{\mathrm{P}}(0)\,,$$

النتيجة هي العدد الأولي للنوى النشطة اشعاعياً في الزمن $t = 0$

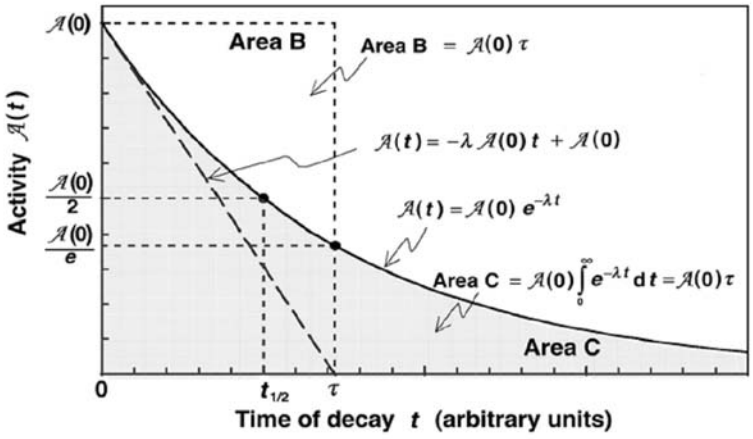
تحلل النواة المشعة إلى نواة مستقرة



الشكل 1 النشاط الاشعاعي بدلالة الزمن من أجل تفكك بسيط لنواة أم نشطة الى نواة بنت مستقرة.

2. العدد الكلي للنوى النشطة اشعاعياً الموجودة في أي زمن $t > 0$ يساوي النشاط الاشعاعي$A_P(t)$ مضروباً بمتوسط العمر τ.

تحلل النواة المشعة إلى نواة مستقرة



الشكل 1 النشاط الاشعاعي بدلالة الزمن من أجل تفكك بسيط لنواة أم نشطة الى نواة بنت مستقرة.

3. ميل المماس لمنحني التفكك عند الزمن t يُعطى بالعلاقة:

$$\frac{d\mathcal{A}_{\mathrm{P}}(t)}{dt} = -\lambda_{\mathrm{P}}\mathcal{A}_{\mathrm{P}}(0)e^{-\lambda_{\mathrm{P}}t}\,,$$

حيث أن ميل المماس عن t=0 يساوي $-\lambda_P A_P(0)$

التفكك وفق سلسلة اشعاعية:

- يمكن أن يحدث تفكك اشعاعي أكثر تعقيداً من الحالة البسيطة السابقة، حيث يمكن أن تتفكك نواة أم نشطة اشعاعياً تمتلك ثابت تفكك λ_P الى نواة بنت غير مستقرة، وبدورها النواة البنت تتفكك بثابت λ_D الى نواة حفيدة مستقرة.

$$\mathrm{P} \xrightarrow{\lambda_{\mathrm{P}}} \mathrm{D} \xrightarrow{\lambda_{\mathrm{D}}} \mathrm{G}\,.$$

التفكك وفق سلسلة اشعاعة.

$$\mathrm{P} \xrightarrow{\lambda_\mathrm{P}} \mathrm{D} \xrightarrow{\lambda_\mathrm{D}} \mathrm{G}\ .$$

- تغير عدد النوى البنت خلال واحدة الزمن $dN_D(t)/dt$ يساوي الى حاصل عدد النوى الأم المتفككة في اللحظة t مطروحاً منه عدد النوى البنت التي تتفكك في اللحظة t:

$$dN_\mathrm{D}/dt = \lambda_\mathrm{P} N_\mathrm{P}(t) - \lambda_\mathrm{D} N_\mathrm{D}(t) = \lambda_\mathrm{P} N_\mathrm{P}(0)\, e^{-\lambda_\mathrm{P} t} - \lambda_\mathrm{D} N_\mathrm{D}(t)$$

حيث $N_P(0)$ هو عدد النوى الأم في اللحظة t=0

- سنعتبر أنه في الشروط البدئية $N_P(t=0) = N_P(0)$ ، والنوى الأم ستتفكك وفق العلاقة :

$$N_\mathrm{P}(t) = N_\mathrm{P}(0)\, e^{-\lambda_\mathrm{P} t}\ .$$

التفكك وفق سلسلة اشعاعة.

$$\mathrm{P} \xrightarrow{\lambda_\mathrm{P}} \mathrm{D} \xrightarrow{\lambda_\mathrm{D}} \mathrm{G}\ .$$

$$dN_\mathrm{D}/dt = \lambda_\mathrm{P} N_\mathrm{P}(t) - \lambda_\mathrm{D} N_\mathrm{D}(t) = \lambda_\mathrm{P} N_\mathrm{P}(0)\, e^{-\lambda_\mathrm{P} t} - \lambda_\mathrm{D} N_\mathrm{D}(t)$$

- سنحاول إيجاد علاقة تُعطي عدد النوى البنت في أي لحظة زمنية t
- سنفترض أنه في الشروط البدئية t=0 لا يوجد تشكل لأي نواة بنت.

$$N_\mathrm{D}(t=0) = N_\mathrm{D}(0) = 0\ .$$

التفكك وفق سلسلة اشعاعة.

$$\mathrm{P} \xrightarrow{\lambda_\mathrm{P}} \mathrm{D} \xrightarrow{\lambda_\mathrm{D}} \mathrm{G}\ .$$

- ان حل المعادلة التفاضلية

$$dN_\mathrm{D}/dt = \lambda_\mathrm{P} N_\mathrm{P}(t) - \lambda_\mathrm{D} N_\mathrm{D}(t) = \lambda_\mathrm{P} N_\mathrm{P}(0)\, e^{-\lambda_\mathrm{P} t} - \lambda_\mathrm{D} N_\mathrm{D}(t)$$

يمتلك حل عام من الشكل:

$$N_\mathrm{D}(t) = N_\mathrm{P}(0)\left\{p e^{-\lambda_P t} + d e^{-\lambda_D t}\right\}\ ,$$

حيث p و d هي ثوابت يمكن تحديدها باتباع الخطوات التالية:

التفكك وفق سلسلة اشعاعة.

$$\mathrm{P} \xrightarrow{\lambda_\mathrm{P}} \mathrm{D} \xrightarrow{\lambda_\mathrm{D}} \mathrm{G}\ .$$

- نشتق العلاقة بالنسبة للزمن:

$$N_\mathrm{D}(t) = N_\mathrm{P}(0)\left\{p e^{-\lambda_P t} + d e^{-\lambda_D t}\right\}\ ,$$

فنحصل على العلاقة التالية:

$$\frac{dN_\mathrm{D}}{dt} = N_\mathrm{P}(0)\left\{-p\lambda_\mathrm{P} e^{-\lambda_\mathrm{P} t} - d\lambda_\mathrm{D} e^{-\lambda_\mathrm{D} t}\right\}.$$

التفكك وفق سلسلة اشعاعة.

$$\mathrm{P} \xrightarrow{\lambda_{\mathrm{P}}} \mathrm{D} \xrightarrow{\lambda_{\mathrm{D}}} \mathrm{G} .$$

- بالتعويض عن $N_D(t)$ و $\frac{dN_D}{dt}$ في العلاقة :

$$dN_{\mathrm{D}}/dt = \lambda_{\mathrm{P}} N_{\mathrm{P}}(t) - \lambda_{\mathrm{D}} N_{\mathrm{D}}(t) = \lambda_{\mathrm{P}} N_{\mathrm{P}}(0)\, e^{-\lambda_{\mathrm{P}} t} - \lambda_{\mathrm{D}} N_{\mathrm{D}}(t)$$

$$N_{\mathrm{D}}(t) = N_{\mathrm{P}}(0)\left\{p e^{-\lambda_P t} + d e^{-\lambda_D t}\right\} ,$$

$$\frac{dN_{\mathrm{D}}}{dt} = N_{\mathrm{P}}(0)\left\{-p\lambda_{\mathrm{P}} e^{-\lambda_{\mathrm{P}} t} - d\lambda_{\mathrm{D}} e^{-\lambda_{\mathrm{D}} t}\right\}.$$

وإعادة الترتيب نجد:

$$e^{-\lambda_{\mathrm{P}} t}\left\{-p\lambda_{\mathrm{P}} - \lambda_{\mathrm{P}} + p\lambda_{\mathrm{D}}\right\} = 0 .$$

التفكك وفق سلسلة اشعاعة.

$$\mathrm{P} \xrightarrow{\lambda_{\mathrm{P}}} \mathrm{D} \xrightarrow{\lambda_{\mathrm{D}}} \mathrm{G} .$$

$$e^{-\lambda_{\mathrm{P}} t}\left\{-p\lambda_{\mathrm{P}} - \lambda_{\mathrm{P}} + p\lambda_{\mathrm{D}}\right\} = 0 .$$

- المقدار بين قوسين يجب أن يساوي الصفر حتى تتحقق العلاقة السابقة، ومنه نستنتج قيمة p:

$$p = \frac{\lambda_{\mathrm{P}}}{\lambda_{\mathrm{D}} - \lambda_{\mathrm{P}}} .$$

التفكك وفق سلسلة اشعاعية.

$$p = \frac{\lambda_P}{\lambda_D - \lambda_P} .$$

$$P \xrightarrow{\lambda_P} D \xrightarrow{\lambda_D} G .$$

- المعامل d يتعلق بالشروط البدئية للعدد N_D في اللحظة t=0

$$N_D(t = 0) = N_D(0) = 0 .$$

- وبالتعويض في العلاقة:

$$N_D(t) = N_P(0)\left\{pe^{-\lambda_P t} + de^{-\lambda_D t}\right\} ,$$

نجد:

$$p + d = 0$$

$$d = -p = -\frac{\lambda_P}{\lambda_D - \lambda_P} .$$

التفكك وفق سلسلة اشعاعية.

$$P \xrightarrow{\lambda_P} D \xrightarrow{\lambda_D} G .$$

- وبالتالي يُمكن كتابة عدد النوى البنت في أي لحظة زمنية t على الشكل:

$$N_D(t) = N_P(0)\frac{\lambda_P}{\lambda_D - \lambda_P}\left\{e^{-\lambda_P t} - e^{-\lambda_D t}\right\} .$$

- للحصول على النشاط الاشعاعي للنواة البنت فأنه يتم ضرب العلاقة السابقة ب λ_D:

$$A_D(t) = N_D(t)\lambda_D$$

التفكك وفق سلسلة اشعاعة.

$$\mathrm{P} \xrightarrow{\lambda_\mathrm{P}} \mathrm{D} \xrightarrow{\lambda_\mathrm{D}} \mathrm{G}\ .$$

- للحصول على النشاط الاشعاعي للنواة البنت فأنه يتم ضرب العلاقة السابقة ب λ_D:

$$A_D(t) = N_D(t)\lambda_D$$

$$N_\mathrm{D}(t) = N_\mathrm{P}(0)\frac{\lambda_\mathrm{P}}{\lambda_\mathrm{D}-\lambda_\mathrm{P}}\left\{e^{-\lambda_\mathrm{P}t} - e^{-\lambda_\mathrm{D}t}\right\}.$$

$$\begin{aligned}\mathscr{A}_\mathrm{D}(t) &= \frac{N_\mathrm{P}(0)\lambda_\mathrm{P}\lambda_\mathrm{D}}{\lambda_\mathrm{D}-\lambda_\mathrm{P}}\left\{e^{-\lambda_\mathrm{P}t} - e^{-\lambda_\mathrm{D}t}\right\} \\ &= \mathscr{A}_\mathrm{P}(0)\frac{\lambda_\mathrm{D}}{\lambda_\mathrm{D}-\lambda_\mathrm{P}}\left\{e^{-\lambda_\mathrm{P}t} - e^{-\lambda_\mathrm{D}t}\right\} = \\ &= \mathscr{A}_\mathrm{P}(0)\frac{1}{1-\frac{\lambda_\mathrm{P}}{\lambda_\mathrm{D}}}\left\{e^{-\lambda_\mathrm{P}t} - e^{-\lambda_\mathrm{D}t}\right\} \\ &= \mathscr{A}_\mathrm{P}(t)\frac{\lambda_\mathrm{D}}{\lambda_\mathrm{D}-\lambda_\mathrm{P}}\left\{1 - e^{-(\lambda_\mathrm{D}-\lambda_\mathrm{P})t}\right\},\end{aligned}$$

ومن هذه العلاقة يمكن حساب النشاط الاشعاعي للنواة البنت $A_D(t) = N_D(t)\lambda_D$ في أي لحظة زمنية t .

الزمن المميز

- ان علاقة النشاط الاشعاعي للنواة البنت يُبين أن $A_D(t)$ يساوي الصفر عندما t=0 (الشروط البدئية) و عندما $t = \infty$ (حيث تتفكك كل النوى الأم والبنت)،
- وهذا يفترض مرور $A_D(t)$ بقيمة عظمى عند زمن يُسمى بالزمن المميز $(t_{max})_D$ من أجل $\lambda_P \neq \lambda_D$.
- ويتم تحديد الزمن المميز بوضع مشتق النشاط الاشعاعي للنواة البنت في اللحظة $t = (t_{max})_D$ مساوياً للصفر:

$$\frac{dA_D}{dt} = 0$$

ومنه نحصل:

$$\lambda_\mathrm{P} e^{-\lambda_\mathrm{P}(t_\mathrm{max})_\mathrm{D}} = \lambda_\mathrm{D} e^{-\lambda_\mathrm{D}(t_\mathrm{max})_\mathrm{D}}$$

الزمن المميز

- ويتم تحديد الزمن المميز بوضع مشتق النشاط الاشعاعي للنواة البنت في اللحظة $t = (t_{max})_D$ مساوياً للصفر:

$$\frac{dA_D}{dt} = 0$$

ومنه نحصل:

$$\lambda_P e^{-\lambda_P (t_{max})_D} = \lambda_D e^{-\lambda_D (t_{max})_D}$$

$$(t_{max})_D = \frac{\ln \frac{\lambda_P}{\lambda_D}}{\lambda_P - \lambda_D} .$$

سؤال: ماهو الفارق بين شكل منحني تفكك النواة الأم و النواة البنت؟

التوازن الاشعاعي

- التوازن الاشعاعي هو عدم تغير نسب عدد النوى المشعة في العينة الواحدة بمرور الزمن.
- يحدث التوازن الاشعاعي بين أعضاء السلسة الاشعاعية عندما يتساوى معدل تغير عدد النوى لكل نظير بالنسبة للزمن مع النظائر الأخرى:

$$\frac{dN_1}{dt} = \frac{dN_2}{dt} = \frac{dN_3}{dt}$$

- نميز حالتين من التوازن الاشعاعي: التوازن الانتقالي والتوازن الأبدي.

التوازن الاشعاعي

- التوازن الاشعاعي الانتقالي:

و يحدث هذا التوازن بين النوى الأم والنوى الوليدة اذا كان عمر النصف للنواة الأم كبيراً نسبياً مقارنةً بعمر النصف للنواة الوليدة:

$$T_{\frac{1}{2}}(P) > T_{\frac{1}{2}}(D)$$

أي: $\lambda_P < \lambda_D$

بشرط: ألا يقترب λ_P من الصفر.

التوازن الاشعاعي

- التوازن الاشعاعي الانتقالي:

و يحدث هذا التوازن بين النوى الأم والنوى الوليدة اذا كان عمر النصف للنواة الأم كبيراً نسبياً مقارنةً بعمر النصف للنواة الوليدة:

$\lambda_P < \lambda_D$

بالعودة الى علاقة عدد النوى البنت:

$$N_{\mathrm{D}}(t) = N_{\mathrm{P}}(0)\frac{\lambda_{\mathrm{P}}}{\lambda_{\mathrm{D}} - \lambda_{\mathrm{P}}}\left\{e^{-\lambda_{\mathrm{P}}t} - e^{-\lambda_{\mathrm{D}}t}\right\} .$$

من أجل $t \gg T_{\frac{1}{2}}(P)$ فأن $e^{-\lambda_P t} \ll e^{-\lambda_D t}$ أي يمكن اهمال $e^{-\lambda_D t}$ أمام $e^{-\lambda_p t}$

ومنه نجد:

$$N_D(t) = N_P(0)e^{-\lambda_P t}\frac{\lambda_P}{\lambda_D - \lambda_P}$$

التوازن الاشعاعي

- التوازن الاشعاعي الانتقالي:

$$N_D(t) = N_P(0)e^{-\lambda_P t}\frac{\lambda_P}{\lambda_D - \lambda_P}$$

بضرب الطرفين ب λ_D :

$$N_D(t)\lambda_D = N_P(t)\frac{\lambda_P\lambda_D}{\lambda_D - \lambda_P}$$

$$A_D(t) = A_P(t)\frac{\lambda_D}{\lambda_D - \lambda_P}$$

$$\frac{A_D(t)}{A_P(t)} = \frac{\lambda_D}{\lambda_D - \lambda_P}$$

وعند تحقق هذا الشرط فأننا نُسمي التوازن بالتوازن الانتقالي.
النشاط الاشعاعي للنواة البنت يكون أكبر من النشاط الاشعاعي للنواة الأم عند حدوث التوازن الانتقالي.

التوازن الاشعاعي

- التوازن الاشعاعي الأبدي:

و يحدث هذا التوازن بين النوى الأم والنوى الوليدة اذا كان عمر النصف للنواة الأم كبيراً جداً مقارنةً بعمر النصف للنواة الوليدة:

$$T_{\frac{1}{2}}(P) \gg T_{\frac{1}{2}}(D)$$

$$\lambda_P \ll \lambda_D \quad \text{أي}$$

وبالتالي فأن λ_P يمكن أن تقترب من الصفر وبالتالي $e^{-\lambda_P t} \approx 1$.

التوازن الاشعاعي

- التوازن الاشعاعي الأبدي:

وبالتالي فأن λ_P يمكن أن تقترب من الصفر وبالتالي $e^{-\lambda_P t} \approx 1$.

لذلك فأن العلاقة التي تعطي عدد النوى البنت:

$$N_{\mathrm{D}}(t) = N_{\mathrm{P}}(0)\frac{\lambda_{\mathrm{P}}}{\lambda_{\mathrm{D}} - \lambda_{\mathrm{P}}}\left\{e^{-\lambda_{\mathrm{P}} t} - e^{-\lambda_{\mathrm{D}} t}\right\} .$$

يُمكن كتابتها على الشكل التالي:

$$N_D(t) = N_P(0)\frac{\lambda_P}{\lambda_D}\ (1 - e^{-\lambda_D t})$$

التوازن الاشعاعي

- التوازن الاشعاعي الأبدي:

$$N_D(t) = N_P(0)\frac{\lambda_P}{\lambda_D}\ (1 - e^{-\lambda_D t})$$

بعد زمن كاف يكون فيه $t \gg T_{\frac{1}{2}}(D)$ فأن $e^{-\lambda_D t}$ سيقترب من الصفر. وبالتالي:

$$N_D(t)\lambda_D = N_P(0)\lambda_P$$

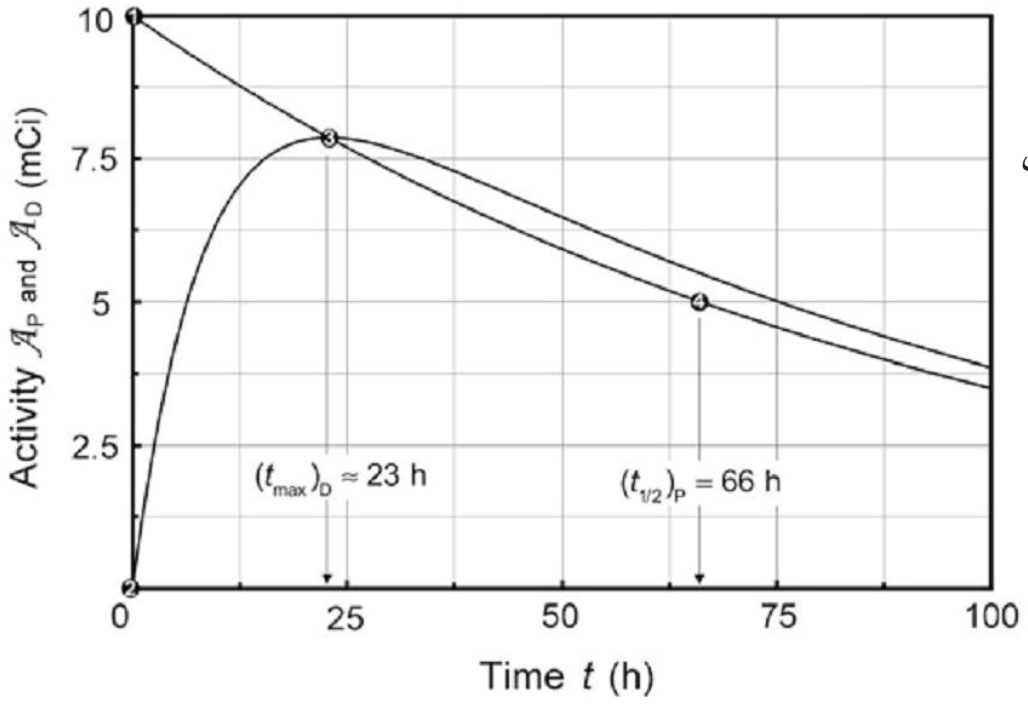
$$A_D(t) = A_P\ (t)$$

أي في حالة التوازن الأبدي فأن النشاط الاشعاعي للنواة البنت يساوي تماماً
النشاط الاشعاعي للنواة الأم من أجل زمن $t \gg T_{\frac{1}{2}}(D)$

حل المسألة التالية:

ليكن لدينا عينة مشعة تتكون من نوى Mo-99 مولبيديوم ($t_{\frac{1}{2}} = 66\ h$) التي تتفكك وفق تفكك بيتا السالب و تعطينا نوى وليدة Tc-99m التكنيسيوم غير المستقرة ($t_{\frac{1}{2}} = 6\ h$) التي تتفكك بإصدار أشعة غاما لتصل الى نوى Tc-99 تكنيسيوم شبه المستقرة.

- سنفترض أنه في الشروط البدئية العينة المشعة هي عينة نقية شدتها الأشعاعية 10 mCi.
- اكتب معادلات النشاط الاشعاعي لكل من النوى الأم و النوى البنت في اللحظة t.
- احسب الزمن المميز الذي تصل عنده النوى البنت الى القيمة العظمى لنشاطها الاشعاعي.
- احسب قيمة النشاط الاشعاعي للنوى البنت عند الزمن المميز.
- حدد نوع التوازن الاشعاعي الموجود بين النوى الأم والنوى البنت.
- ارسم المنحني الذي يمثل النشاط الاشعاعي للنوى الأم والنشاط الاشعاعي للنوى البنت مستفيداً من معطيات المسألة.



ما هو نوع التوازن الاشعاعي الموجود بين النوى الأم والنوى البنت؟؟