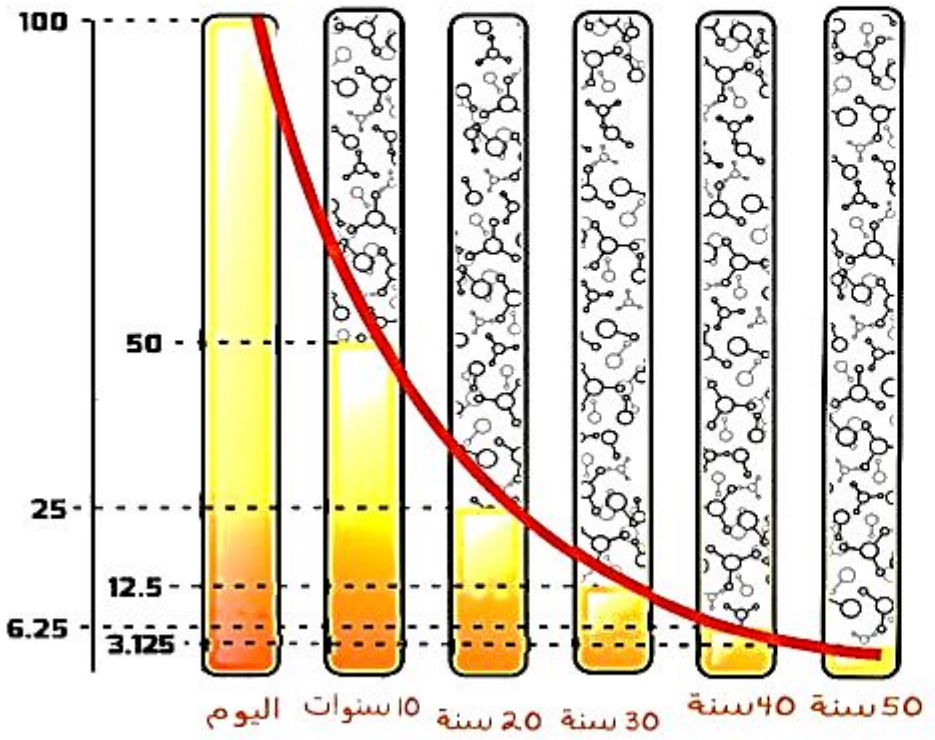
عشوائية الانحلال الإشعاعي وعمر النصف



سلطنة عُمان
وزارة التربية والتعليم

فيزيا ع

الوحدة التاسعة:
الفيزياء الكمومية

عروض تفاعلية
للصف الثاني عشر
إعداد الأستاذة فاطمة الراشدية

9-8	يصف الدليل على الطبيعة العشوائية للانحلال الإشعاعي، بدلالة معدّل العدّ.	● يذكر كيفية تحديد معدل العدّ للانحلال الإشعاعي. ● يشرح سبب استخدام معدل العدّ كمقياس للنشاط الإشعاعي والانحلال الإشعاعي بدلًا من كل عدّ فردي. ● يصف كيف يوفّر التمثيل البياني (معدل العدّ – الزمن) دليلًا على الطبيعة العشوائية للانحلال الإشعاعي.
9-9	يذكر أسباب اعتبار أن الانحلال الإشعاعي يكون تلقائيًّا وعشوائيًّا.	● يذكر معنى أن الانحلال الإشعاعي تلقائي. ● يذكر أسباب اعتبار أن الانحلال الإشعاعي يكون تلقائيًّا. ● يذكر معنى أن الانحلال الإشعاعي عشوائي. ● يذكر أسباب اعتبار أن الانحلال الإشعاعي يكون عشوائيًّا.
9-10	يعرّف النشاط الإشعاعي وثابت الانحلال، ويستخدم المعادلتين: $A = \lambda N$ و $A = -\frac{\Delta N}{\Delta t}$	● يُعرّف مصطلحَي ثابت الانحلال والنشاط الإشعاعي. ● يستخدم المعادلة التي تربط بين النشاط الإشعاعي وثابت الانحلال وعدد النوى غير المنحلّة في عمليات حسابية، ويعيد ترتيب المعادلة حسب الحاجة. ● يستخدم المعادلة التي تربط بين النشاط الإشعاعي وعدد النوى غير المنحلّة والزمن في عمليات حسابية، ويعيد ترتيب المعادلة حسب الحاجة. ● يذكر الأسباب التي تجعل معدل العدّ التجريبي أقل من النشاط الإشعاعي للعينة.

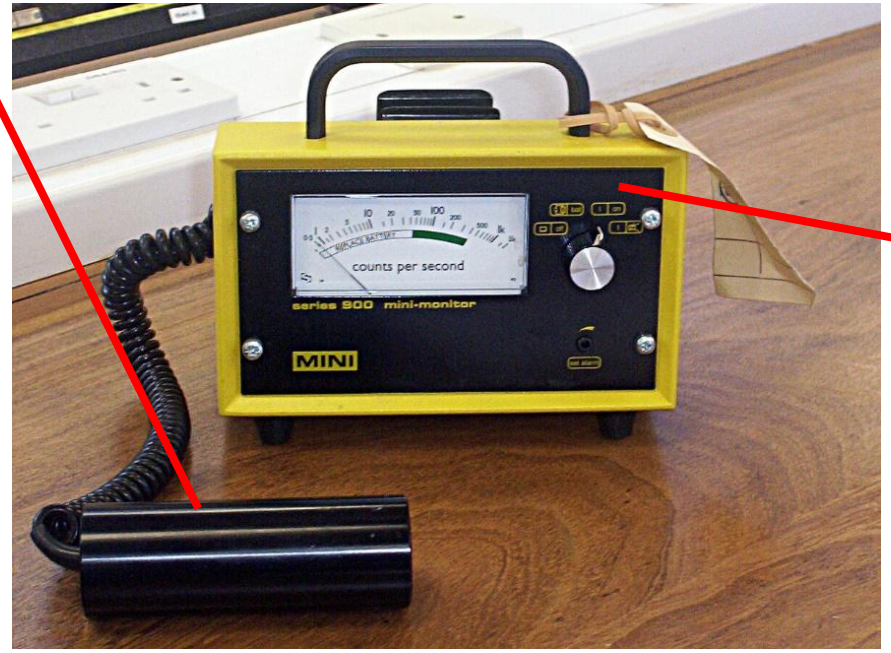
9-12	يصف الطبيعة الأسية للانحلال الإشعاعي، ويمثّل بيانيًّا العلاقة $x = x_0e^{-\lambda t}$ ويستخدمها، حيث يمكن أن تمثّل x النشاط الإشعاعي أو عدد النوى غير المنحلة أو معدّل العدّ المسجل .	● يُعرّف المصطلح أُسّي فيما يتعلق بالانحلال الإشعاعي. ● يرسم شكل التمثيل البياني الذي يبيّن كيفية تغيّر النشاط الإشعاعي(أو عدد النوى غير المنحلّة، أو معدل العدّ) مع مرور الزمن.
		● يحدّد خصائص التمثيل البياني الذي يبين كيفية تغيّر النشاط الإشعاعي (أو عدد النوى غير المنحلّة، أو معدل العدّ) مع مرور الزمن. ● يستخدم المعادلة التي تربط النشاط الإشعاعي (أو عدد النوى غير المنحلّة، أو معدل العدّ) بثابت الانحلال في عمليات حسابية، ويعيد ترتيب المعادلة حسب الحاجة.
9-11	يعرّف عمر النصف ويستخدم المعادلة: $\lambda = 0.693 / t_{\frac{1}{2}}$	● يُعرّف مصطلح عمر النصف فيما يتعلق بالانحلال الإشعاعي.
9-11	يعرّف عمر النصف ويستخدم المعادلة: $\lambda = 0.693 / t_{\frac{1}{2}}$	● يستخدم المعادلة التي تربط عمر النصف بثابت الانحلال في عمليات حسابية، ويعيد ترتيب المعادلة حسب الحاجة.

تمهيد

- كيف يمكن الكشف عن الاشعاع γ أو β أو α في الانحلال الإشعاعي؟

أنبوبة جيجر- مولر: تصدر نقرة مع كل إلتقاطة لاشعاع.

(ويظهر نمط عشوائي للنقرات المسموعة)



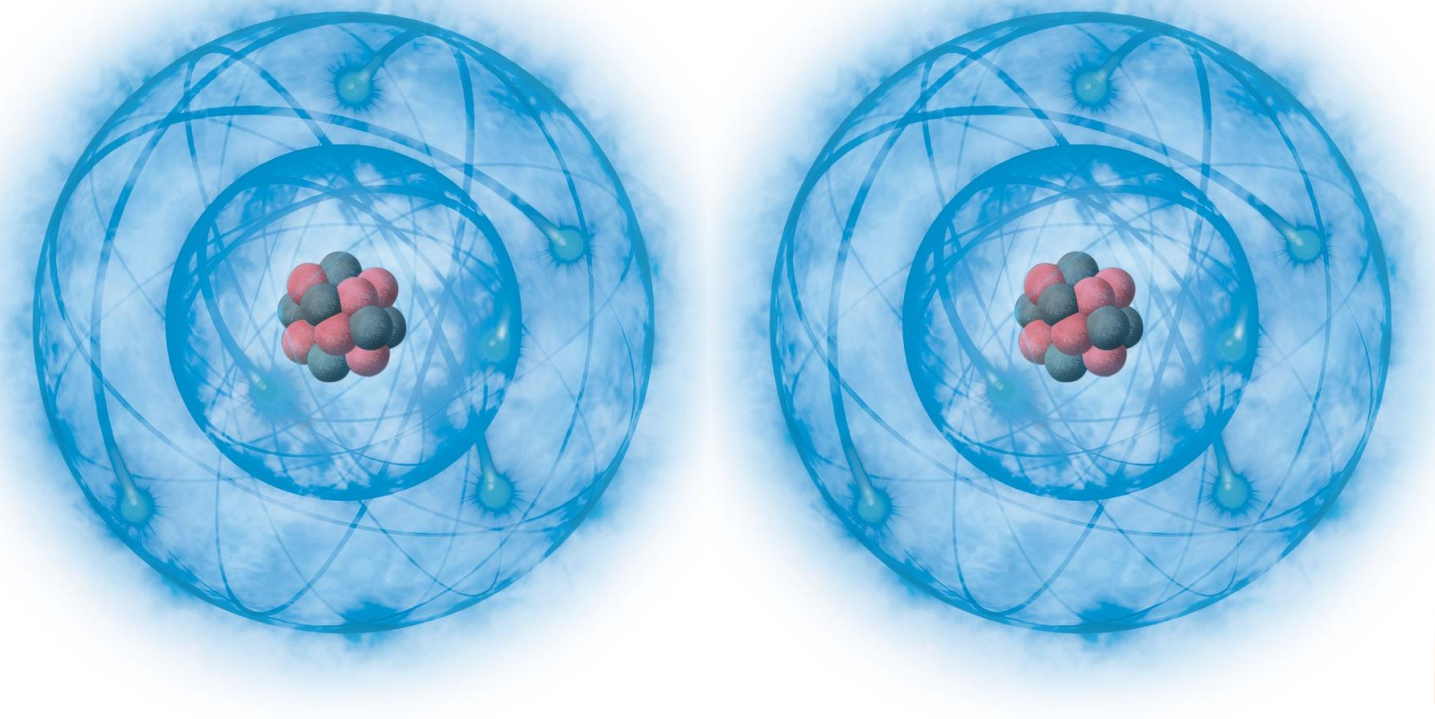
مقياس معدل العد : به مؤشر يتذبذب المؤشر بين القيم الأعلى والأقل.

- ما تفسير النمط العشوائي للنقرات التي نسمعها من عداد جيجر وتذبذبات المؤشر؟

إن كل نواة تنحل بمعزل عن الأنوية المجاورة لها وعن العوامل البيئية.

تلقائية الانحلال الإشعاعي

- أي عملية تلقائية تعني أنها تحدث بدون تدخل عوامل خارجية.
- الانحلال الإشعاعي تلقائي للأسباب التالية:
  - انحلال نواة معينة لا يتأثر بوجود أنوية أخرى.
  - انحلال الأنوية لا يمكن أن يتأثر بالتفاعلات الكيميائية أو العوامل الخارجية مثل درجة



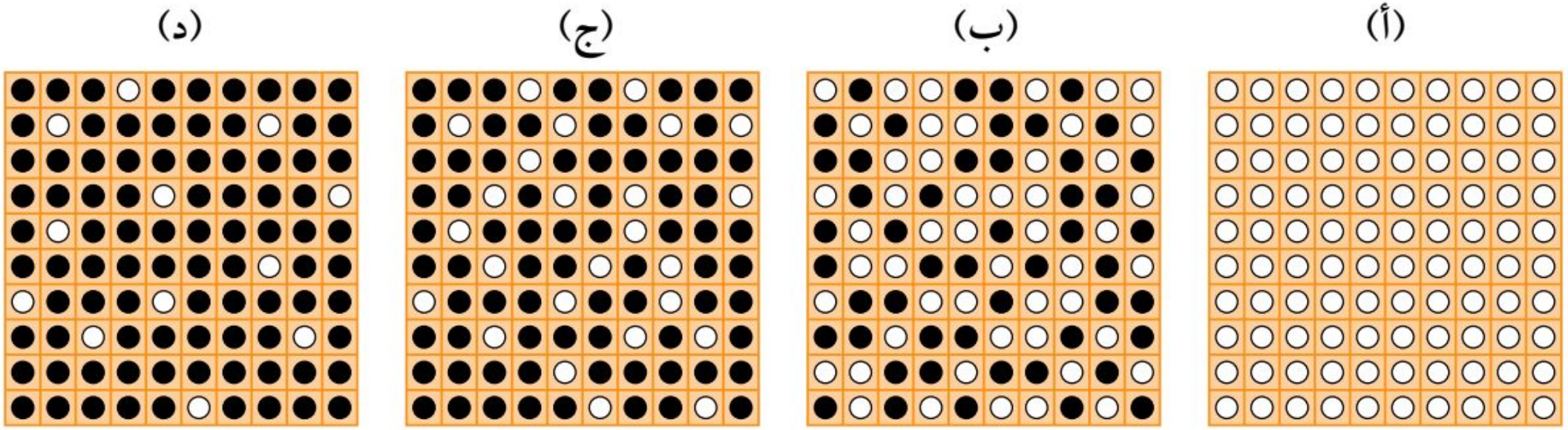
الأنوية المتجاورة لا تتفاعل بعضها مع بعض . (بسبب أن النواة حجمها صغير جدا من حجم الذرة وتأثير القوى النووية لا يمتد بعيدا جدا خارج النواة)

عشوائية الانحلال الإشعاعي

- أي عملية عشوائية تعني أنه لا يمكن التنبؤ بوقت حدوثها (زمن عشوائي) أو مكان حدوثها (موقع عشوائي).

الانحلال الإشعاعي عشوائي (زمن وموقع) لأسباب نواتية.

يستحيل التنبؤ بوقت انحلال النواة المعينة في عينة ما.



الشكل ١٠-٢ يأتي نمط الاضمحلال الإشعاعي بهذا الشكل؛ لأن اضمحلال الذرّات المفردة يحدث بصورة عشوائية.

استخدام معدل العد R لتنبؤ بالانحلال الإ

مصطلحات علمية

معدل العدّ Count rate: عدد جسيمات (بيتا أو ألفا) أو فوتونات أشعة جاما التي تُكشف لكل وحدة زمنية بواسطة أنبوب جايجر–مولر، ودائمًا ما يكون معدل العدّ جزءًا صغيرًا من النشاط الإشعاعي للعيّنة.

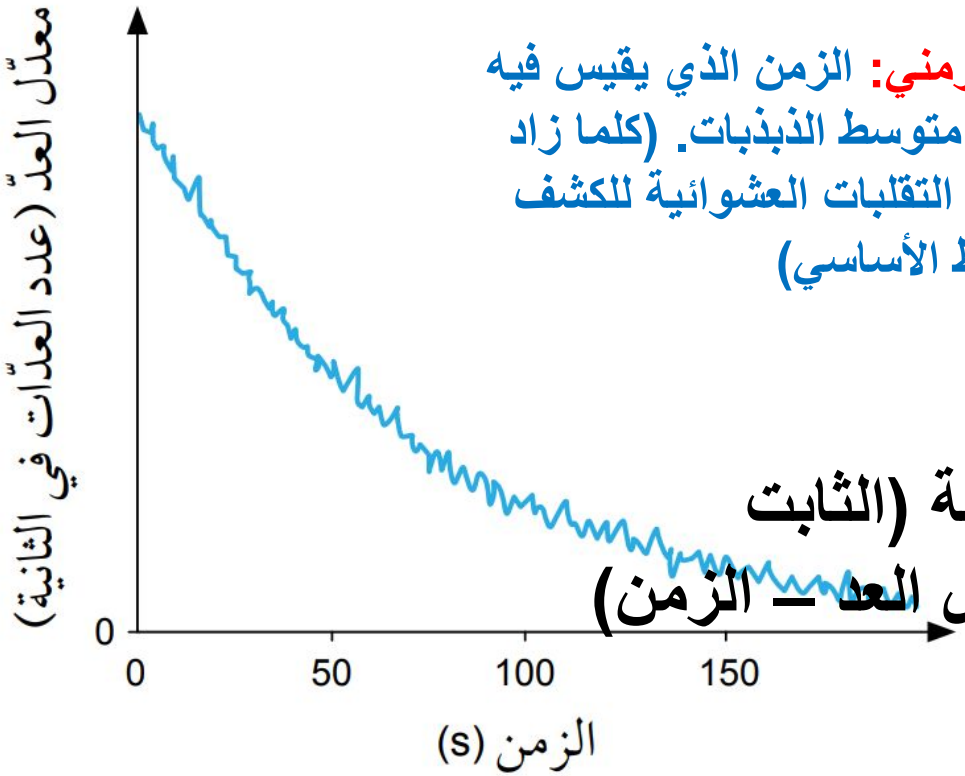
- بسبب عشوائية الانحلال لا يمكن التنبؤ بالانحلال الإشعاعي من العد الفردي.
- يمكن التنبؤ به تقريبا من خلال قياس متوسط معدل الانحلال

$$\text{معدل العد المسجل} = \frac{\text{عدد العدات الملتقطة}}{\text{الثابت الزمني}}$$

$$\text{معدل العد المصحح R} = \text{معدل العد المسجل} - \text{إشعاع الخلفية المؤثر}$$

$$\text{متوسط معدل العد} = \frac{\text{مجموع معدلات العد}}{\text{عدد مرات تكرار العد}}$$

الثابت الزمني: الزمن الذي يقيس فيه المقياس متوسط الذبذبات. (كلما زاد انخفضت التقلبات العشوائية للكشف عن النمط الأساسي)



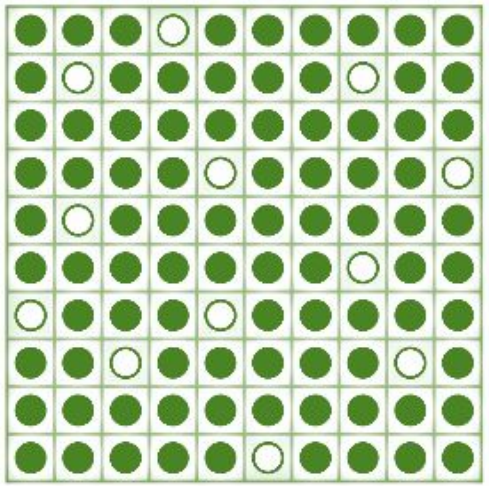
الشكل ٩–٦ يبيّن معدّل العدّ عشوائية الانحلال.

- عند ضبط العد في مقياس المعدل لفتره زمنية معينة (الثابت الزمني) لعينة من مادة مشعة وتمثيل منحنى (معدل العد – الزمن) يلاحظ ما يلي:
  - معدل العد يتناقص مع مرور الزمن, أي كلما تناقص عدد الأنوية المشعة المتبقية.
  - التذبذبات على جانبي المنحنى إلى أعلى و إلى أسفل تثبت الطبيعة العشوائية للإنحلال.

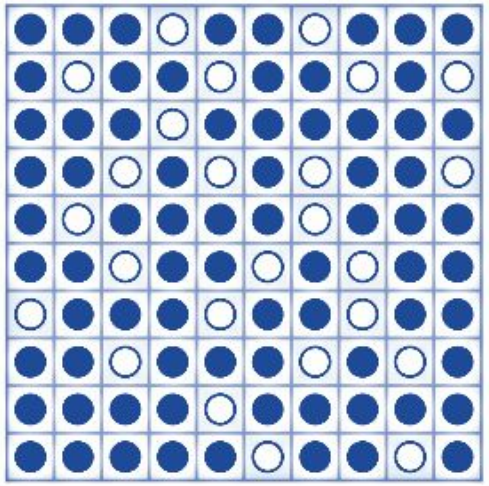
ثابت الإنحلال λ

- لا يمكن التنبؤ بانحلال انوية مفردة ولكن هناك احتمالية انحلال أكثر لأنواع معينة من الأنوية عن غيرها.

مثال: أوجد احتمال الانحلال للنواة في عينتين من نظائر مختلفة :



100 نواة لنظير معين خلال ساعة انحلت منها 12 نواة, ما احتمالية انحلال نواة واحدة في ساعة واحدة



100 نواة لنظير معين خلال ساعة انحلت منها 24 نواة, ما احتمالية انحلال نواة واحدة في ساعة واحدة

ثابت الانحلال

هو احتمال انحلال نواة ما خلال فترة زمنية.

كل نواة في العينة لديها فرصة الانحلال نفسها لكل وحدة زمنية.

$$\text{ثابت الانحلال } \lambda \text{ لكل وحدة زمن} = \frac{\text{عدد الأنوية المنحلة خلال وحدة الزمن}}{\text{العدد الكلي للأنوية قبل الانحلال}}$$

(h^{-1}، أو s^{-1}، أو day^{-1}، أو $year^{-1}$، إلخ)

النشاط الإشعاعي A

يقصد به:

معدل انحلال أنوية مصدر مشع.

وحدة القياس: بيكريل Bq

$$1\ Bq = 1\ s^{-1}$$

العوامل التي تعتمد عليها:

- ثابت الانحلال λ
- عدد الأنوية الغير منحلة N

القوانين المستخدمة في الحساب

$$A = \lambda N$$

$$A = -\frac{\Delta N}{\Delta t}$$

ΔN عدد الأنوية المنحلة في عينة خلال فترة زمنية صغيرة Δt

$$A = \text{كفاءة عمل نظام الكشف} \times R$$

معدل العد المصحح = معدل العد المسجل – إشعاع الخلفية المؤثر

اصطلاحات علمية

معدل العدّ Count rate: عدد جسيمات (بيتا أو ألفا) أو فوتونات أشعة جاما التي تُكشف لكل وحدة زمنية بواسطة أنبوب جايجر–مولر، ودائمًا ما يكون معدل العدّ جزءًا صغيرًا من النشاط الإشعاعي للعيّنة.

معدل العد R أقل من النشاط الإشعاعي الحقيقي A للأسباب التالية:

- أشعة جاما لا تكتشف دائما (ضعيفة التأيين)
- بعض الأشعة تنبعث خارج جهاز الكشف.
- العداد قد يكون غير فعال.
- كلما ابتعد الأنبوب عن المصدر قل معدل العد.

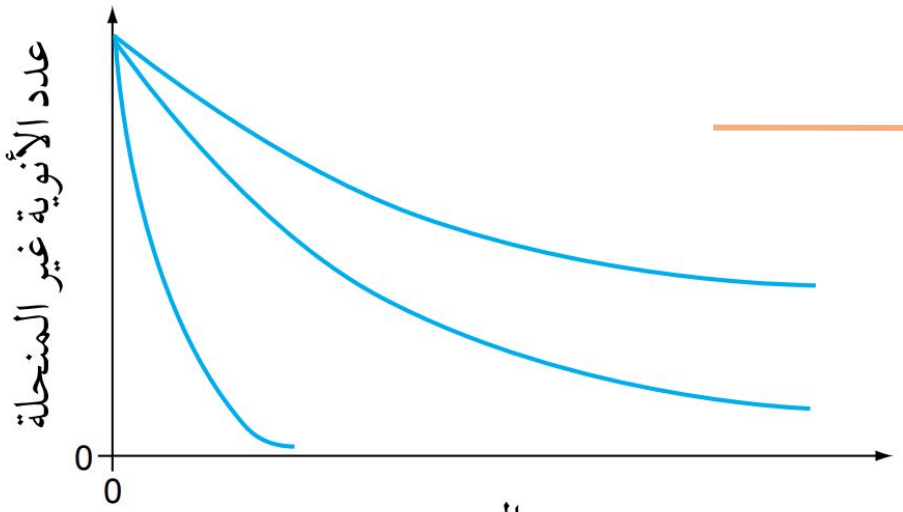
أسئلة

(١٣) تحتوي عيّنة الكربون-15 بداية على 500000 نواة غير منحلة، وثابت الانحلال لنظير الكربون هذا يساوي ($0.30\ s^{-1}$). احسب النشاط الإشعاعي الابتدائي للعيّنة.

(١٤) تُعطي عيّنة صغيرة من الراديوم معدل عدّ مسجّل مقداره 20 عدًا لكل دقيقة في جهاز الكشف، ومن المعروف أن العدّاد يكشف 10% فقط من الأنوية المنحلة في العيّنة، التي تحتوي على 1.5×10^9 نواة غير منحلة. احسب ثابت الانحلال لهذا النظير من الراديوم.

(١٥) من المعروف أن العيّنة المشعة ينبعث منها جسيمات ألفا وجسيمات بيتا وإشعاعات جاما؛ اذكر ثلاثة أسباب تشير إلى أن قياس معدل العدّ بواسطة عداد جايجر-مولر الموضوع بجوار هذه العيّنة أقل من النشاط الإشعاعي الحقيقي للعيّنة.

التمثيلات البيانية للانحلا

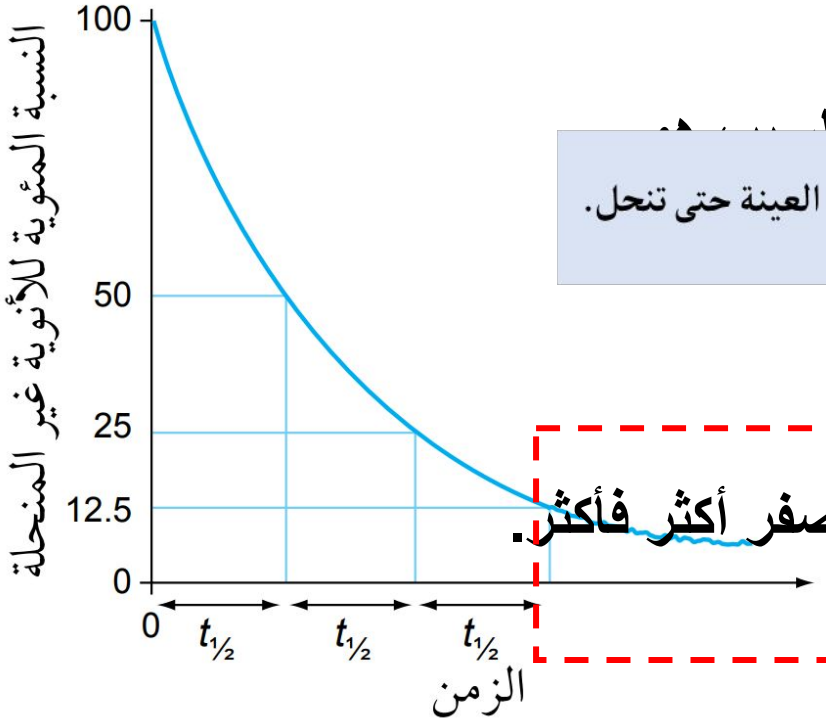


- يتناقص النشاط الإشعاعي بالتدريج مع مرور الزمن .
  فيظهر نمط التمثيل البياني للانحلال الإشعاعي :

الانحلال الأسي: التناقص في كمية ما بحيث يكون معدل التناقص متناسبا مع مقدار الكمية.

- تنحل بعض المواد المشعة أسرع من غيرها(كلما زاد النشاط الاشعاعي زادت سرعة الانحلال).
- تتميز جميع المنحنيات بأن لها نفس الشكل ... خطوط منحنية ... هو

عمر النصف $t_{\frac{1}{2}}$: عمر النصف لنظير ما هو متوسط الزمن الذي يستغرقه نصف الأنوية النشطة في العينة حتى تنحل.



- ...كن يقترب من الصفر أكثر فأكثر.

(**عمليا :** عندما تكون الانوية الغير منحلة قليلة لا يكون المنحنى سلس بسبب الطبيعة العشوائية ويصل في النهاية إلى الصفر)

عمليا

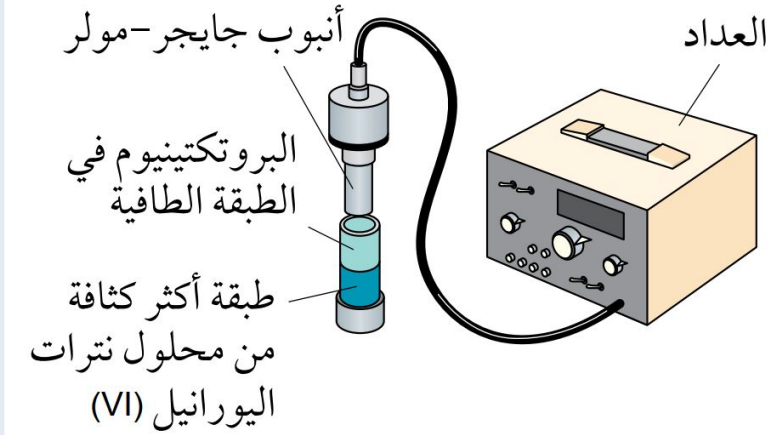
- اختيار نظير عنصر لن ينحل بسرعة كبيرة (ببطئ شديد) مثل نظير البروتاكتينيوم (ينحل ببعث إشعاع بيتا).

- علبة بلاستيكية مغلقة بإحكام بها نترات اليورانيوم مذابة في محلول مائي + سائل عضوي لا يختلط بالمحلول المائي.

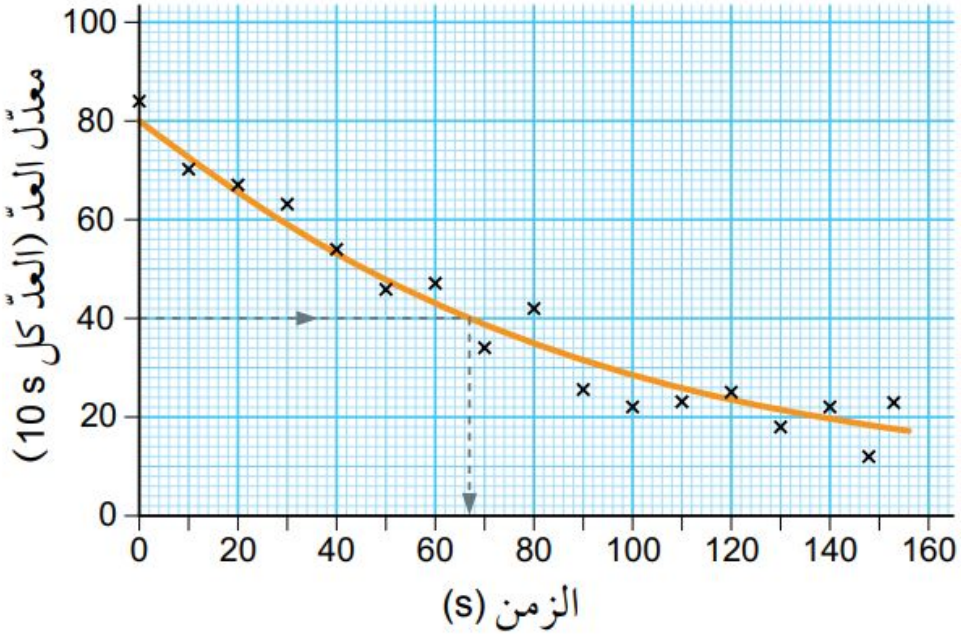
- يتحلل اليورانيوم لانتاج البروتاكتينيوم.
- عند رج الزجاجة يذوب البروتاكتينيوم في السائل العضوي.

- تترك الزجاجة دون تحريك فينفصل السائل العضوي ويطفو مشكلا طبقة عليا في العلبة.
- يبعث البروتاكتينيوم في هذه الطبقة إشعاع بيتا عندما يضمحل.

- تسجيل العد عدة مرات كل 10s . (سيتناقص مع مرور الزمن)
- تمثيل بياني (معدل العد – مقابل الزمن)



الشكل ٩–٩ إعدادات تجربة لملاحظة انحلال البروتكتينيوم–234.



معادلات الانحلال الإشعاعي

معادلة الانحلال الأسي

$$x = x_0\, e^{-\lambda t}$$

تناقص عدد الأنوية الغير منحلة خلال الزمن

$$N = N_0\, e^{-\lambda t}$$

تناقص النشاط الاشعاعي خلال الزمن

$$A = A_0\, e^{-\lambda t}$$

تناقص معدل العد خلال الزمن

$$R = R_0\, e^{-\lambda t}$$

ثابت الانحلال وعمر النصف

$$\lambda = \frac{\ln 2}{t_{\frac{1}{2}}} = \frac{0.693}{t_{\frac{1}{2}}}$$

$$\frac{\text{عدد النوى المتفككة خلال الزمن } t}{\text{عدد النوى الأصلية}} = (n) \text{ عدد مرات عمر النصف } t_{\frac{1}{2}}$$

$$\frac{N}{N_0} = \left(\frac{1}{2}\right)^n$$

نسبة النظير في العينة أو نسبة الأنوية الغير منحلة

نمذجة الانحلال الإشعاعي رياضيا

الكمية	تعريفها	قانون حسابها	وحدة قياسها
معدل العد **R**	عدد جسيمات ألفا أو بيتا أو فوتونات أشعة جاما التي تكتشف كل وحدة زمنية بواسطة أنبوب جيجر. دائما يكون جزءا صغيرا من النشاط الإشعاعي للعينة.	يتناقص معدل العد خلال الزمن : $R = R_0\, e^{-\lambda t}$	(h^{-1}، أو s^{-1}، أو day^{-1}، أو $year^{-1}$، إلخ)
	هو احتمال انحلال نواة ما خلال فتره زمنية.	ثابت الانحلال وعمر النصف: $\lambda = \frac{\ln 2}{t_{\frac{1}{2}}} = \frac{0.693}{t_{\frac{1}{2}}}$	(h^{-1}، أو s^{-1}، أو day^{-1}، أو $year^{-1}$، إلخ)
النشاط الإشعاعي **A**	معدل انحلال أنوية مصدر مشع	عدد الأنوية الغير منحلة التغير في عدد الأنوية الغير منحلة = عدد الأنوية المنحلة معدل العد $N = N_0\, e^{-\lambda t}$ $A = A_0\, e^{-\lambda t}$	$1\ Bq = 1\ s^{-1}$
	عمر النصف لنظير ما هو متوسط الزمن الذي يستغرقه نصف الأنوية النشطة في العينة حتى تنحل.	n عدد فترات عمر النصف نسبة النظير في العينة $\frac{N}{N_0} = \left(\frac{1}{2}\right)^n$ عمر النصف وثابت الانحلال : $t_{\frac{1}{2}} = \frac{ln\ 2}{\lambda}$ الفترة الزمنية للانحلال : $t = -\lambda\ ln\ \frac{A}{A_0}$	S , h , day , year ,,,,, إلخ

عروض تفاعلية
للصف الثاني عشر
إعداد الأستاذة فاطمة الراشدية

أسئلة

(١٦) تحتوي عيّنة لنظير النيتروجين–13 في البداية على 8.0×10^{10} نواة غير منحلّة إذا علمت أن عمر النصف لها (10 min).

أ. اكتب معادلة لتبيّن كيف يعتمد عدد الأنوية غير المنحلّة (N) على الزمن (t).

ب. احسب عدد الأنوية غير المنحلّة التي ستبقى بعد (10 min) وبعد (20 min).

ج. احسب عدد الأنوية التي ستتحلّ في أول (30 min).

(١٧) عيّنة من نظير عنصر ما ثابت انحلاله يساوي ($\lambda = 0.10\ s^{-1}$)، تحتوي على 5.0×10^{9} نواة غير منحلّة في بداية تجربة معيّنة.

احسب:

أ. عدد الأنوية غير المنحلّة بعد (50 s).

ب. النشاط الإشعاعي للنظير بعد (50 s).

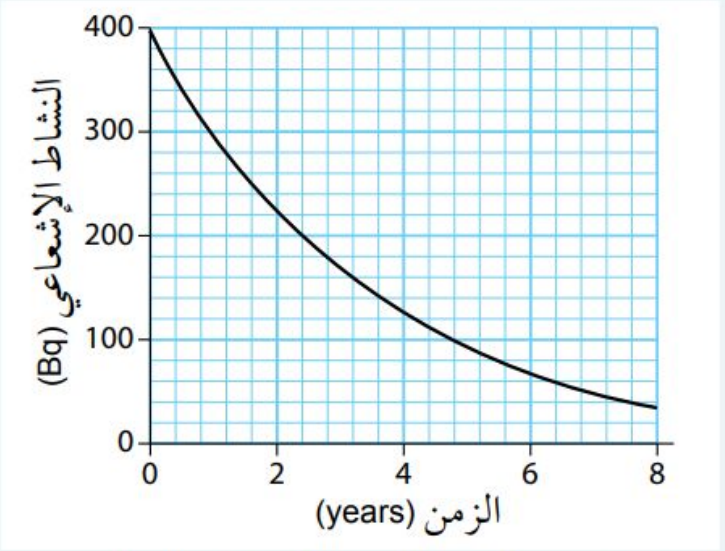
(١٨) قيمة ثابت الانحلال (λ) للبروتكتينيوم–234 هي ($9.6 \times 10^{-3}\ s^{-1}$). يبيّن الجدول ٩–٥ عدد الأنوية غير المنحلّة (N) في العيّنة. انسخ الجدول ٩–٥ وأكمله، ثم ارسم تمثيلًا بيانيًا لعدد الأنوية مقابل الزمن (N-t)، واستخدمه لإيجاد عمر النصف ($t_{\frac{1}{2}}$) للبروتكتينيوم–234.

الزمن (s)	0	20	40	60	80	100	120	140
N	400	330						

الجدول ٩–٥

أسئلة

(١٩) يبيّن الشكل ٩–١١ تمثيلًا بيانيًا لانحلال نظير السيزيوم $^{134}_{55}Cs$؛ استخدم التمثيل البياني لتحديد عمر النصف لهذه الأنوية بالسنوات، وبعد ذلك جِد ثابت الانحلال بوحدة $year^{-1}$.



الشكل ٩–١١ التمثيل البياني لانحلال نظير السيزيوم.

(٢٠) ثابت الانحلال لنظير معيّن يساوي $(3.0 \times 10^{-4}\ s^{-1})$. احسب المدة التي سيستغرقها نشاط عيّنة من هذه المادة لينخفض إلى ثُمن قيمته الابتدائية.

(٢١) عمر النصف للنظير $^{16}_{7}N$ يساوي (7.4 s).

أ. احسب ثابت الانحلال لهذه الأنوية.

ب. تحتوي عيّنة من النيتروجين (N) بداية على 5000 نواة. احسب كم سيبقى من الأنوية بعد زمن:

١. 14.8 s

٢. 20.0 s

(٢٢) تحتوي عيّنة على نظير عمر النصف له $(t_{\frac{1}{2}})$.

أ. أثبت أن نسبة الأنوية المتبقية (غير المنحلة) من العيّنة إلى عدد الأنوية الابتدائية $\left(\frac{N}{N_0}\right)$ بعد زمن (t) تُعطى بالمعادلة:

$$\frac{N}{N_0} = \left(\frac{1}{2}\right)^n \text{ حيث } n = \frac{t}{t_{\frac{1}{2}}}$$

ب. احسب النسبة $\frac{N}{N_0}$ بعد كل من الأزمنة الآتية:

١. $t_{\frac{1}{2}}$

٢. $2\,t_{\frac{1}{2}}$

٣. $2.5\,t_{\frac{1}{2}}$

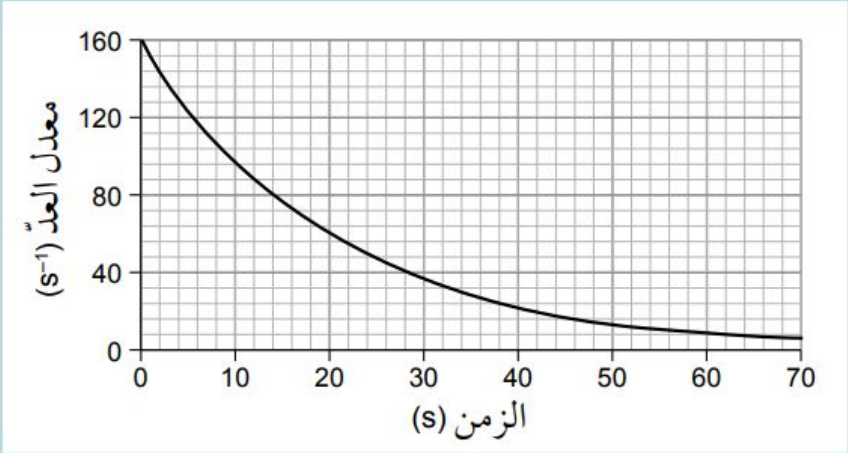
٤. $8.3\,t_{\frac{1}{2}}$

٩ النشاط الإشعاعي الابتدائي لعيّنة مكوّنة من (1 mole) من غاز الرادون–220 (^{220}Rn) تساوي ($8.02 \times 10^{21}\ s^{-1}$). احسب:

أ. ثابت الانحلال لهذا النظير.

ب. عمر النصف للنظير.

١٠ يبيّن التمثيل البياني (معدل العدّ–الزمن) في الشكل ٩–١٢ لعيّنة تحتوي على الإنديوم–116 (^{116}In).



الشكل ٩–١٢

أ. استخدم التمثيل البياني لتحديد عمر النصف للنظير.

ب. احسب ثابت الانحلال.

١١ يمكن استخدام نسب النظائر المختلفة في الصخور لتأريخ عمر هذه الصخور. يبلغ عمر النصف لليورانيوم-238 (4.9×10^9 years). نسبة هذا النظير في عيّنة من الصخر هي 99.2% مقارنة بالنظائر المتكوّنة حديثًا.

أ. احسب ثابت الانحلال بوحدة y^{-1} لنظير اليورانيوم هذا.

ب. احسب عمر الصخر بالسنوات.

١٢ يبيّن الجدول ٩-٦ معدل العدّ المسجل عندما تتحلّ عيّنة من نظير الڤاناديوم-52 ($^{52}_{23}V$).

الزمن (min)	0	1	2	3	4	5	6	7	8
معدل العدّ (s^{-1})	187	159	134	110	85	70	60	56	40

الجدول ٩-٦

أ. ١. ارسم تمثيلًا بيانيًا لـ (معدل العدّ-الزمن).

٢. صِف انتشار النقاط.

ب. حدّد عمر النصف من التمثيل البياني للنظير.

ج. صِف التغييرات على التمثيل البياني الذي تتوقعه لو كنت أعطيت عيّنة أكبر من النظير.

١٥ ينحلّ نظير البولونيوم ($^{218}_{81}Po$) بواسطة انبعاث جسيم ألفا، بعمر نصف يبلغ (183 s).

أ. في حادث وقع في مختبر مصنع لإعادة المعالجة النووية (تقنية لفصل البلوتونيوم واستعادته كيميائيًا من الوقود النووي المستهلك)، تحرّر جزء من هذا النظير على شكل غبار في الغلاف الجوي. اشرح سبب اعتبار انتشاره على شكل غبار أكثر خطورة على الصحة من انسكابه على شكل سائل.

ب. وُجِد أنه تحرّر (2.4 g) من هذا النظير في الجو، فإذا علمت أن الكتلة المولية لنظير البولونيوم (Po) هي ($218\ g\ mol^{-1}$) فاحسب النشاط الإشعاعي الابتدائي للبولونيوم المتحرّر.

ج. سيكون من الآمن الدخول إلى المختبر مرة أخرى عندما تعود خلفية النشاط الإشعاعي إلى (10 Bq) تقريبًا. احسب عدد الساعات التي يجب أن تمضي قبل أن يصبح الدخول مرة أخرى إلى المختبر آمنًا.

اللهم
علمنا ما ينفعنا
وانفعنا بما علمتنا
واجعلنا من عبادك الصالحين
والحمد لله حمدا كثيرا طيبا مباركا
فيه.

وبذلك نكون قد ختمنا المقرر في منهج كامبردج فيزياء الثاني عشر للعام الدراسي 2023-2024 م

نسأل الله لكم التوفيق خريجي 2024 م