

التحولات النووية – تمارين توليفية مرفقة بالحلول فيزياء تارودانت



التمرين الأول:

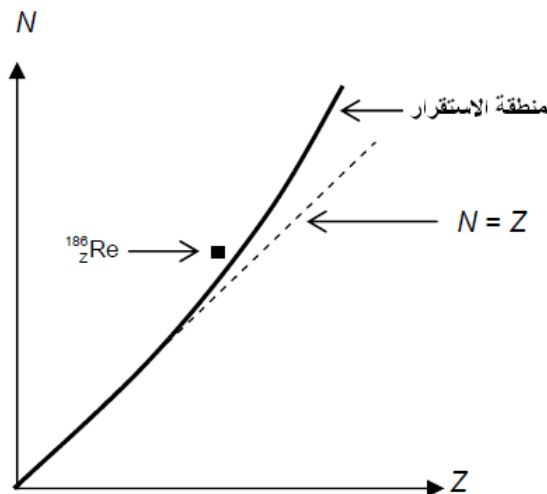
التمرين الأول: امتحان فرنسا 2010 (بتصرف)

الطب النووي هو الفرع الطبي الذي تستخدم فيه الإشعاعات النووية للنظائر المشعة لتشخيص و علاج الأمراض، و يعتبر من أحدث فروع الطب، فهو في تطور مستمر نتيجة الاكتشافات المتزايدة لنظائر مشعة جديدة و التحكم فيها. يستخدم على سبيل المثال الرنيوم 186 لمعالجة و تخفيف الأمراض المرتبطة بالتهاب المفاصل و الفوسفور 32 للحد من الإفراط في إنتاج كريات الدم الحمراء في نخاع العظام.

معطيات التمرين:

عمر النصف لنواة الرنيوم 186 : 3,7journs
ثابتة النشاط الإشعاعي: $\lambda(^{186}_{\text{Z}}\text{Re}) = 2,2 \cdot 10^{-6} \text{ s}^{-1}$ ، $\lambda(^{32}_{15}\text{P}) = 5,6 \cdot 10^{-7} \text{ s}^{-1}$
الكتلة المولية للرنيوم 186 : $M(^{186}_{\text{Z}}\text{Re}) = 186 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$
كتلة بعض النوى و الدقائق:
 $m(^{32}_{15}\text{P}) = 5,30803 \cdot 10^{-26} \text{ kg}$
 $m(^{32}_{16}\text{S}) = 5,30763 \cdot 10^{-26} \text{ kg}$
 $m(^0_{-1}\text{e}) = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$
سرعة الضوء في الفراغ: $c = 3 \cdot 10^8 \text{ ms}^{-1}$
ثابتة أفوكادرو: $N_A = 6,0 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
الإلكترون – فولت: $1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$

I – حقن مفصلي بمحلول يحتوي على الرنيوم 186:



نويده الرنيوم $^{186}_{\text{Z}}\text{Re}$ نواة إشعاعية النشاط β^- ، حيث أن النقطة الممثلة لهذه النواة في المخطط (Z,N) توجد فوق منطقة الاستقرار كما توضح الوثيقة جانبه.

1- هل لهذه النويده فائض من البروتونات أم فائض من النوترونات مقارنة مع نظيرة لها من نفس العنصر الكيميائي توجد بالمنطقة المستقرة؟

2- بما تسمى الدقيقة المنبعثة أثناء النشاط الإشعاعي β^- ؟

3- تتفتت النواة $^{186}_{\text{Z}}\text{Re}$ لتعطي إحدى نظائر الأوسميوم



حدد A و Z و اكتب معادلة التحول النووي لنويده $^{186}_{\text{Z}}\text{Re}$ باعتبار النويده المتولدة ليست في حالة إثارة.



- 4- يُعَلَب المحلول المحتوي على الرنيوم المهيأ للحقن كدواء في قارورة سعتها $V_f = 10\text{mL}$ نشاط العينة التي تحتويها هذه القارورة لحظة معايرة المحلول في مختبر تصنيع الدواء هو $a_0 = 3700\text{MBq}$.
- 4-1 لماذا تم تحديد تاريخ معايرة هذا الدواء و لم يتم الاكتفاء بالإشارة فقط إلى نشاطه a_0 ؟
- 4-2 حدد كتلة الرنيوم 186 المتواجدة بالقارورة ذات الحجم $V_f = 10\text{mL}$ لحظة المعايرة بمختبر تصنيع الدواء. نرسم لهذه الكتلة بالرمز m_0 .
- 4-3 باستعانتك بمعطيات التمرين، حدد النشاط a_1 لهذه العينة بعد مرور 3,7journs على معايرتها في المختبر.
- 4-4 نشاط العينة من الدواء التي ينبغي حقنها في مفصل الساعد هي $a_{th} = 70\text{MBq}$.
- حدد الحجم V من الدواء الذي ينبغي حقنه في الساعد بافتراض أن عملية الحقن تمت بعد مرور 3,7journs على معايرة الدواء.

II – حقن وريدي بمحلول يحتوي على الفوسفور 32:

بطاقة تعريف الفوسفور 32:

اسم النظير	الفوسفور 32
الرمز	$^{32}_{15}\text{P}$
نوع النشاط الإشعاعي	β^-
الطاقة الإشعاعية المنبعثة	$ E = 1,7\text{MeV}$
معادلة التحول النووي	$^{32}_{15}\text{P} \rightarrow ^{32}_{16}\text{S} + ^0_{-1}\text{e}$
عمر النصف	14journs

- 1- أعط تركيب نواة الفوسفور 32.
- 2- انطلاقاً من معطيات التمرين و بطاقة تعريف الفوسفور 32 تحقق من القيمة E المعطاة للطاقة الإشعاعية المنبعثة أثناء تفتت هذه النوية.
- 3- عموماً لا تكون النويدات المتولدة أثناء هذا التحول في حالة إثارة. ما هو نوع الإشعاع النافذ الذي سيكون المريض في مأمن منه؟
- 4- أعط قانون تناقص عدد النوى $N(t)$ في عينة مشعة بدلالة λ و N_0 (عدد النوى المشعة في اللحظة $t=0$).
- 5- عرف عمر النصف، و حدد العلاقة التي تربطه بالثابت λ .
- 6- تحقق حسابياً من القيمة التقريبية المعطاة في الجدول أعلاه لعمر نصف الفوسفور 32.



التمرين الثاني:

الرادون 222 غاز مشع، عديم اللون والطعم والرائحة، ينتج عن التحول النووي للأورانيوم المتواجد بالقشرة الأرضية. تتفككت نوى الرادون 222 لتعطي على التوالي و في وقت قصير البولونيوم 218 و الرصاص 214 و البليسموت 214 والبولونيوم 214 ثم الرصاص 210. جميع الفروع المتولدة عن الرادون 222 توجد في حالة صلبة. يمكن للأربعة الأوائل أن تلتصق بدقائق الغبار الصغيرة العالقة في الهواء الجوي لتدخل بعدها إلى الجهاز التنفسي مما قد يسبب الإصابة ببعض الأمراض الصدرية و خاصة سرطان الرئة. تتجلى خطورة الرادون 222 أساسا في الإشعاعات α المنبعثة من النويدات المتولدة عنه أثناء تحولها النووي، حيث أن الطاقة الإشعاعية المنبعثة خلال النشاط الإشعاعي α قد يصل إلى 6,13MeV أو 7,85MeV.

المعطيات:

الاسم	الرصاص	البليسموت	البولونيوم	الرادون
الرمز	Pb	Bi	Po	Rn
Z العدد الذري	82	83	84	86

$$M(^{222}\text{Rn}) = 222,0 \text{ g.mol}^{-1}$$

$$1 \text{ u} = 1,660540 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

$$N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

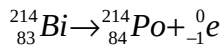
$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$$

$$1 \text{ eV} = 1,60210 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

$$t_{1/2} = 3,8 \text{ jours : عمر النصف للرادون 222}$$

النواة أو الدقيقة	البولونيوم 214	البليسموت 214	الإلكترون
الكتلة (u)	$m_{\text{Po}} = 213,995176$	$m_{\text{Bi}} = 213,998691$	$m_e = 5,49 \cdot 10^{-4}$

- 1- عرف النواة المشعة.
- 2- باستعانتك بالنص أعلاه اكتب معادلات التحولات النووية الثلاث الأولى بالتتابع انطلاقا من الرادون 222 و مرورا بالبولونيوم 218 و الرصاص 214 و انتهاء بالبليسموت 214 و حدد في كل حالة نوع النشاط الإشعاعي المنبعث.
- 3- معادلة التحول النووي للبليسموت 214 تكتب كالتالي:



أعط تعبير الطاقة المحررة أثناء هذا التحول و حدد وحدات المقادير الفيزيائية التي تحتويها في النظام العالمي للوحدات.

- 4- احسب الطاقة المنبعثة خلال هذا التحول النووي بوحدة eV.
 - 5- أعطى قياس نشاط الرادون 222 داخل قبو مسكن القيمة 6000Bq في المتر مكعب من الهواء.
 - 1-5- احسب ثابتة النشاط الإشعاعي λ للرادون 222 بالوحدة المعتمدة في النظام العالمي للوحدات.
 - 2-5- حدد كتلة الرادون 222 m_0 المتواجدة في متر مكعب من هواء هذا القبو.
 - 3-5- نفترض أن الرادون المتواجد بالقبو لا ينفلت من وإلى القبو.
- احسب عدد الأيام اللازمة لتصبح قيمة نشاط الرادون 222 في هذا القبو يساوي الحد الأقصى المسموح به: 400Bq في المتر مكعب من الهواء.

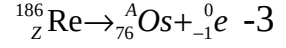


الأجوبة

التمرين الأول:

I - حقن مفصلي بمحلول يحتوى على الرينيوم 186:

- 1- بما أن النقطة الممثلة لهذه النواة في المخطط (Z,N) توجد فوق منطقة الاستقرار إذن نواة الرينيوم 186 تتوفر على فائض في النوترونات مقارنة مع نظيرة لها من نفس العنصر الكيميائي توجد بالمنطقة المستقرة.
- 2- تسمى الدقيقة المنبعثة أثناء النشاط الإشعاعي β^- بالإلكترون.



- انحفاظ عدد النويات الإجمالي:

$$186 = A + 0$$

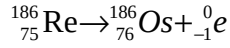
$$A = 186.$$

- انحفاظ الشحنة الكهربائية:

$$Z = 76 - 1$$

$$Z = 75$$

إذن معادلة التحول النووي لنوية الرينيوم 186 تصبح:



- 1-4- تم تحديد تاريخ معايرة هذا الدواء و لم يتم الاكتفاء بالإشارة فقط إلى نشاطه a_0 لأن نشاط عينة يتغير مع الزمن: $a(t) = a_0 e^{-\lambda t}$.
- 2-4- لدينا:

$$a_0 = \lambda N_0 = \lambda(^{186}_{75}\text{Re}) \frac{m_0 \cdot N_A}{M(^{186}_{75}\text{Re})}$$

إذن:

$$m_0 = \frac{a_0 M(^{186}_{75}\text{Re})}{\lambda(^{186}_{75}\text{Re}) N_A}$$

ت ع:

$$m_0 = \frac{37.10^8 \cdot 186}{2.2 \cdot 10^{-6} \cdot 6.0 \cdot 10^{23}} = 5.21 \cdot 10^{-7} \text{ g}$$

$$m_0 = 5.21 \cdot 10^{-7} \text{ g}$$

-3-4

لدينا:

$$t = 3.7 \text{ jours}$$

و نعلم حسب معطيات التمرين أن 3,7jours هو عمر النصف لنوية الرينيوم 186.
إذن عدد نوى الرينيوم 186 المتبقية عند هذه اللحظة هو نصف نوى الرينيوم 186 عند $t=0$

$$N_1 = \frac{N_0}{2}$$

وباعتبار العلاقة: $a = N\lambda$ نجد أن:

$$a_1 = \frac{a_0}{2}$$



ت ع:

$$a_1 = \frac{3700}{2} = 1850 \text{ MBq}$$

4-4- بما أن نشاط عينة يتناسب مع عدد النوى الموجودة بالعينة: $a = \lambda N$
و بالتالي :

$$a_1 = \lambda N_1$$

و

$$a_{th} = \lambda N_{th}$$

كما أن عدد نوى الراديوم 186 يتناسب مع حجم المحلول المأخوذ عند لحظة معينة من القارورة:

$$N_1 = C \cdot V_f$$

$$N_{th} = C \cdot V_{th}$$

و هكذا نجد:

$$a_1 = \lambda N_1 = \lambda \cdot C \cdot V_f$$

$$a_{th} = \lambda N_{th} = \lambda \cdot C \cdot V_{th}$$

و من تم نحصل على:

$$\frac{a_{th}}{a_1} = \frac{V_{th}}{V_f}$$

إذن:

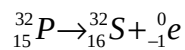
$$V_{th} = V_f \cdot \frac{a_{th}}{a_1}$$

ت ع:

$$V_{th} = 10 \cdot \frac{70}{1850} = 0,4 \text{ mL}$$

II – حقن ورديي بمحلول يحتوي على الفوسفور 32:

- 1- تتكون نواة الفوسفور 32 من 15 بروتونا و 17 نوترونا. $(N=32-15=17)$
- 2-



$$E = \Delta m \cdot c^2 = (m({}^{32}_{16}\text{S}) + m({}^0_{-1}\text{e}) - m({}^{32}_{15}\text{P}))c^2$$

ت ع:

$$|E| = (5,30803 \cdot 10^{-26} - 5,30763 \cdot 10^{-26} - 9,1 \cdot 10^{-31}) \cdot 9 \cdot 10^{16} = 2,78 \cdot 10^{-13} \text{ J} = 1,74 \text{ MeV} \approx 1,7 \text{ MeV}$$

النتيجة المحصل عليها حسابيا توافق قيمة $|E|$ المعطاة في الجدول.

- 3- سيكون المريض في مأمن من الإشعاع γ الذي ينبعث نتيجة وجود النوى المتولدة في حالة إثارة.

- 4- قانون التناقص الإشعاعي:

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

- 5- يسمى عمر النصف $t_{1/2}$ المدة الزمنية اللازمة لتفتت نصف عدد نوى عينة.

$$N_{1/2} = \frac{N_0}{2} = N_0 e^{-\lambda \cdot t_{1/2}}$$



و بالتالي:

$$2 = e^{\lambda \cdot t_{1/2}}$$

$$\ln 2 = \lambda \cdot t_{1/2}$$

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

-6

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

ت ع:

$$t_{1/2} = \frac{\ln 2}{5,6 \cdot 10^{-7}} = 1,23 \cdot 10^6 \text{ s} = 14 \text{ jours}$$

و هذه القيمة توافق قيمة عمر النصف المعطاة في الجدول.

التمرين الثاني:

1- النواة المشعة نواة غير مستقرة تتفككت تلقائيا لتعطي نواة متولدة باعثة دقيقة α أو β^+ أو β^- (مع إشعاع γ إذا كانت النواة المتولدة في حالة إثارة).

-2

النشاط الإشعاعي α ; ${}_{86}^{222}\text{Rn} \rightarrow {}_{84}^{218}\text{Po} + {}_2^4\text{He}$

النشاط الإشعاعي α ; ${}_{84}^{218}\text{Po} \rightarrow {}_{82}^{214}\text{Pb} + {}_2^4\text{He}$

النشاط الإشعاعي β^- ; ${}_{82}^{214}\text{Pb} \rightarrow {}_{83}^{214}\text{Bi} + {}_{-1}^0\text{e}$

-3

$${}_{83}^{214}\text{Bi} \rightarrow {}_{84}^{214}\text{Po} + {}_{-1}^0\text{e}$$

$$E = \Delta m \cdot c^2 = (m({}_{-1}^0\text{e}) + m({}_{84}^{214}\text{Po}) - m({}_{83}^{214}\text{Bi}))c^2$$

$$m(\text{kg}) ; c(\text{m} \cdot \text{s}^{-1}) ; E(\text{J}).$$

-4 لدينا:

$$E = (m({}_{-1}^0\text{e}) + m({}_{84}^{214}\text{Po}) - m({}_{83}^{214}\text{Bi}))c^2$$

ت ع:

$$E = (5,49 \cdot 10^{-4} + 213,995176 - 213,998691) \cdot 1,6605402 \cdot 10^{-27} \cdot 9 \cdot 10^{16} = -4,43 \cdot 10^{-13} \text{ J} = -2,77 \text{ MeV}$$

$$E = -2,77 \text{ MeV}$$

-5

-1-5 لدينا:

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

ت ع:

$$\lambda = \frac{\ln 2}{3,8.3600.24} = 2,1 \cdot 10^{-6} \text{ s}^{-1}$$

-2-5 لدينا:

$$a_0 = \lambda \cdot N_0 = \lambda \cdot \frac{m_0 \cdot N_A}{M({}_{222}^{222}\text{Rn})}$$



ومنه:

$$m_0 = \frac{a.M(^{222}\text{Rn})}{\lambda N_A}$$

ت ع:

$$m_0 = \frac{6000.222}{2,1.10^{-6}.6,02.10^{23}} = 1,05.10^{-12} g$$

$$m_0 = 1,05.10^{-12} g$$

3-5- لدينا:

$$a(t) = a_0.e^{-\lambda.t}$$

$$\frac{a(t)}{a_0} = .e^{-\lambda.t}$$

$$-\lambda.t = \ln\left(\frac{a(t)}{a_0}\right)$$

$$t = \frac{\ln\left(\frac{a(t)}{a_0}\right)}{-\lambda} = -\frac{\ln\left(\frac{a_0}{a(t)}\right)}{\lambda}$$

ت ع:

$$t = \frac{\ln\left(\frac{6000}{400}\right)}{2,1.10^{-6}} = 1,29.10^6 s = 14,9 \text{ jours}$$

$$t = 14,9 \text{ jours}$$

PCtaroudant
2010

