التحولات النووية – تمارين توليفية مرفقة بالحلول
فيزياء تارودانت

http://www.9alami.com

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: 3,7jours.

ثابتة النشاط الإشعاعي: $\lambda(^{186}_{Z}\mathrm{Re}) = 2{,}2.10^{-6}\,s$ ، $\lambda(^{32}_{15}P) = 5{,}6.10^{-7}\,s$

الكتلة المولية للرنيوم 186 : $M(^{186}_{Z}\mathrm{Re}) = 186\,g.mol^{-1}$

كتلة بعض النوى و الدقائق:

$m(^{32}_{15}P) = 5{,}30803.10^{-26}\,kg$

$m(^{32}_{16}S) = 5{,}30763.10^{-26}\,kg$

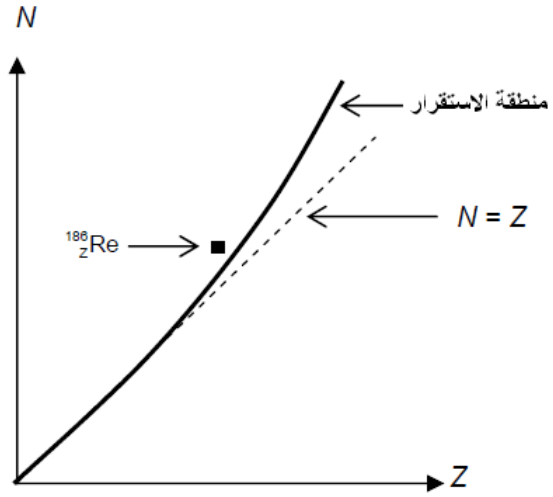
$m(^{0}_{-1}e) = 9{,}1.10^{-31}\,kg$

سرعة الضوء في الفراغ: $c = 3.10^{8}ms^{-1}$.

ثابتة أفوكادرو: $N_A=6{,}0.10^{23}mol^{-1}$.

الإلكترون – فولط: $1eV=1{,}6.10^{-19}J$

I – حقن مفصلي بمحلول يحتوى على الرنيوم 186:



نويدة الرنيوم $^{186}_{Z}\mathrm{Re}$ 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 النويدة 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 $^{186}_{Z}\mathrm{Re}$ لتعطي إحدى نظائر الأوسميوم $^{A}_{76}Os$.

حدد A و Z و اكتب معادلة التحول النووي لنويدة $^{186}_{Z}\mathrm{Re}$، باعتبار النويدة المتولدة ليست في حالة إثارة.

4- يُعلب المحلول المحتوي على الرنيوم المهيأ للحقن كدواء في قارورة سعتها $V_f = 10mL$ نشاط العينة التي تحتويها هذه القارورة لحظة معايرة المحلول في مختبر تصنيع الدواء هو $a_0 = 3700MBq$.

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 $V_f = 10mL$ لحظة المعايرة بمختبر تصنيع الدواء. نرمز لهذه الكتلة بالرمز m_0.

4-3- باستعانتك بمعطيات التمرين، حدد النشاط a_1 لهذه العينة بعد مرور 3,7jours على معايرتها في المختبر.

4-4- نشاط العينة من الدواء التي ينبغي حقنها في مفصل الساعد هي $a_{th} = 70MBq$.

حدد الحجم V من الدواء الذي ينبغي حقنه في الساعد بافتراض أن عملية الحقن تمت بعد مرور 3,7jours على معايرة الدواء.

II – حقن وريدي بمحلول يحتوي على الفوسفور 32:

بطاقة تعريف الفوسفور 32:

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

1- أعط تركيب نواة الفوسفور 32.

2- انطلاقا من معطيات التمرين و بطاقة تعريف الفوسفور 32 تحقق من القيمة E المعطاة للطاقة الإشعاعية المنبعثة أثناء تفتت هذه النويدة.

3- عموما 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 حسابيا 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.
تتفتت نوى الرادون 222 لتعطي على التوالي و في وقت قصير البولونيوم 218 و الرصاص 214 و البيسموت 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	البيسموت	البولونيوم	الرادون
الرمز	Pb	Bi	Po	Rn
Zالعدد الذري	82	83	84	86

$M(^{222}Rn) = 222,0 g.mol^{-1}$
$1\ u = 1,660540\ 2\ 10^{-27}\ k\ g$
$N_A = 6,02.10^{23} mol^{-1}$.
$c = 3.10^{8} m.s^{-1}$.
$1\ eV = 1,60210.10^{-19} J$.

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

النواة أو الدقيقة	البولونيوم 214	البيسموت 214	الإلكترون
الكتلة (u)	$m_{Po} = 213,995176$	$m_{Bi} = 213,998691$	$m_e = 5,49.10^{-4}$

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 بالبيسموت 214 و حدد في كل حالة نوع النشاط الإشعاعي المنبعث.
3- معادلة التحول النووي للبيسموت 214 تكتب كالتالي:

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

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.
5-1-احسب ثابتة النشاط الإشعاعي λ للرادون 222 بالوحدة المعتمدة في النظام العالمي للوحدات.
5-2- حدد كتلة الرادون 222 m_0 المتواجدة في متر مكعب من هواء هذا القبو.
5-3- نفترض أن الرادون المتواجد بالقبو لا ينفلت من و إلى القبو.
احسب عدد الأيام اللازمة لتصبح قيمة نشاط الرادون 222 في هذا القبو يساوي الحد الأقصى المسموح به: 400Bq في المتر مكعب من الهواء.

http://www.9alami.com

http://www.9alami.com

الأجوبة

التمرين الأول:

I – حقن مفصلي بمحلول يحتوي على الرنيوم 186:

1- بما أن النقطة الممثلة لهذه النواة في المخطط (Z,N) توجد فوق منطقة الاستقرار إذن نواة الرنيوم 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.

3- ${}^{186}_{Z}\mathrm{Re} \rightarrow {}^{A}_{76}Os + {}^{0}_{-1}e$

- انحفاظ عدد النويات الإجمالي:

$186 = A+0$

$A=186.$

- انحفاظ الشحنة الكهربائية:

$Z=76-1$

$Z=75$

إذن معادلة التحول النووي لنويدة الرنيوم 186 تصبح:

${}^{186}_{75}\mathrm{Re} \rightarrow {}^{186}_{76}Os + {}^{0}_{-1}e$

4-1- تم تحديد تاريخ معايرة هذا الدواء و لم يتم الاكتفاء بالإشارة فقط إلى نشاطه a_0 لأن نشاط عينة يتغير مع الزمن: $a(t)=a_0e^{-\lambda t}$.

4-2- لدينا:

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

إذن:

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

ت ع:

$$m_0 = \frac{37.10^8.186}{2{,}2.10^{-6}.6{,}0.10^{23}} = 5{,}21.10^{-7}\,g$$

$$m_0 = 5{,}21.10^{-7}\,g$$

4-3-

لدينا:

$t=3{,}7jours$

و نعلم حسب معطيات التمرين أن 3,7jours هو عمر النصف لنويدة الربيوم 186.

إذن عدد نوى الربيوم 186 المتبقية عند هذه اللحظية هو نصف نوى الربيوم 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:

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

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 الربيوم 186 يتناسب مع حجم المحلول المأخوذ عند لحظة معينة من القارورة:

$N_1=C.V_f$

$N_{th}= C.Vth$

و هكذا نجد:

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

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

و من تم نحصل على:

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

إذن:

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

ت ع:

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

II – حقن وريدي بمحلول يحتوي على الفوسفور 32:

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

2-

$${}^{32}_{15}P \rightarrow {}^{32}_{16}S + {}^{0}_{-1}e$$

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

ت ع:

$$|E| = \left(5,30803.10^{-26} - 5,30763.10^{-26} - 9,1.10^{-31}\right)9.10^{16} = 2,78.10^{-13}J = 1,74MeV \approx 1,7MeV$$

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:

$N(t)=N_0e^{-\lambda t}$

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

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

و بالتالي:

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

-6

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

ت ع:

$$t_{1/2} = \frac{\ln 2}{5{,}6.10^{-7}} = 1{,}23.10^{6}\, s = 14\, jours$$

و هذه القيمة توافق قيمة عمر النصف المعطاة في الجدول.

التمرين الثاني:

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

-2

$^{222}_{86}Rn \rightarrow {}^{218}_{84}Po + {}^{4}_{2}He$; النشاط الإشعاعي α

$^{218}_{84}Po \rightarrow {}^{214}_{82}Pb + {}^{4}_{2}He$; النشاط الإشعاعي α

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

-3

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

m(kg) ; c(m.s^{-1}) ; E(J).

4- لدينا:

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

ت ع:

$$E = \left(5{,}49.10^{-4} + 213{,}995176 - 213{,}998691\right).1{,}6605402.10^{-27}.9.10^{16} = -4{,}43.10^{-13}\, J = -2{,}77\, MeV$$
$$E = -2{,}77\, MeV$$

-5

5-1- لدينا:

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

ت ع:

$$\lambda = \frac{\ln 2}{3{,}8.3600.24} = 2{,}1.10^{-6}\, s^{-1}$$

5-2- لدينا:

$$a_0 = \lambda.N_0 = \lambda.\frac{m_0.N_A}{M\left({}^{222}Rn\right)}$$

ومنه:

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

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:

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

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

PCtaroudant
2010