تمارين حول التناقص الإشعاعي والنوى والكتلة والطاقة .
السنة الثانية بكالوريا علوم فيزيائية

تمرين 1

يلاحظ النشاط الإشعاعي β^+ بصفة عامة بالنسبة لنوى الاصطناعية . مثلا النيون 19 يتفتت حسب المعادلة النووية التالية :

$$^{19}_{10}Ne \rightarrow ^{19}_{9}F^* + ^{0}_{-1}e + ^{0}_{0}\nu$$

$$^{19}_{9}F^* \rightarrow ^{19}_{9}F + \gamma$$

بحيث أن $^{0}_{0}\nu$ دقيقة ، تسمى بالنوترينو neutrino تنقل الطاقة .

1

2 ـ ما هو نوع الطاقة المحررة خلال هذا التفاعل ؟ (طاقة وضع ـ طاقة ميكانيكية ـ طاقة حركية .. الخ)

3 ـ الإشعاع γ عند انبعاثه طاقته تساوي 551KeV ، الطاقة الحركية للبوزترون قيمتها 0,822KeV ، نهمل الطاقة الحركية للنواة المتولدة .

3 ـ 1 أحسب طاقة النوترونو $^{0}_{0}\nu$ المنبعثة خلال التفاعل .

3 ـ 2 ما هي خاصيات هذه الدقيقة ؟

نعطي : $m(^{19}_{10}Ne) = 18,99639u, m(^{19}_{9}F) = 18,99346u$

تمرين 2

نعتبر النويدتين $^{226}_{88}Ra$ و $^{A}_{Z}Rn$ من فصيلة الأورانيوم 238 $^{238}_{92}U$

1 ـ أعط تعريف فصيلة مشعة .

2 ـ نويدة الراديوم 226 مشعة تتحول إلى نويدة الرادون Rn ببعث دقائق α .

2 ـ 1 أكتب معادلة هذا التفتت .

2 ـ 2 أحسب الطاقة الناتجة عن التفتت α لنواة الرادون 226 ب MeV .

2 ـ 3 أوجد تعبير $E_{C\alpha}$ الطاقة الحركية للدقيقة α المنبعثة خلال التفتت السابق بدلالة m_α كتلة الدقيقة α و m_{Rn} كتلة النويدة المتولدة و ΔE الطاقة الناتجة عن التفتت ، علما أن النويدة الأصل تبقى في حالة سكون وأن النويدة المتولدة في حالتها الأساسية (غير مثارة)

2 ـ 4 بين أن E_{CRn} الطاقة الحركية للنويدة المتولدة تمثل تقريبا 1,8% من الطاقة التي يحررها التفاعل واستنتج .

3 ـ نويدة ألأورانيوم 238 غير مستقرة تتحول عبر سلسلة من الانبعاثات من نوع α و β^- لتعطي نويدة الرصاص $^{206}_{82}Pb$.

3 ـ 1 حدد عدد الانبعاثات α وعدد الانبعاثات β^- اللذين يؤديان معا تحول $^{238}_{92}U$ إلى $^{206}_{82}Pb$.

3 ـ 2 علل سبب استقرار النويدة $^{206}_{82}Pb$ بالنسبة للنويدة $^{238}_{92}U$.

نعطي : $m(^{226}Ra) = 255,977u, m(^{A}Rn) = 221,970$

تمرين3

تتحول نويدة الأورانيوم 238 $^{238}_{92}U$ إلى نويدة $^{206}_{82}Pb$ على إثر سلسلة من تفتتات تلقائية ومتتالية من طراز α و β^- حسب المعادلة الحصيلة :

$$^{238}_{92}U \rightarrow ^{206}_{82}Pb + x\alpha + y\beta^-$$

1 ـ تعرف على الدقيقتين α و β^- ثم حدد المعاملين x و y .

2 ـ في لحظة t ، تحتوي صخرة معدنية قديمة على 1g من الأورانيوم -238 و10mg من الرصاص -206 ، نفترض أن كل مادة الرصاص -206 المتواجدة في الصخرة هي نتيجة تفتت الأورانيوم -238 مع مرور الزمن ابتداء من لحظة t=0 نفترضها لحظة تكون الصخرة المعدنية .

أوجد بالسنين عمر هذه الصخرة علما أن الدور الإشعاعي للأورانيوم -238 : $t_{1/2}=4,5.10^9 ans$.

نعطي: M(Pb)=206g/mol, M(U)=238g/mol

تمرين4

يستعمل خليط من الأورانيوم الشطور $^{235}_{92}U$ والاورانيوم الخصب $^{238}_{92}U$ كوقود لمفاعل غواصة نووية .

1 ـ تنتج الطاقة المستهلكة من طرف الغواصة من انشطار نووى الأورانيوم الشطور $^{235}_{92}U$ إثر تصادمها بنوترونات ، وذلك حسب معادلة التفاعل النووي التالي :

$$^{235}_{92}U + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{139}_{54}Xe + ^{95}_{X}Sr + y\,^{1}_{0}n$$

1 ـ 1 أحسب قيمتي x و y .

1 ـ 2 أحسب الطاقة المتولدة عن انشطار نواة الأورانيوم $^{235}_{92}U$

1 ـ 3 أوجد المدة الزمنية التي يستهلك خلالها كتلة m=1g من الأورانيوم $^{235}_{92}U$ من طرف المفاعل النووي للغواصة علما أن قدرته هي 15MW .

2 ـ يمكن للنوترونات المنبعثة عن انشطار الأورانيوم $^{235}_{92}U$ ، والتي لم تخفف سرعتها ، أن تحول الأورانيوم الخصب $^{238}_{92}U$ إلى أورانيوم $^{239}_{92}U$ ، الإشعاعي النشاط ، حسب المعادلة التالية :

$$^{238}_{92}U + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{239}_{92}U$$

بعد دراسة النشاط الإشعاعي للأورانيوم 239 ، نجد أن قيمته تصبح 1/8 قيمته البدئية بعد مرور 69 دقيقة عن بداية تفتته .

أحسب زمن النصف للأورانيوم 239 .

3 ـ يتحول الأورانيوم $^{239}_{92}U$ إلى النبتونيوم $^{239}_{93}Np$ الذي يتحول بدوره إلى البلوتونيوم $^{239}_{94}Pu$. ويعتبر هذا الأخير شطورا هو الآخر ، كالأورانيوم 235 حسب معادلة التفاعل النووي التالي :

$$^{239}_{94}Pu + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{102}_{42}Mo + ^{135}_{52}Te + 3\,^{1}_{0}n$$

3 ـ 1 أوجدا لمعادلة الحصيلة لتحول الأورانيوم 239 إلى البلوتونيوم $^{239}_{94}Pu$ مبينا طبيعة الدقائق المنبعثة

3 ـ 2

$^{238}_{92}U$ أكبر بكثير من نسبة الأورانيوم الشطور $^{235}_{92}U$.

$^{239}_{94}Pu$	$^{95}_{X}Sr$	$^{139}_{54}Xe$	$^{235}_{92}U$
239,1344u	94,9450u	138,9550u	235,1240u

تمرين5

تتفتت نويدة الأورانيوم 238 لتعطي دقيقة α ونويدة الثوريوم Th .

1 ـ أكتب معادلة هذا التفاعل النووي

2

الأخرى في حالتها الأساسية ، كما نلاحظ أن فئة من الدقائق α تنبعث بطاقة حركية $E_{C1}(\alpha) = 4,148MeV$ وفئة أخرى تنبعث بطاقة قصوية $E_{Cmax}(\alpha) = 4,195MeV$.

نرمز ب E للطاقة الناتجة عن تفتت نواة واحدة من الأورانيوم ، ونرمز ب E' للطاقة إثارة نواة الثوريوم المتولدة ، ونرمز ب $E_C(\alpha)$ للطاقة الحركية للدقيقة α .

1 ـ 1 بين أن $E - E' = E_C(\alpha)\left[1 + \frac{m(\alpha)}{m(Th)}\right]$ حيث $m(\alpha)$ كتلة الدقيقة α و $m(Th)$ كتلة نويدة الثوريوم المتولدة . نعتبر أن نواة ألأورانيوم توجد في حالة سكون .

1 ـ 2 حدد القيمة Δm لتغير الكتلة الناتج عن هذا التفتت نعطي: $c=3.10^8\ m/s$ و $m(Th)=58,8m(\alpha)$ و $1MeV=1,6.10^{-19}J$.

تصحيح التمارين التوليفية
الفيزياء النووية

تمرين 1

1 ـ أنظر الدرس

2 ـ 1 معادلة التفتت لنويدة الراديوم 226 :

$$^{226}_{88}Ra \rightarrow {}^{222}_{86}Rn + {}^{4}_{2}He$$

2 ـ 2 طاقة التفاعل لتفتت نويدة الرادون 226

$$\Delta E = \Delta m.c^2$$

$$= \left(m\left({}^{222}_{86}Rn\right) + m(\alpha) - m\left({}^{226}_{88}Ra\right)\right).c^2$$

$$= (221,970 + 4,00150 - 225,977).c^2$$

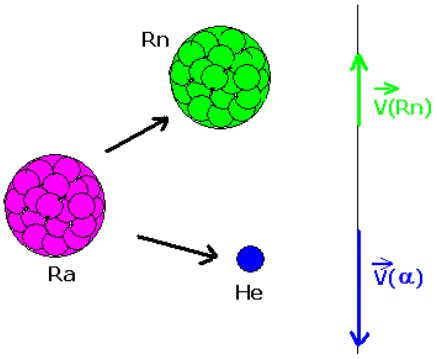
$$= -0,0055 \times 931,5MeV$$

$$= -5,12MeV$$

بما أن التفاعل ناشر للحرارة فالطاقة الناتجة عن التفاعل هي $Q = -\Delta E$ أو نأخذ $|\Delta E|$ الطاقة الناتجة عن التفاعل .

2 ـ 3

انحفاظ كمية حركة المجموعة قبل التفاعل وبعد التفاعل . وأن الطاقة الناتجة تتحول إلى طاقة حركية بعد التفاعل يكتبها كل من الدقائق α ونويدة الرادون



انحفاظ كمية الحركة لدينا :

$$\vec{p}(Ra) = \vec{p}(Rn) + \vec{p}(\alpha)$$

$$\vec{p}(Ra) = \vec{0} \Rightarrow m(Rn).\vec{V}(Rn) + m(\alpha).\vec{V}(\alpha) = \vec{0}$$

نسقط هذه العلاقة على المحور Oz موجه نحو الأعلى :

$$m(Rn).V(Rn) - m(\alpha).V(\alpha) = 0 \Rightarrow V(Rn) = \frac{m(\alpha)}{m(Rn)}V_\alpha$$

كل الطاقة الناتجة تحولت كطاقة حركية للنواة المتولدة الرادون والدقيقة α :

$$|\Delta E| = E_C(\alpha) + E_C(Rn)$$

$$|\Delta E| = E_C(\alpha) + \frac{1}{2}m_{Rn}.V_{Rn}^2$$

$$V_{Rn}^2 = \frac{m(\alpha)^2}{m(Rn)^2}V_\alpha^2$$

$$|\Delta E| = E_C(\alpha) + \frac{1}{2}m_{Rn}.\frac{m(\alpha)^2}{m(Rn)^2}V_\alpha^2$$

$$|\Delta E| = E_C(\alpha) + \frac{m(\alpha)}{m(Rn)}\frac{1}{2}.m(\alpha)V_\alpha^2$$

$$|\Delta E| = E_C(\alpha)\left(1 + \frac{m(\alpha)}{m(Rn)}\right) \Rightarrow E_C(\alpha) = \frac{|\Delta E|}{\left(1 + \frac{m(\alpha)}{m(Rn)}\right)}$$

2 ـ 4 نحسب النسبة $\left(1+\frac{m(\alpha)}{m(Rn)}\right)$ فنجد أن 1,02 أي أن

$$E_C(\alpha)=0,980|\Delta E| \Rightarrow |\Delta E|-E_C(Rn)=0,980|\Delta E|$$

$$E_C(Rn)=|\Delta E|(1-0,980)=0,02|\Delta E| \simeq 2\%|\Delta E|$$

3 ـ 1 عدد الانبعاثات α وعدد الانبعاثات β^-

لتكن x و y عدد الانبعاثات α وعدد الانبعاثات β^- :

$$^{238}_{92}U \rightarrow {}^{206}_{82}Pb + x\,{}^{4}_{2}He + y\,{}^{0}_{-1}e$$

$$238=206+4x \Rightarrow x=8$$

$$92=82+2\times 8-y \Rightarrow y=6$$

وبالتالي ستكون عندنا 6 تفتتات α و 8 تفتتات β^-

3 ـ 2 تعليل سبب استقرار النويدة Pb بالنسبة للنويدة U :

نقارن النسبة $\frac{N}{Z}$ بالنسبة لكل نويدة :

بالنسبة لنويدة الرصاص 206 لدينا : $\frac{N}{Z}=\frac{124}{82}=1,51$

بالنسبة لنويدة الأورانيوم 238 لدينا : $\frac{N}{Z}=\frac{146}{92}=1,59$

يتبن أن $\frac{N}{Z}\left(^{206}_{82}Pb\right) < \frac{N}{Z}\left(^{238}_{92}U\right)$ أي ان النويدة $^{206}_{82}Pb$ أكثر استقرارا من النويدة $^{238}_{92}U$

تمرين 2

1 ـ التعرف على الدقيقتين α و β : α : دقيقة الهيليوم $^{4}_{2}He$

β^- إلكترون : $^{0}_{-1}e$

حسب قانون سودي :

$$238=206+4x+0 \Rightarrow x=8$$

$$92=82+2x-y \Rightarrow y=6$$

2 ـ عمر الصخرة بالسنين :

حسب المعادلة الحصيلة للتفاعل أنه في اللحظة تحتوي الصخرة على 1g من الأورانيوم وهذه الكتلة تمثل نوى الأورانيوم المتبقية عند اللحظة t . أي أن $N=\frac{N_A}{M(U)}.m$ وتحتوي على 10mg من الرصاص 206 ، هذه الكتلة تمثل N′ النوى المتكونة خلال اللحظة t أي أن $N'=\frac{N_A}{M(Pb)}.m'$ وبالتالي فإن عدد النوى الموجودة في اللحظة t=o هي :

$$N_0=\frac{N_A}{M(U)}.m+\frac{N_A}{M(Pb)}.m'$$

$$N_0=N_A\left(\frac{m}{M(U)}+\frac{m'}{M(Pb)}\right)$$

بالسبة للأورانيوم 238 المتبقي نطبق قانون التناقص الإشعاعي :

$$N(t)=N_0e^{-\lambda t}\Rightarrow N(t)=\left(\frac{N_A}{M(U)}.m+\frac{N_A}{M(Pb)}.m'\right)e^{-\lambda t}$$

$$N_A\frac{m}{M(U)}=N_A\left(\frac{m}{M(U)}+\frac{m'}{M(Pb)}\right)e^{-\lambda t}$$

$$\frac{m}{M(U)}=\left(\frac{m}{M(U)}+\frac{m'}{M(Pb)}\right)e^{-\lambda t}$$

$$\lambda=\frac{\ln 2}{t_{1/2}}\Rightarrow\frac{m}{M(U)}=\left(\frac{m}{M(U)}+\frac{m'}{M(Pb)}\right)e^{-\left(\frac{\ln 2}{t_{1/2}}\right)t}$$

$$\frac{\frac{m}{M(U)}}{\left(\frac{m}{M(U)}+\frac{m'}{M(Pb)}\right)}=e^{-\left(\frac{\ln 2}{t_{1/2}}\right)t}\Rightarrow\ln\frac{\frac{m}{M(U)}}{\left(\frac{m}{M(U)}+\frac{m'}{M(Pb)}\right)}=-\frac{\ln 2}{t_{1/2}}t$$

$$t=\frac{\ln 2}{t_{1/2}}\times\left(\ln\frac{\left(\frac{m}{M(U)}+\frac{m'}{M(Pb)}\right)}{\frac{m}{M(U)}}\right)\Rightarrow t=\frac{\ln 2}{t_{1/2}}\times\left(\ln\left(1+\frac{m'}{m}\frac{M(U)}{M(Pb}\right)\right)$$

تطبق عددي :

. $t=7,45.10^7 ans$

تمرين 3

1 ـ 1 نطبق قانون صودي فنحصل على : x=38 و y=2 .

1 ـ 2 حساب الطاقة المتولدة عن هذا الانشطار :

$$^{235}_{92}U+^{1}_{0}n\rightarrow{}^{139}_{54}Xe+{}^{95}_{38}Sr+2\,^{1}_{0}n$$

$$\Delta E=\left(m(Xe)+m(Sr)+m_n-m(U)\right).c^2$$

$$\Delta E=-200,6MeV=-3,21.10^{-11}J$$

1 ـ 3 حساب المدة الزمنية التي يستهلك خلالها كتلة 1g من الأورانيوم 235 :

نعلم أن : $\mathcal{P}=\frac{W}{\Delta t}$ بحيث أن W الطاقة التي ينتجها 1g من ألأورانيوم وهي :

نعلم أن نويدة واحدة تنتج ما قيمته $Q=-\Delta E=200,5MeV=3,21.10^{-11}J$ ونعلم كذلك أن 1g

يحتوي على N نويدة من الأورانيوم بحيث أن $N=N_A.\frac{m}{M(U)}$ إذن $W=N_A.\frac{m}{M(U)}|\Delta E|$

وبالتالي : $\Delta t=N_A\frac{m}{M(U).\mathcal{P}}|\Delta E|=62jours16h$

2 ـ حساب عمر النصف لنويدة الأورانيوم 239 :

حسب قانون النشاط الإشعاعي لدينا :

$N = N_0 e^{-\lambda t}$ بحيث أن N هو عدد النوى المتبقية من الأورانيوم عند اللحظة t وحسب المعطيات

$N(t) = \frac{N_0}{8}$ و t=69min أي أن :

$$\frac{N_0}{8} = N_0.e^{-\lambda t} \Rightarrow \ln 8 = \lambda t$$

$$3\ln 2 = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} t \Rightarrow t_{1/2} = \frac{t}{3} = 23\min$$

تمرين 4

1 ـ معادلة التفاعل النووي :

$$^{238}_{92}U \rightarrow {}^{A}_{Z}Th + {}^{4}_{2}He$$

$$A = 234$$

$$Z = 90$$

$$^{A}_{Z}Th \equiv {}^{234}_{90}Th$$

2 ـ 1 لنبين العلاقة المطلوبة :

الطاقة الناتجة عن تفتت نواة واحدة من الأورانيوم 238تتحول إلى طاقة حركية تكتسبها النواة المتولدة والدقيقة α

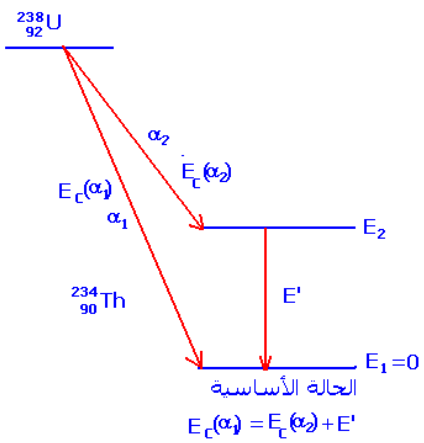
من الدقائق α تنبعث بطاقة حركية أصغر من الطاقة الحركية القصوية للدقائق α التي يمكنها أن تجعل نويدة التوريوم في حالتها الأساسية (أنظر مخطط الطاقة) وستكون الحصيلة الطاقية لهذا التفاعل النووي على الشكل التالي :

$$|\Delta E| = E_C(\alpha) + E' + E_C(Th)$$

انحفاظ كمية الحركة خلال التفاعل النووي : $\vec{0} = m_{Th}.\vec{V}_{Th} + m_{\alpha}.\vec{V}_{\alpha}$

نسقط العلاقة على محور موجه (نواة التوريوم ونواة الهيليوم سيكون منحياهما متعاكسان) أي أن

$$0 = m_{Th}.V_{Th} - m_{\alpha}.V_{\alpha} \Rightarrow m_{Th}V_{Th} = m_{\alpha}.V_{\alpha}$$



$$E_C(Th) = \frac{1}{2}m_{Th}V_{Th}^2 = \frac{1}{2}m_{Th}\left(\frac{m_{\alpha}.V_{\alpha}}{m_{Th}}\right)^2$$

$$E_C(Th) = \frac{m_{\alpha}}{m_{Th}}E_C(\alpha)$$

في العلاقة السابقة :

$$|\Delta E| = E_C(\alpha) + E' + \frac{m(\alpha)}{m(Th)}E_C(\alpha)$$

$$|\Delta E| = E \Rightarrow E - E' = E_C(\alpha)\left(1 + \frac{m(\alpha)}{m(Th)}\right)$$

2 ـ 2 تحديد قيمة Δm حسب مخطط الطاقة لدينا

$$E' = E_{C\max}(\alpha) - E_{C1}(\alpha) = 0,047MeV$$

$$E = \Delta m.c^2 = E_{C\max}(\alpha)\left(1 + \frac{m(\alpha)}{m(Th)}\right) + E'$$

$$= 1,017 \times 4,195 + 0,047 = 4,313MeV$$

$$\Delta m = 4,313MeV/c^2 = 1,150.10^{-29}kg$$