الوحدة الثانية:

التحولات النووية.

التمرين الأول:

النبتنيوم $^{237}_{93}Np$، مشع، أثناء تفككه تنتج نواة برطاكتنيوم $^{233}_{91}Pa$.

1- أـ ما هي قوانين الانحفاظ التي تتحكم في هذه الظاهرة ؟

ب ـ أكتب معادلة التفكك لنواة $^{237}_{93}Np$. وما نوع النشاط الإشعاعي الموافق

2- أـ باستخدام قانون التناقص أوجد عبارة $t_{1/2}$ زمن نصف العمر بدلالة ثابت النشاط الإشعاعي λ.

ب ـ إذا علمت أن زمن نصف العمر لتفكك Np هو: $t_{1/2}= 6,753\times10^{13}s$.

أحسب ثابت النشاط الإشعاعي λ بوحدة (ans^{-1}).

3- عينة من فضلات مفاعل نووي تحتوي كتلة $m=100g$ من النبتينوم Np في لحظة نعتبرها مبدأ للأزمنة($t=0s$).

أحسب عدد أنوية Np و التي نرمز لها بـ N_0الموجودة في الكتلة m.

4- أـ عرف النشاط الإشعاعي A ثم أكتب عبارته بدلالة N، λ.

ب ـ أحسب النشاط الإشعاعي الابتدائي A_0 الموجود في العينة المدروسة.

5- أحسب نشاط العينة بعد زمن قدره $t=10^5\ ans$، ماذا تستنتج ؟

يعطى: الكتلة المولية لـ ^{237}Np: $M(^{237}Np)=237,05g/mol$، عدد أفوقادرو: $N_A=6,022\times10^{23}$.

التمرين الثاني:

يستوجب إستعمال الأنديوم 192 أو السيزيوم 137 في الطب وضعها في أنابيب بلاستكية قبل أن توضع على ورم المريض قصد العلاج.

1/ نواة السيزيوم $^{137}_{55}Cs$ مشعة تصدر جسيمات β^- واشعاعات: γ.

أ/ ما المقصود بالعبارة (تصدر جسيمات β^- واشعاعات γ) ما سبب اصدار النواة لإشعاعات γ ؟.

ب/ أكتب معادلة التفاعل المنمذج للتحول النووي الذي يحدث للنواة الأب مستنتجا رمز النواة الإبن $^{A}_{Z}Y$ من بين الانوية التالية:

$^{38}_{57}La$, $^{137}_{56}Ba$, $^{131}_{54}Xe$

2/ يحتوي الأنبوب على عينة من السيزيوم $^{137}_{55}Cs$ كتلتها: $m=10^{-6}g$ عند اللحظة: $t=0s$.

أحسب : أ/ عدد الأنوية N_0 الموجودة في العينة .

ب/ قيمة النشاط الإشعاعي لهذه العينة .

3/ تستعمل هذه العينة بعد ستة (06) أشهر من تحضيرها.

أ/ ما مقدار النشاط الإشعاعي للعينة حينئذ.

ب/ ما هي النسبة المئوية لأنوية السيزيوم المتفككة .

4/ نعتبر نشاط هذه العينة معدوما عندما يصبح مساويا لـ 1% من قيمته الإبتدائية.

أحسب بدلالة ثابت الزمن: τ المدة الزمنية اللازمة لإنعدام النشاط الإشعاعي للعينة ، وهل يمكن تعميم هذه النتيجة على أي نواة مشعة .

يعطى: $N_A=6,023\times10^{23}$ ، ثابت الزمن لـ: $Cs: \tau=43,3ans$ ، $M(Cs)=137\ g/mol$.

التمرين الثالث:

تقذف عينة من نظير الكلور $^{35}_{17}Cl$ المستقر بالنيترونات ، تلتقط النواة $^{35}_{17}Cl$ نيترونات لتتحول الى نواة مشعة $^{A}_{Z}X$ توجد ضمن قائمة الأنوية المدونة في الجدول التالي:

النواة	$^{38}_{17}Cl$	$^{31}_{14}Si$	$^{18}_{9}F$	$^{13}_{7}N$

$t_{1/2}$ (s) زمن نصف العمر	2240	9430	6740	594

سمحت متابعة النشاط الإشعاعي لعينة من $^{A}_{Z}X$ برسم المنحنى الموضح بالشكل حيث : N_0 عدد الأنوية الإبتدائية، N عدد الأنوية المتبقية.

1/ أ\ عرف زمن نصف العمر: $(t_{1/2})$.

ب\ عين قيمة زمن نصف العمر للنواة $^{A}_{Z}X$ بيانيا.

2/ أ\ أوجد العبارة الحرفية لـ $t_{1/2}$.

ب\ أحسب قيمة: λ ثابت التفكك للنواة $^{A}_{Z}X$.

3/ بالإعتماد على النتائج المتحصل عليها و القائمة الموجودة في الجدول:

- عين النواة $^{A}_{Z}X$.

4/ أكتب معادلة التفاعل لتحول نواة: $^{35}_{17}Cl$ إلى النواة $^{A}_{Z}X$.

5/ أحسب بالإلكترون فولط و Mev.

أ/ طاقة الربط للنواة $^{A}_{Z}X$.

ب/ طاقة الربط لكل نوية.

وحدة الكتل الذرية	$1u = 1,66\times10^{-27}Kg$
كتلة البروتون	$M_p = 1,007284$
كتلة النيترون	$M_n = 1,008664$
كتلة النواة $^{A}_{Z}X$	$M_X = 37,960114$

التمرين الرابع:

1/ لعنصر البرلونيوم (Po) عدة نظائر مشعة، أحدها فقط طبيعي.

أ/ ما المقصود بكل من: النظير والنواة المشعة.

ب/ نعتبر أحد النظيرين مشع، نواته ($^{A}_{Z}Po$) والتي تتفكك إلى نواة الرصاص ($^{206}_{82}Pb$) وتصدر جسيما α، أكتب معادلة التفاعل المنمذج لتفكك نواة النظير ($^{A}_{Z}Po$) ثم استنتج قيمتي: A و Z.

2/ ليكن: N_0 عدد الأنوية المشعة الموجودة في عينة من النظير: ($^{A}_{Z}Po$) في اللحظة: $t=0$، $N_{(t)}$ عدد الأنوية المشعة غير المتفككة الموجودة فيها في اللحظة: t.

باستخدام كاشف لإشعاعات (α) مجهز بعداد رقمي تم الحصول على جدول القياسات التالي:

t (jours)	0	20	50	80	100	120
$\frac{N}{N_0}$	1.00	0.90	0.78	0.67	0.61	0.55
$-\ln[\frac{N}{N_0}]$						

أ/ أملأ الجدول السابق.

ب/ ارسم على ورقة ميليمترية البيان: $-\ln\frac{N}{N_0} = f(t)$.

يعطى سلم الرسم: على محور الفواصل: 1cm → 20 jours

على محور التراتيب: 1cm → 0.10

ج/ أكتب قانون التناقص الإشعاعي وهل يتوافق مع البيان السابق؟ برر إجابتك.

د/ انطلاقا من البيان استنتج قيمة: λ، ثابت التفكك (ثابت الإشعاع) المميز للنظير ($^{A}_{Z}Po$).

هـ/ أعط عبارة زمن نصف عمر $^{A}_{Z}Po$ واحسب قيمته.

التمرين الخامس:

توجد عدة طرق لتشخيص مرض السرطان، منها طريقة التصوير الطبي التي تعتمد على تتبع جزئيات سكر الغلوكوز التي تستبدل فيها مجموعة: (-OH) بذرة الفلور 18 المشع، يتمركز سكر الغلوكوز في الخلايا السرطانية التي تستهلك كمية كبيرة منه، تتميز نواة الفلور: $^{18}_{9}F$ بزمن نصف عمر ($t_{1/2}=110min$)، لذا تحضر الجرعة في وقت مناسب قبل حقن المريض بها، حيث يكون نشاط العينة لحظة الحقن: $2.6X10^{8}Bq$ ، تتفكك نواة الفلور 18 إلى نواة الأكسجين: $^{18}_{8}O$.

1 - اكتب معادلة التفكك وحدد طبيعة الإشعاع الصادر.

2 - بين أن ثابت التفكك λ يعطى بالعبارة: $\lambda=\frac{\ln 2}{t_{1/2}}$. ثم احسب قيمته.

3 - حضر تقنيو التصوير الطبي جرعة (عينة) D تحتوي على $^{18}_{9}F$ في الساعة "الثامنة"صباحا لحقن مريض على الساعة "التاسعة" صباحا.

أ/ احسب عدد أنوية الفلور $^{18}_{9}F$ لحظة تحضير الجرعة.

ب/ ما هو الزمن المستغرق حتى يصبح نشاط العينة مساويا 1% من النشاط الذي كان عليه في الساعة التاسعة؟

التمرين السادس:

1- نظير الكاربون 14 عنصر مشع يبث β^- ، أكتب معادلة التحول النووي لهذا التفكك.

2- قطعة خشب من تابوت قديم تحتوي على عدد من التفككات يقدر بـ:$n_1=955$ خلال ساعة من التفكك.

قطعة خشب مقطوعة حديثا لها نفس كتلة الكاربون 14 الموجودة في القطعة القديمة من التابوت و التي تحتوي على عدد من التفككات يقدر بـ: $n_0=1582$ خلال ساعة من الزمن، اشرح طريقة التأريخ بالكاربون14.

3- أحسب النشاط الإشعاعي A_1 لقطعة الخشب من التابوت و النشاط الإشعاعي A_0 لقطعة الخشب الحديثة القطع للكاربون 14.

4- زمن نصف العمر للكاربون 14 هو : $t_{1/2}=5715ans$.باستغلال المنحنى البياني للنشاط الإشعاعي A(t) أوجد عمر التابوت.

5- أـ تأكد من عمر التابوت حسابيا.

ب ـ لماذا اختيار التاريخ بواسطة 14C هو الاختيار الأمثل لتحديد عمر التابوت.

التمرين السابع:

إن نواة الراديوم ($^{226}_{88}Ra$) مشعة وتصدر جسيما α.

1/ ماذا تمثل الأرقام 226 و88 بالنسبة للنواة ($^{226}_{88}Ra$) ؟

2/ أكتب معادلة التفاعل المنمذج لتفكك النواة ($^{226}_{88}Ra$) ، مستنتجا النواة الإبن ($^{A}_{Z}X$) من بين الأنوية التالية:

$^{89}Ac,\ ^{86}Rn,\ ^{82}Pb,\ ^{83}Bi$.

3/ علما أن ثابت تفكك الراديوم المشع: $\lambda=1.36\times10^{-11}s^{-1}$ ، استنتج زمن نصف حياة الراديوم ($^{226}_{88}Ra$) .

4/ نعتبر عينة كتلتها: $m_0=1mg$ من أنوية الراديوم ($^{226}_{88}Ra$) عند اللحظة: $t_0=0$ ، ولتكن m كتلة العينة عند: t.

أ/ عرف زمن نصف الحياة: $t_{1/2}$، أوجد العلاقة بين عدد الأنوية N وكتلة العينة في اللحظة t ثم أكمل الجدول التالي:

t	t_0	$t_{1/2}$	$2\,t_{1/2}$	$3\,t_{1/2}$	$4\,t_{1/2}$	$5\,t_{1/2}$
$m(mg)$	.....	.....	.....	.....	.....	.....

ب/ ما هي كتلة العينة المتفككة عند اللحظة: $t=5\tau$ (حيث τ ثابت الزمن) ؟ ماذا تستنتج؟

ج/ ارسم البيان $m=f(t)$.

التمرين الثامن:

أجب بـ: «**نعم**» أو«**لا**» مع التعليل.

العنصر	الرمز	العدد الشحني (Z)
الرادون	Rn	86
الفرانسيوم	Fr	87
الراديوم	Ra	88
الأكتينيوم	Ac	89
التوريوم	Th	90

1/ نواة البولونيوم ($^{208}_{84}Po$) تتكون من 84 نيترون و 124 بروتون.

2/ كتلة نواة الراديوم ($^{226}_{88}Ra$) تساوي مجموع كتل نوياتها.

3/ معادلة تفكك الراديوم هي: $^{226}_{88}Ra \rightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{222}_{86}Rn$.

4/ الراديوم ($^{226}_{88}Ra$) و الرادون ($^{226}_{86}Rn$) نظيرين.

5/ تصدر نواة الراديوم إشعاع β^-. النواة الإبن هي: Fr.(الفرانسيوم)

6/ زمن نصف العمر للرادون ($^{226}_{86}Rn$) هو $t_{1/2}=3.8\ jours$

خلال $t=11.4\ jours$ نسبة أنوية الرادون ($^{226}_{86}Rn$) المتبقية بالنسبة لعدد الأنوية الابتدائية هو: 12.5%.

	الكتلة (Kg)
نيترون ${}^{1}_{0}n$	1.674927×10^{-27}
بروتون ${}^{1}_{1}p$	1.672621×10^{-27}
الهيليوم ${}^{4}_{2}He$	6.64465×10^{-27}
الراديوم ${}^{226}Ra$	3.752438×10^{-25}
الرادون ${}^{222}Rn$	3.685904×10^{-25}

7/ نواة الراديوم ($^{226}_{88}Ra$) تتشكل انطلاقا من تفككات متتالية لجسيمات: α , β^- لنواة اليورانيوم ($^{238}_{92}U$).

خلال هذه التفككات المتتالية ينتج 2جسيمات α و3 إلكترونات.

8/ في عينة الراديوم (Ra) الذي يملك نشاطا إشعاعيا $A=6.0\times10^5\ Bq$.

عدد أنوية Ra المنشطرة خلال دقيقة ($1min$) هو: 2×10^4.

9/ الطاقة المحررة خلال التفاعل: $^{226}_{88}Ra \rightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{226}_{86}Rn$ تساوي: $8\ Mev$.

التمرين التاسع:

ننمذج أحد التفاعلات النووية لليورانيوم ($^{238}_{92}U$) وفق المعادلة: $^{235}_{92}U + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{139}_{53}X + {}^{94}_{a}Y + b\ {}^{1}_{0}n$.

1/ ماهو نوع التفاعل؟

2/ عين قيمة كل من: b ,a ثم تعرف على: X ,Y (استعن بالجدول الدوري).

3/ احسب طاقة الإرتباط النووي في أنوية: Y, X,U.

4/ احسب مقدار النقص في الكتلة لهذا التفاعل.

5/ احسب الطاقة المتحررة من كل ذرة يورانيوم، قارن هذة النتيجة بنتيجة السؤال (3).

6/ احسب الطاقة المتحررة من: $1g$ من ^{235}U.

يعطى:

$m(^{235}U)=235.0044u$, $m(^{139}X)=138.905u$, $m(^{94}Y)=93.906\ u$, $m(n)=1.0087u$.

التمرين العاشر:

المعطيات:

$N_A = 6{,}0221367 \times 10^{23}$	$U\ 235 : 234{,}99346\ U$
$Sr\ 94 : 93{,}894521\ U$	$Xe : 139{,}891997\ U$
$p : 1{,}007276\ U$	$n : 1{,}008665\ U$
$1\ U = 931{,}49432\ MeV/C^2$	$1\ U = 1{,}660540 \times 10^{-27}\ kg$
	$C = 3 \times 10^8\ m/s$

1ـ أ ـ أحسب النقص في الكتلة Δm لنواة اليورانيوم 235 (^{235}U).

ب ـ أحسب طاقة الارتباط النووي لنواة اليورانيوم 235.

ج ـ أحسب طاقة الارتباط لكل نوية في نواة اليورانيوم 235 .

2ـ إحدى التحولات النووية لنواة اليورانيوم 235 تنمذج بالمعادلة :

$$^1_0n + {}^{235}_{92}U \rightarrow {}^{94}_{92}Sr + Xe + 2\,{}^1_0n$$

أ ـ أكمل معادلة التحول النووي السابق.

ب ـ ما نوع التحول النووي الموافق لهذه المعادلة.

ج ـ أحسب الطاقة المحررة من نواة يورانيوم واحدة أثناء هذا التحول.

د ـ أكمل العبارة : " Kg..... من اليورانيوم تحرر طاقة قدرها joules..... ".

هـ ـ أحسب الطاقة المحررة من 1g من اليورانيوم 235 .

3ـ أحسب طاقة الارتباط لكل نوية من نواتي Xe ، Sr .ماذا تستنتج؟

التمرين الحادي عشر:

المعطيات:

$m_n = 1.0087\ u$, $m_p = 1.0073\ u$,
$c = 3 \times 10^8 ms^{-1}$, $m_e = 0.00055u$, $1u = 931Mev/C^2$

❶ إليك جدول لمعطيات عن بعض أنوية الذرات:

أنوية العناصر	^2_1H	^3_1H	^4_2He	$^{14}_6C$	$^{14}_7N$	$^{94}_{38}Sr$	$^{140}_{54}Xe$	$^{235}_{92}U$
كتلة النواة $M(u)$	2.0136	3.0155	4.0015	14.0065	14.0031	93.8945	139.892	234.9935
طاقة ربط النواة: $E(Mev)$	2.23	8.57	28.41	99.54	101.44	810.50	1164.75	.....
طاقة الربط لكل نيوكليون $E/A(Mev)$	1.11	.....	7.10	.....	7.25	8.62	.....	.....

1/ ما المقصود بالعبارات التالية: أ/ طاقة ربط النواة، ب/ وحدة الكتلة: (u) ؟

2/ اكتب عبارة طاقة ربط النواة لنواة عنصر بدلالة كل من (m_x) كتلة النواة و Z و A و m_p و m_n وسرعة الضوء في الفراغ (C) .

3/ احسب طاقة ربط نواة اليورانيوم 235 بالوحدة (Mev) .

4/ أكمل فراغات الجدول السابق.

5/ ما اسم النواة (من بين المذكورة في الجدول السابق) الأكثر استقرارا؟ علل.

❷ إليك التحولات النووية لبعض العناصر من الجدول السابق:

أ/ يتحول $^{14}_6C$ إلى $^{14}_7N$.

ب/ ينتج $^{4}_{2}He$ ونيترون من نظير ي الهيدروجين.

ج/ قذف $^{235}_{92}U$ بنترون يعطي: $^{94}_{38}Sr$, $^{140}_{54}Xe$ ونترونين.

1/ عبر عن كل تحول نووي بمعادلة نووية كاملة وموزونة.

2/ صنف التحولات النووية السابقة إلى: انشطارية، إشعاعية أو تفككية، اندماجية.

3/ احسب الطاقة المحررة من تفاعل الانشطار ومن تفاعل الاندماج بالوحدة(Mev) .

التمرين الثاني عشر:

تتكون النجوم الصفراء مثل الشمس أساسا من الهدروجين.

عندما تكون درجة حرارة هذه النجوم تقارب: $1,5X10^{7}\ K$ ، تحدث تفاعلات اندماج بين البروتونات فتعطي نواة الهليوم (He) حسب السلسلة:

$$^{1}_{1}H + {}^{1}_{1}H \rightarrow {}^{2}_{1}H + {}^{0}_{1}e \quad .....(1)$$

$$^{1}_{1}H + {}^{2}_{1}H \rightarrow {}^{3}_{2}He + \gamma \quad .....(2)$$

$$^{3}_{2}He + {}^{3}_{2}He \rightarrow {}^{4}_{2}He + 2\,{}^{1}_{1}H \quad .....(3)$$

1/ باستعمال المعادلات السابقة، أكتب المعادلة الإجمالية لتشكيل نواة الهليوم انطلاقا من أنويه الهيدروجين.

2/ أحسب الطاقة الناتجة عند الحصول على نواة من الهليوم ثم عند الحصول على $1g$ من الهليوم.

3/ الاستطاعة التي تشعها الشمس هي: $9X10^{26}\ W$.

أ/ أحسب كتلة الهليوم الناتجة خلال $1s$.

ب/ أحسب مقدار النقص في كتلة الشمس خلال كل ثانية.

ج/ يقدر عمر الشمس: $4.6X10^{9}\ ans$ وكتلتها الحالية: $2X10^{30}\ Kg$ ما مقدار النقص في كتلتها منذ بداية إشعاعها؟، ثم قارن هدا النقص بالنسبة للكتلة الحالية.

التمرين الثالث عشر:

لدينا المعادلات التالية :

$$^{4}_{2}He + {}^{14}_{7}N \rightarrow {}^{17}_{8}O + {}^{1}_{1}H \quad .....(1)$$

$$^{4}_{2}He + {}^{27}_{13}Al \rightarrow {}^{A}_{Z}P + {}^{1}_{0}n \quad .....(2)$$

$$^{A}_{Z}P \rightarrow {}^{A'}_{Z'}Si + \beta^{+} + \gamma \quad .....(3)$$

1/ أكتب المعادلات السابقة مع تحديد القيم : A , A' , Z , Z'.

2/ بين نوع التحول بالنسبة للتفاعل (3) .

3/ باعتبار التفاعل (1) :

أ/ أعط الحصيلة الطاقوية لهذا التفاعل النووي.

ب/ هل يمكن لهذا أن يتحقق بجسيمات: α طاقتها الحركية أقل من: $0.5\ Mev$.

4/ :

أ/ اكتب المعادلة الإجمالية للتفاعلين (2) و(3).

ب/ أعط الحصيلة الطاقوية الموافقة للمعادلة الإجمالية السابقة.

ج/ الإشعاع γ له طاقة $511\ Mev$، الجسيم α له طاقة $0.520\ Mev$، ماهي الطاقة الحركية للجسيمات الناتجة باعتبار نواة Si ثابتة؟.

د/ لماذا يكون كشف البوزيتون أسهل من النترون؟.

$M_P = 29.97006\ u$ $m_O = 16.994734\ u$ $m_{Al} = 26.97439\ u$ $m_N = 13.99922\ u$
$m_e = 0.00055\ u$ $m_n = 1.00866\ u$ $m_\alpha = 4.00150\ u$ $m_p = 1.007284\ u$ $m_{Si} = 29.96607\ u$

التمرين الرابع عشر:

هذه المعطيات صالحة لكل التمرين :

وحدة الكتل الذرية	طاقة كتلة 1u	الالكترون فولط	1MeV	سرعة الضوء
$u = 1.66045 \times 10^{-27} KG$	$E = 931.5 MeV$	$1.6 \times 10^{-19} J$	$10^6 eV$	$3.0.10^8 ms^1$

و

اسم النواة	Radon	Radium	Helium	neutron	proton	électron
الرمز	$^{222}_{86}Rn$	$^{226}_{88}Ra$	$^{4}_{2}He$	$^{1}_{0}N$	$^{1}_{1}P$	$^{0}_{-1}e$
الكتلة (u)	221.970	225.977	4.001	1.009	1.007	5.49×10^{-4}

❶ تفكك الراديوم:

يحتوي الهواء على الرادون: Rn بكميات قليلة، وينتج هذا الغاز المشع طبيعيا من الصخور التي تحتوي اليورانيوم و الراديوم، يتشكل الرادون من انشطار الراديوم (الراديوم ناتج أيضا من العائلة المشعة لليورانيوم 238) حسب معادلة التفاعل التالي: $^{226}_{88}Ra \longrightarrow {}^{222}_{86}Rn + {}^{4}_{2}He$

1/ ما نوع النشاط الاشعاعي الموافق لهذاالتفاعل؟ علل إجابتك.

2/ النقصان في الكتلة:

أ/ اعط العبارة الحرفية للنقصان في الكتلة Δm لنواة رمزها $^{A}_{Z}X$ كتلتها m.

ب/ أحسب النقصان في الكتلة لنواة الراديوم Ra وعبر عنه بوحدة الكتلة الذرية (u) .

3/ أكتب علاقةالتكافؤ طاقة– كتلة.

4/ قيمة النقصان في كتلة الرادون (Rn) Δm هي: $3.04 \times 10^{-27} Kg$..

أ/ عرف طاقة الربط E_l للنواة.

ب/ أحسب بالجول طاقة الربط E_l لـ (Rn) لنواة الرادون.

ج/ تأكد بأن، طاقة الربط هذه تساوي $1.71 \times 10^3 MeV$.

د/ استنتج طاقة الربط: E_l / A لكل نوية لنواة الرادون، عبر عن هذه النتيجة بـ MeV.

5/ الحصيلة الطاقوية:

أ/ استنتج عبارة التغير في الطاقة: ΔE للتفاعل (1) بدلالة m_{Ra} ، m_{Rn} ، m_{He} الكتل على الترتيب لأنوية الراديوم و الرادون والهليوم.

ب/ عبر عن ΔE بالجول.

❷ انشطار اليورانيوم 235:

يتكون اليورانيوم الطبيعي من النظيرين $^{235}_{92}U$ و $^{238}_{92}U$. يستعمل في التفاعل النووي ذي البروتونات البطيئة وقودا من اليورانيوم المخصب، وأثناء انشطار نواة اليورانيوم 235 يمكن أن تحدث تفاعلات عديدة، من بينها تفاعل يعطي نواة الزيركنيوم ونواة التيليريوم رمزهما $^{99}_{40}Zr$ ، $^{134}_{52}Te$.

1/ عرف المصطلح "نظير".

2/ عرف الانشطار.

3/ أكتب معادلة انشطار اليورانيوم ^{235}U قذف بنيوترون و يؤدي إلى تشكل Zr و Te.

❸ تفكك الزيركنيوم:

إن نواة الزيركنيوم الناتجة من انشطار اليورانيوم غير مستقرة، تتفكك معطية نواة النوبليوم Nb و β^-.

1/ عرف النشاط الإشعاعي β^-.

2/ أكتب معادلة تفككك نواة Zr.