هل يمكن التحكم في تفاعل الاندماج النووي؟

نعطي: $N_A = 6{,}023 \times 10^{23}\ mol^{-1}$ و $c = 3 \times 10^{8}\ m.s^{-1}$ و $1\ MeV = 1{,}602 \times 10^{-13} J$ و $1u = 1{,}66054 \times 10^{-27}\ kg$

	دوتيريوم	تريتيوم	هيليوم	بروتون	نوترون	بوزيترون
الرمز	${}^{2}_{1}H$	${}^{3}_{1}H$	${}^{4}_{2}He$	${}^{1}_{1}H$	${}^{1}_{0}n$	${}^{0}_{1}e$
الكتلة بـu	2,01355	3,01550	4,00150	1,00728	1,00866	0,00055

I- مصدر الطاقة الشمسية

بقي مصدر الطاقة المنبعثة من الشمس غامضا ومحيرا إلى غاية 1920، حيث أقر كل من فرانسيس ويليام أستون وأرثور إدينتون أنها ناتجة عن اندماج نوى الهيدروجين ${}^{1}_{1}H$ المكون الرئيسي للشمس. نعبر عن هذا التفاعل بالمعادلة الحصيلة التالية:

فضاء الرياضيات بالثانوي

$$4\,{}^{1}_{1}H \rightarrow {}^{4}_{2}He + 2\,{}^{0}_{1}e$$

1) حدد عدد وطبيعة مكونات النويدتين ${}^{1}_{1}H$ و ${}^{4}_{2}He$.

2) تحقق أن قيمة الطاقة المحررة خلال اندماج 4 نويدات هيدروجين ${}^{1}_{1}H$ هي: $|\Delta E| \simeq 4.10^{-12}\ j$.

3) علما أن كتلة الشمس في بداية نشأتها هي $M_S = 2.10^{30}\ kg$ وأن 10% من هذه الكتلة تتكون من الهيدروجين ${}^{1}_{1}H$، وأن تفاعل اندماج هذا الأخير يشكل المصدر الرئيسي للطاقة الشمسية. بين أن الطاقة الناتجة عن اندماج كمية الهيدروجين الكلية للشمس هي $E_T \simeq 10^{44}\ j$.

4) تمكن بعض الفيزيائيين ،من خلال قياس الطاقة التي تستقبلها الأرض من الشمس، تحديد قيمة الطاقة المحررة من الشمس خلال سنة واحدة، وهي $E_S \simeq 10^{34}\ j$. استنتج المدة الزمنية اللازمة لكي تستهلك الشمس مجموع احتياطها من الهيدروجين.

II- المشروع الدولي لمفاعل الاندماج النووي ITER (International Thermonuclear Expérimental Reactor)

إن هدف هذا المشروع هو تحقيق شروط إنجاز تفاعل الاندماج النووي المتحكم فيه قصد إنتاج الطاقة لأغراض سلمية. ويعتبر هذا الهدف من التحديات الكبرى على المستوى العلمي والتكنولوجي لتوفير مصادر بديلة للطاقة، وخاصة للنفط الذي من المتوقع أن ينفذ الاحتياطي العالمي منه في غضون 50 سنة القادمة. يبقى احتمال إنجاز هذا التفاعل باستعمال الهيدروجين على غرار ما يحدث داخل الشمس، ضعيفا إلى أبعد الحدود. غير أن الفيزيائيين توصلوا إلى إمكانية تحقيقه باستعمال نظيري الهيدروجين:

الدوتيريوم ${}^{2}_{1}H$ و التريتيوم ${}^{3}_{1}H$ عند درجة حرارة تقارب 100 مليون درجة. تكتب معادلة هذا التفاعل كما يلي:

$${}^{2}_{1}H + {}^{3}_{1}H \rightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{1}_{0}n$$

1) ماذا نقصد بالاندماج النووي؟

2) باعتبار أن المجموعة قبل الاندماج تتكون من نويدة الدوتيريوم وأخرى للتريتيوم، وبعد الاندماج تتكون من الدقائق الناتجة، أحسب بوحدة الكتلة الذرية كتلة المجموعة قبل وبعد الاندماج. ماذا تستنتج من خلال مقارنة قيمتي الكتلتين؟

3) أحسب ب MeV ثم بالجول الطاقة المحررة خلال اندماج نويدة الدوتيريوم ${}^{2}_{1}H$ ونويدة التريتيوم ${}^{3}_{1}H$.

4) أوجد بالجول الطاقة الناتجة عن اندماج 1g من ${}^{2}_{1}H$ و1,5g من ${}^{3}_{1}H$ في مفاعل ITER .

5) إذا علمت أن احتراق 1kg من النفط يعطي $42.10^{6}J$، أحسب كتلة النفط اللازمة للحصول على كمية الطاقة الناتجة عن الاندماج السابق. ماذا تستنتج؟

6) في مفاعل نووي للانشطار ينتج عن انشطار 1g من اليورانيوم طاقة قدرها $7{,}56.10^{10}J$. كيف تبرر اعتماد مفاعل الاندماج عوض مفاعل الانشطار لإنتاج الطاقة في المستقبل المنظور.

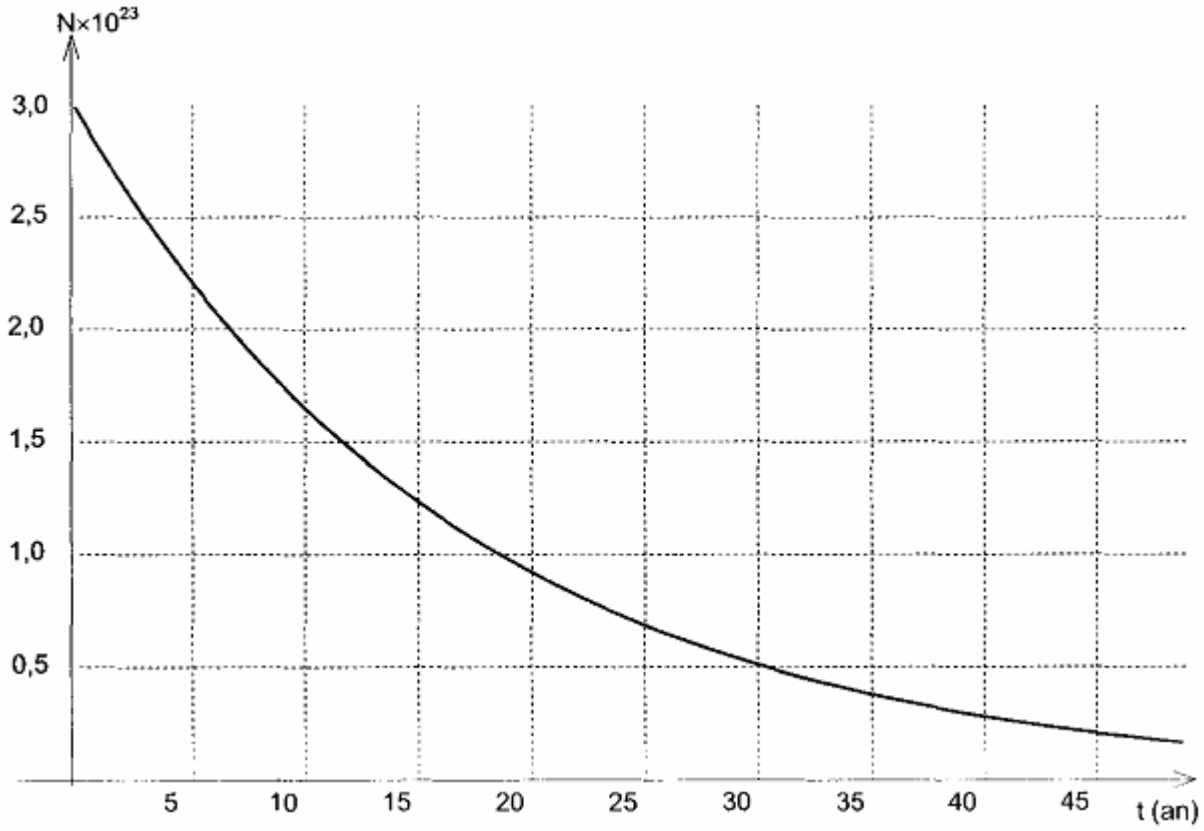
7) بعض المعطيات حول الترتيوم ${}^{3}_{1}H$: خلافا للدوتيريوم الموجود بكميات مقبولة في مياه البحر، فإن التريتيوم يعد من العناصر النادرة على كوكب الأرض. وهو يستخلص من الليثيوم ${}^{6}_{3}Li$ بعد قذفه بواسطة نوترونات. فنحصل بالإضافة إلى التريتيوم على نويدة ${}^{A}_{Z}X$.

7-1- أكتب معادلة هذا التفاعل النووي. ما طبيعة النويدة ${}^{A}_{Z}X$ ؟

7-2- علما أن التريتيوم إشعاعي النشاط β^- وينتج عن تفتته أحد نظائر الهيليوم، أكتب معادلة هذا التحول النووي.

7-3- يمثل منحنى الوثيقة أسفله عدد نويدات التريتيوم المتبقية في كل لحظة في عينة من التريتيوم. أوجد مبيانيا قيمة عمر النصف $t_{1/2}$ واستنتج قيمة الثابتة الإشعاعية λ للتريتيوم.

7-4- من بين المتطلبات الملحة لمشروع ITER الإبقاء على تفاعلات الاندماج لمدة لا تقل عن 1000 ثانية. أحسب عدد النويدات ${}^{3}_{1}H$ المتبقية في العينة بعد مرور 1000 ثانية. ماذا تستنتج بصدد تأثير التفتت التلقائي للتريتوم على تفاعل الاندماج بداخل المفاعل النووي ITER .



III- اللازر عالي الطاقة Laser Mégajoule

تعتبر تقنية اللازر عالي الطاقة من بين الخيارات المطروحة من أجل تحقيق درجة الحرارة الضرورية لحدوث الاندماج النووي بداخل المفاعل النووي ITER. يتلخص مبدأ هذه التقنية كما يلي: نضع في جوف كرية من الذهب قطرها لا يتعدى بضع مليمترات، كرية دقيقة لها نفس أبعاد حبة من الأرز وتحتوي على 0,40mg من الدوتيريوم وكتلة m من التريتيوم. نجعل حزما ضوئية من اللازر ذي طاقة عالية الذي يدعى "لازر ميغاجول"، طول موجته $\lambda = 351nm$ $(1nm = 10^{-9}m)$، تتجمع في جوف الكرية محررة بذلك طاقة جد عالية قدرها $1,8Mj$ $(1Mj = 10^{6}j)$. وهذا ما يجعل درجة الحرارة والضغط يرتفعان بداخل الكرية، لتبلغ بذلك شروط حدوث الاندماج النووي لنويدتي الدوتيريوم والتريتيوم، والذي تتولد عنه نويدة الهيليوم مع انبعاث نوترون.

1- لماذا يتطلب حدوث الاندماج النووي درجة حرارة وضغط مرتفعين؟

2- أحسب قيمة m الكتلة اللازمة من التريتيوم لكي يختفي كليا الدوتيريوم الموجود بداخل الكرية.

3- أوجد بالجول الطاقة $|\Delta E|$ المحررة أثناء تفاعل الاندماج الذي حدث بداخل الكرية.

4- قارن قيمة الطاقة المستهلكة لضمان انطلاق الاندماج النووي ($1,8Mj$) مع قيمة الطاقة $|\Delta E|$ المحررة أثناء التفاعل. ما تعليقك؟