تفاعلات الاندماج النووي

مقدمة :

- الاندماج النووي هو التفاعل الذي يتم فيه اندماج أنويه خفيفة لتكون أنويه أثقل. ويصاحب هذا الإندماج نقص في الكتلة يظهر علي شكل طاقة هائلة. و يتكون الوقود الاندماجي من نظائر الهيدروجين وهي الديوتيريوم s21Hوالتريتيوم s31Hوينتج عن اندماجهما نواة الهليوم a24He.

كيف يمكن تحقيق الاندماج النووي ؟
ويوجد الديوتيريوم في الماء الثقيل الذي يوجد في مياه المحيطات و البحار حيث يوجد بنسبه 1جم لكل 6ألاف جم من الماء العادي . ويفصل الماء الثقيل بواسطة التحليل الكهربائي ويلزم لذلك طاقة تعادل 60ألف كيلوات ساعة. أما التريتيوم فإنه يوجد في الطبيعة بكميات ضئيلة. لذلك فإنه يحضر عن طريق قذف الديوتريوم بالنيوترونات السريعة.و تحتاج تفاعلات الاندماج إلى درجات حرارة عالية تقدر بعشرات الملايين من الدرجات المئوية .

وفي هذه الدرجات تنفعل نواة ذرات الهيدروجين عن الإلكترونات و تصبح الأنويه كأنها سابحة في وسط من الإلكترونات وتعرف هذه باسم البلازماPlasma . ولكي تتغلب الأنوية علي قوة التنافر بينها يلزم وجود ضغط عال يبلغ عدة مليارات من الضغوط الجوية. ويطلق علي التفاعلات الاندماجية اسم التفاعلات النووية الحرارية Thermonuclear Reactions نظرا لأنها تحتاج إلى طاقة حرارية كبيرة لإتمامها.
هذه الشروط متوفرة في الشمس التي تحتوي علي كميات هائلة من الهيدروجين وحيث تتوافر درجات الحرارة العالية ( 15 مليون درجة مئوية ) و فيها تتحد 4 بروتونا و ينتج الهليوم وتعرف هذه العملية بدورة البروتون\_ بروتون.

الاندماج النووي والقنبلة الهيدروجينية :

قد استخدم الاندماج النووي في تصنيع القنبلة الهيدروجينية Hydrogen or Thermonuclear bomb وقد أمكن توفير الشروط المطلوبة من درجة حرارة وضغط عال في هذه القنبلة بواسطة قنبلة نووية (ذرية) انشطارية لفترة قصيرة تساعد علي حدوث الاندماج بين نظائر الهيدروجين .

و تعادل قوة القنبلة الهيدروجينية قوة انفجار20 مليون طن من مادة الـ TNT و هي أقوي ألف مرة من قوة القنبلة الذرية و تسبب دمارا تاما في منطقة طولها 10 أميال و يصل تأثيرها الحراري إلى عشرين ميل و ينتشر غبارها الذري إلى ارتفاع 30 ألف قدم فوق سطح الأرض. و من أخطر المواد المشعة الناتجة من الانفجار نظير السترنشيومs3890Sr و عمر النصف له 27 سنة.

وإذا سقط علي الأرض يمتص من التربة بواسطة النباتات و منها إلى الحيوان وينتقل إلى الإنسان عندما يتغذى علي ألبانها و لحومها و يترسب s3890Srفي العظام مسببا سرطان العظام. و كان العالم الألماني هانز بيت Hans Bethe أول العلماء الذين فرضوا أن الطاقة الناتجة من النجوم مثل الشمس هي نتاج تفاعلات الاندماج النووي (1938). وقد أستحق عليها جائزة نوبل في الفيزياء عام 1967 .
مميزات الاندماج النووى :
يتميز الاندماج النووى عن الانشطار النووى كمصدر للطاقة بالمميزات الآتية :
1- وفرة الوقود الاندماجى فمن المعروف أن الديوتريوم s21Hيوجد فى الماء الثقيل بمياه البحر حيث يكون نسبته إلى الماء العادى 1 : 6000 . وهذه الكمية من الديوتريوم تكفى لإنتاج الطاقة اللازمة للبشرية لحوالى 20 ألف مليون سنة .
2- الطاقة الناتجة من المفاعل الاندماجى أكبر من طاقة المفاعل الانشطارى فالكيلو جرام من اليورانيوم ينتج طاقة تعادل 22.9 مليون كيلووات ساعة بينما الكيلو جرام من الديوتيريوم ينتج 177.5 مليون كيلووات ساعة أي أنها أكبر بحوالى ثمان مرات .
3- لا تتخلف نظائر مشعة من عملية الاندماج النووى بينما يتخلف من عملية الانشطار النووى نفايات عالية الإشعاع التى تقدر بحوالى 8000 طن سنوياً من المفاعلات النووية العاملة فى العالم
ومن أهم المشاكل التى تواجه العلماء لإحداث الاندماج النووى ما يأتى :
1- الحصول على درجة حرارة عالية تبلغ ملايين الدرجات المئوية لتحويل نظائر الهيدروجين s21H، s31H إلى حالة البلازما Plasma أي الحالة المتأينة منها ولتكتسب طاقة الحركة اللازمة للتغلب على قوى التنافر بين الأنوية .
2- تجميع البلازما فى مركز الوعاء الحاوى للوقود Plasma Confinement وذلك لإبعادها عن الجدران فتصبح البلازما معزولة ولا تتسرب طاقتها إلى الوسط المحيط بها وبذلك تحافظ على درجة حرارتها وترتفع فيها درجة الحرارة والضغط تدريجياً حتى تتم عملية الاندماج .
ولتحقيق هذه الشروط يوضع خليط الديوتيريوم والتريتيوم بكمية بسيطة داخل وعاء مفرغ إلى ضغط منخفض ويمر فى الوعاء تيار كهربى تبلغ شدته مئات الآلاف من الأمبيرات ونتيجة مرور التيار تنشأ حرارة عالية ترفع درجة حرارة نظائر الهيدروجين فتتحول إلى حالة البلازما وفى نفس الوقت يتولد مجال مغناطيسى قوى جداً يعمل على تجميع Confinement البلازما فى شريط رفيع وشديدة الإضاءة ذو ضغط وحرارة عالية وبعيداً عن جدران الوعاء .

- ومن الجدير بالذكر الإشارة إلى صعوبة الحصول على شدة التيار المطلوبة لأن هذا يتطلب بناء مولد كهربى الذى يقوم بتوليد فرق جهد يساوى مئات الملايين من الفولت بدون توقف . ويبين الشكل أساسيات أحد أجهزة الاندماج النووى الذى يعرف باسم توكاماك Tokamak