كلية العلوم

القسم : الفيزياء

السنة : الرابعة

المادة : فيزياء اشعاعية

المحاضرة : الخامسة/عملي/

{{ مكتبة A to Z }}

Facebook Group : مكتبة A to Z

يمكنكم طلب المحاضرات برسالة نصية (SMS) أو عبر (What's app-Telegram) على الرقم 0931497960

بسم الله الرحمن الرحيم

{وَآخِرُ دَعْوَاهُمْ أنِ الحَمْدُ للهِ رَبِّ العَالَمينَ}

مناقشة مشروع

مقرر الفيزياء الإشعاعية

في كلية العلوم

الجمهورية العربية السورية

وزارة التعليم العالي

جامعة طرطوس

كلية العلوم

قسم الفيزياء

التنشيط الإشعاعي للنترونات

إعداد الطلاب :

حسين شريف معلا

علي نعمان عيشة

حنا غسان ديب

لجين هاني عبدو

نغم نديم يوسف

روان عادل علان

أسد وائل كريدي

رقية محمد عجايا

وعد طلال بيشاني

عبير منير اسماعيل

إشراف الدكتورة

فاتن الأحمد

المقدمة

تعتبر تجربة التنشيط الإشعاعي بالنيوترونات واحدة من أبرز التجارب في مجال الفيزياء النووية والإشعاع، والتي تسلط الضوء على التفاعلات النووية والإشعاعية التي تحدث عند تعرض المواد لفيض من النيوترونات. منذ اكتشاف النيوترونات في عام ١٩٣٢، بدأ العلماء في استكشاف استخدامها في تنشيط العناصر المختلفة، مما أدى إلى فهم أعمق لتحولات المادة والتفاعلات النووية. تعتمد فكرة التنشيط الإشعاعي على امتصاص نواة الذرة النيوترونات، مما يؤدي إلى تكوين نظائر مشعة تُعرف بنظائر التنشيط. تُستخدم هذه العملية في العديد من التطبيقات، بما في ذلك مجالات الطب، الصناعة، والبحث العلمي، مثل استخدام النظائر المشعة لتحديد عمر المواد الأثرية أو في تصوير الأنسجة الحية في الطب النووي.

ستتناول هذه التجربة كيفية إجراء عملية التنشيط، والطرق المستخدمة لقياس الإشعاع الناتج وتفسير النتائج، مما يساعدنا على توسيع معرفتنا بمجالات المادة والطاقة.

المبدأ الفيزيائي:

الفكرة الرئيسية:

نبدأ بتعريض العينة إلى تيّار من النيوترونات السريعة أو البطيئة. نواة أي ذرة يمكن أن تلتقط نيوترونات فتصبح نواة أثقل أحيانًا تكون غير مستقرة (مقترنة بالنشاط الإشعاعي).

هذه النوى المشعة تتحلل لاحقاً بأنبعات جسيمات أو غالبًا فوتونات غاما ذات طاقات مميزة لكل نظير. كل عنصر ونظير له طيف غاما خاص لذلك بقياس طاقات وشدات أشعة غاما نقدر نحدد وجود العنصر ونكمّيه.

المكونات والكميات المهمة:

المكونات الأساسية:

مصدر نيوترونات (مفاعل نووي أو مولد نيوترونات)، العيّنة داخل حوض الإشعاع، وكاشف طيف غاما عالي الدقة (عادةً كاشف جرمانيوم مبرد).

الكميات الحاسمة: تدفق النيوترونات (كمية النيوترونات لكل ثانية لكل سم٢)، المقطع العرضي للنوى لالتقاط النيوترونات (cross-section)

وزمن التعرض وزمن الانتظار والقياس لأن نشاط النوى يتناقص حسب قانون التحلل الأسي

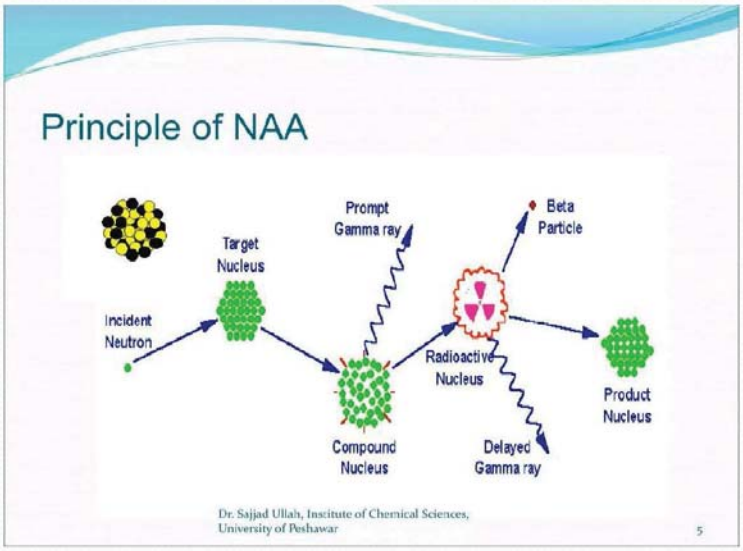
المزايا والقيود:

المزايا: حساسية عالية، لا يلزم تدمير كثير من العينة، يمكن كشف عناصر بكميات ضئيلة جداً .

القيود: تحتاج مصدر نيوترونات، بعض النظائر المتداخلة تعطي خطوط غاما متقاربة مما يصعب التمييز، وبعض العينات تولد نفايات مشعة لذا يلزم إجراءات أمان

ومن أنواع هذه التفاعلات وخصائصها هي :

1- التفاعل الامتصاصي (n,γ):



في هذا التفاعل يقوم النيوترون بالاصطدام بالنواة وتمتص من قبل النواة مما يؤدي إلى تحفيز نواة جديدة.

الخصائص: هذه التفاعلات شائعة في المواد التي تحتوي على نوى تستطيع امتصاص النيوترونات، وعادةً ما تنبعث أشعة غاما عند العودة الى الحالة المستقرة.

2- التفاعل التفككي (n,p):

في هذا التفاعل يصطدم النيوترون بالنواة، ويؤدي الى إطلاق بروتون.

الخصائص: في هذا التفاعل يسبب تغييراً في العدد النظيري والكتلي للنواة.

3- التفاعل (n,α):

في هذا التفاعل يتفاعل النيوترون مع النواة ويسبب انبعاث جسيم ألفا (He^{2+})

الخصائص: يحدث في بعض النظائر الثقيلة مثل اليورانيوم

4- التفاعل (n,d):

يصطدم النيوترون بنواة أخرى وتنبعث جسيمات الديوتريوم (النواة الهيدروجين الثقيل).

الخصائص: يستخدم هذا التفاعل في بعض التطبيقات النووية.

5- التفاعل الانشطاري النووي (n,f)

في هذا التفاعل يحدث انشطار نووي ويصطدم النيوترون بنواة ثقيلة مثل اليورانيوم مما يؤدي إلى انقسام النواة إلى جزيئتين أو أكثر.

الخصائص: يحدث هذا التفاعل ينتج طاقة كبيرة، ويتم استخدامه في محطات الطاقة النووية.

هناك عناصر تتنشط بسرعة مع النيوترونات لأنها تحتوي على نوى تستجيب بسهولة لامتصاص النيوترونات مثل:

(الكوبالت Co^{59})

هو نظير غير مشع من الكوبالت ولكنه عندما يتعرض للنيوترونات يتحول الى CO^{60} الذي يعد نظيراً مشعاً.

اليود I^{127} هو نظير غير مشع ولكنه يمكن أن يتحول الى I^{128} بعد امتصاصه للنيوترونات علماً أن I^{128} هو نظير مشع غير مستقر.

وغيرها من العناصر مثل الكروم 51 والزنك 64 والحديد 56 .

مولدات النيوترونات:

1. تعريف مولدات النيوترونات:

مولدات النيوترونات هي أجهزة تُستخدم لإنتاج النيوترونات بطريقة مباشرة. هناك أنواع مختلفة من مولدات النيوترونات، لكن أكثرها شيوعًا هو مولد النيوترونات باستخدام تفاعلات الاندماج النووي.

2. كيفية عمل مولدات النيوترونات:

تعمل مولدات النيوترونات عن طريق استخدام تفاعلات الاندماج لتوليد نيوترونات. يتم عادةً دمج نظائر الهيدروجين (مثل الديتيريوم والتريتيوم) تحت ظروف معينة لإنتاج النيوترونات.

3. استخدامات مولدات النيوترونات:

تستخدم مولدات النيوترونات في عدد من التطبيقات، بما في ذلك:

- تحليل المواد: مثل الفحص غير المدمر لتحليل مكونات المواد.
- الأبحاث النووية: في مختبرات البحث لفهم التفاعلات النووية.
- التطبيقات الطبية: مثل العلاج الإشعاعي في الفحص والعلاج للأورام.

الفكرة الأساسية :

عندما تسقط النترونات على مادة ، بعض نوى المادة تمتص نترونات وتتحول إلى نوى مشعة عدد هذه النوى المشعة يعتمد على :

n : عدد النوى الأصلية في حجم صغير .

$\emptyset$: التدفق النتروني .

σ : مقطع التفاعل النووي .

dt: الزمن .

λ : معامل الاضمحلال .

شرح المعادلات:

$$dN = \sigma \; Ø \; n \, dn \, dt - \lambda N \, dt \qquad (1)$$

إن التغير في عدد النوى المشعة dN خلال زمن صغير dt لهُ جزءان .

الجزء الأول: تكون نوى مشعة جديدة $\sigma Ø \, n \, dn \, d$

يمثل عدد النوى الجديدة التي أصبحت مشعة وكل رمز يعني :

σ : مقطع التفاعل النووي (احتمال امتصاص النواة للنترون) .

$Ø$: التدفق النتروني (عدد النترونات التي تمر في cm^2 في الثانية).

$n \, . \, dn$: عدد النوى الموجودة في الشريحة الصغيرة .

dt : الفاصل الزمني .

الجزء الثاني : النوى التي تتحلل إشعاعياً:

$-\lambda N \, dt$ يمثل النوى التي المشعة التي تتحلل وتختفي خلال الزمن dt

بالانتقال إلى المشتق :

$$\frac{dN}{dt} = \sigma Ø n dn - \lambda N \qquad (2)$$

معادلة تفاضلية تصف كيف يتير عدد النوى المشعة مع الزtttمن

الحد الأول: يزيد عدد النوى المشعة.

الحد الثاني: ينقص العدد بسبب الاضمحلال

الحل العام للمعادلة :

$$N = \frac{\sigma \Phi n dn}{\lambda} \left(1 - e^{-\lambda n t}\right) \qquad (3)$$

تعطى عدد النوى المشتقة المتراكمة بعد زمن t من التعرض للنترونات عندما :

$N=o \rightarrow t=o$ لا يوجد نوى مشعة

$N_{max} = \frac{\sigma \Phi n dn}{\lambda}$ أي يصل النظام إلى حالة إشباع إشعاعي

الفكرة باختصار :

1- النترونات تدخل المادة وتحول بعض النوى إلى نوى مشعة

2- كلما طال الزمن يزداد عدد النوى المشعة لكن في نفس الوقت هذه النوى تتحلل

3- التوازن بين التشكل والاضمحلال يعطينا المعادلة البيانية

المعطيات المستخدمة:

1. ثابت الانحلال (λ)

$$\lambda \approx 9.63 \times 10^{-5}\ s^{-1}$$

2. حساب نصف العمر ($T_{1/2}$)

$$T_{1/2} = \ln(2) / \lambda$$
$$\approx 7.197 \times 10^{3}\ s$$
$$\approx 119.95\ min.$$

$$dx = 1\ mm = 0.1\ cm$$

$$n = 1 \times 10^{5}\ atoms/cm$$

$$\Phi = 1 \times 10^{8}\ neutrons/(cm^2 \cdot s)$$

$$\sigma = 0{,}9988$$

المعادلة المستعملة: $A(t) = \sigma \phi\ n\ d\ (1 - e^{-\lambda t})$

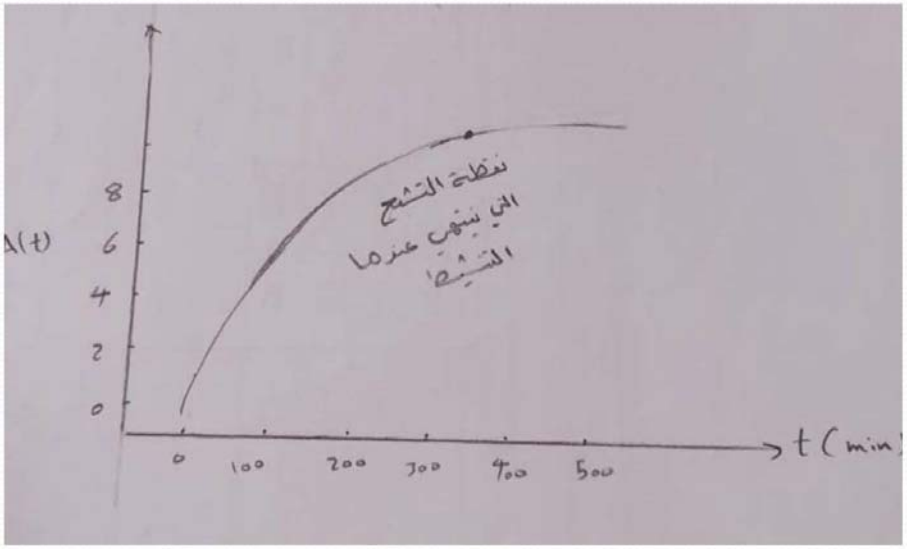
A(Bq)	t(Sec)	t(min)
$5{,}608 \times 10^{10}$	600	10
$1{,}090 \times 10^{11}$	1,200	20
$1{,}590 \times 10^{11}$	1,800	30
$2{,}061 \times 10^{11}$	2,400	40
$2{,}506 \times 10^{11}$	3,000	50
$2{,}926 \times 10^{11}$	3,600	60
$3{,}323 \times 10^{11}$	4,200	70
$9{,}364 \times 10^{11}$	28,791	$t = T_{1\backslash 2}$

نقطة التشبع :

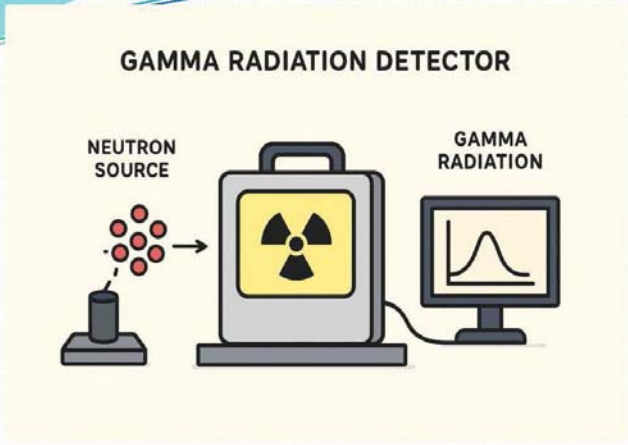
هي النقطة التي يبدأ عندها المنحني بالتسطح تقريباً بحيث يصبح معدل زيادة A(t) صغيرة جداً رغم زيادة الزمن.

من الرسم البياني نجد أن المنحني البياني يبدأ بالتسطح بوضوح تقريباً عند t=≈ 300 – 350

وفي هذه المنطقة تقريباً تصل A(t) إلى قيمة قريبة جداً من قيمتها النهائية والارتفاع بعدها يصبح بطيئاً جداً وهذا بالضبط يعني التشبع أي نقطة نهاية التنشيط.



جهاز كشف الغاما HPGe:



High Purity Germanium (HPGe)

هو كاشف يستخدم لقياس إشعاع غاما.

كيف يعمل: عندما تصطدم فوتونات غاما بالجرمانيوم عالي النقاء، تنتج إلكترونات وحفر (electron-hole pairs) تُجمع هذه الشحنات لإنتاج إشارة كهربائية تمثل كل فوتون غاما.

الميزة الأساسية: دقة طيفية عالية جدًا، مما يسمح بتحديد النظائر بدقة.

يحتاج عادةً إلى تبريد بالنيتروجين السائل للحفاظ على أدائه.

شكل طيف غاما:

الطيف عبارة عن رسم يوضح:

المحور الأفقي (x) : طاقة فوتونات غاما (keV أو MeV)

المحور العمودي (Y): عدد الأحداث أو الشدة (counts)

المكونات الأساسية للطيف:

1. Full-energy peak (قمة الطاقة الكاملة) :

تمثل الفوتون الذي نقل كل طاقته إلى الكاشف .

2. Compton continuum (السلسلة الكومبتونية):

نتيجة تصادم الفوتونات مع الالكترونات وإطلاق جزء من الطاقة فقط .

3. Backscatter peak (قمة الارتداد):

نتيجة فوتونات غاما المرتدة من البيئة ودخولها الكاشف بقدرة أقل .

قراءة الطيف وربط القمم بالنظائر :

1. تحديد القمم: ابحث عن أعلى النقاط في الطيف (full-energy peaks)

2. قياس الطاقة: بعد معايرة الجهاز، تعرف طاقة كل قمة.

3. مقارنة مع جدول الطاقات النووية: لكل نظير طاقات فوتونات مميزة.

مثال:

^{137}Cs → 662 keV

^{60}Co → 1173 keV 1332 وkeV

4. تحديد النظير: كل قمة مطابقة للطاقة المعروفة تشير للنظير المقابل.

تُعدّ السلامة الإشعاعية إحدى أهم الجوانب عند إجراء تجربة التنشيط الإشعاعي بالنيوترونات، لأن التعامل مع الإشعاع، حتى لو بكميات صغيرة، ممكن يكون خطر إذا ما لم نتبع الإجراءات الصحيحة.

نحافظ على التعرض للإشعاع بأقل مستوى ممكن

وهو يتم بثلاث طرق رئيسية:

1- الزمن (Time) : تقليل زمن التعرض قدر الإمكان إثناء تشغيل الجهاز أو عند سحب العينات بعد تنشيطها

2- المسافة (Distance): زيادة مسافة الابتعاد عن المصدر النيوتروني

3- التدريع (Shielding) :استخدام الدروع الواقية المناسبة، مثل الدروع المصنوعة من البولي إثيلين أو البارافين لامتصاص النيوترونات ،بالإضافة إلى لوحات الرصاص للتقليل من إشعاع غاما المصاحب.

ويُفرض على جميع العاملين في المخفر ارتداء معدات الوقاية الشخصية مثل المعاطف المخبرية، القفازات، ونستخدم أدوات مسك طويلة بدل الأيدي المباشرة.

من الضروري ايضاً وجود عداد غايغر أو جهاز قياس الإشعاع، لنتاكد إنه لا يوجد تسرب إشعاعي بالمكان.

وبعد انتهاء عملية التشعيع ، يجب التعامل مع العينات المُنشَّطة بحذر شديد، ووضعها في حاويات محمية إلى أن ينخفض نشاطها الإشعاعي إلى مستويات آمنة ونغسل الأدوات واليدين بشكل جيد.

الهدف من كل هذه الإجراءات هو الحفاظ على سلامتنا وسلامة الموجودين بالمختبر، لأن الإشعاع لا يمكن رؤيته ، لكن تأثيره حقيقي إذا لم نتعامل معه بشكل صح.

تجربة التنشيط الإشعاعي للنيوترونات:

الأهمية والتطبيقات للتنشيط الإشعاعي للنيوترونات:

التنشيط الإشعاعي بالنيوترونات هو تقنية نووية تحليلية تستخدم لتحديد نوع وكميات العناصر في العينات بدقة عالية، وتعتمد على قصف العينة بالنيوترونات لتمكين تحويل بعض نظائر العناصر فيها إلى نظائر مشعة يمكن قياس إشعاعها

وتكمن أهمية هذه التقنية بعدة عوامل منها:

1- دقة عالية جداً: يمكن لهذه التقنية قياس تراكيز العناصر حتى في مستويات منخفضة جداً (من أجزاء في المليار).

2- تحليل غير تدميري: لا تتطلب إذابة العينة أو إتلافها، أي يمكن فحص العينة كما هي دون تغيير في تركيبها

3- الشمولية: تعرف بأنها شاملة بحيث يمكنها الكشف عن أكثر من 70عنصراً في عينة واحدة في آن واحد

4- مرجعية علمية: حيث تعد هذه التقنية من الطرق المرجعية التي يقاس عليها دقة الطرق التحليلية الأخرى.

5- استقلالية عن الحالة الكيميائية: التحليل يعتمد على الخصائص النووية للعناصر وليس على حالتها الكيميائية او ارتباطها بمركبات

تستخدم بعدة مجالات وتطبيقات منها:

1- العلوم والبحوث: تحليل العينات الجيولوجية (صخور، تربة، معادن)، دراسة التركيب العنصري للنيازك ، تحديد مصادر المواد الأثرية (البرونز، الفخار، الزجاج)

2- الطب والصيدلة: تحليل العناصر في الأنسجة البيولوجية والدم ،

دراسة تراكم العناصر الثقيلة أو السامة في الجسم ، فحص نقاء الأدوية والعقاقير

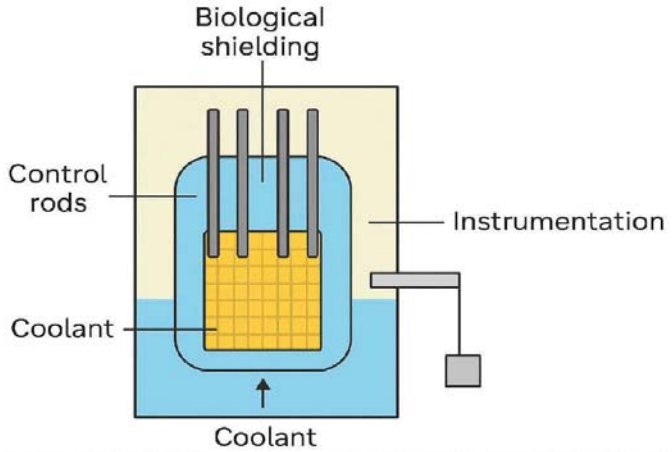
3- البيئة: قياس تلوث الهواء والماء والتربة بالعناصر الثقيلة مثل (الزئبق والرصاص) ، مراقبة جودة المياه ومصادر التلوث الصناعي.

4- الصناعة : تحليل المواد الخام والمعادن والسبائك ، فحص جودة الوقود والزيوت والمحركات ، الكشف عن الشوائب في أشباه الموصلات والمواد النووية

دور المفاعل النووي الصغير في تجربة التنشيط الإشعاعي بالنترونات:

يُعد المفاعل النووي الصغير أحد أهم الأدوات البحثية المستخدمة في تطبيقات التنشيط الإشعاعي بالنترونات، حيث يوفر مصدراً ثابتاً ومنتظماً لفيض النترونات اللازمة لإجراء عملية التفعيل النووي للعينات. يعمل هذا النوع من المفاعلات بقدرة منخفضة نسبيًا، مما يجعله مناسبا للأغراض التعليمية والبحثية، ويتميز بقدرته على توفير بيئة آمنة ومحكومة لتشعيع المواد دون تعريضها لتغيرات فيزيائية أو كيميائية غير مرغوبة. يقوم المفاعل بإتاحة قنوات تشعيع خاصة يتم فيها وضع العينات لفترات زمنية محددة بحيث تمتص نوى العناصر النترونات وتتحول إلى نظائر مشعة يمكن . تحليلها لاحقًا باستخدام مطيافية أشعة غاما. وبفضل استقراره وسهولة التحكم به، يساهم المفاعل النووي الصغير في الحصول على نتائج دقيقة وموثوقة، مما يجعله أداة أساسية في تحليل العناصر النادرة ودراسة المواد في مجالات البيئة والجيولوجيا والصناعة والآثار.

آلية عمل(المفاعل النووي البحثي الصغير):



أولاً: الدرع البيولوجي (Biological Shielding):

مهمته: هو جدار سميك عادة من الخرسانة الثقيلة،

وظيفته: حماية العاملين والبيئة من الإشعاعات الخارجة من قلب المفاعل.

يمتص النيوترونات والفوتونات ويقلل الجرعة الإشعاعية إلى مستويات آمنة.

ثانياً: قضبان التحكم (Control Rods)

مهمتها : تتحكم بسرعة التفاعل النووي داخل القلب.

مصنوعة من مواد تمتص النيوترونات (مثل البورون أو الكادميوم).

عندما ندخلها داخل القلب أكثر ← تقل النيوترونات ← يهدأ التفاعل.

عندما نسحبها قليلاً ← يزيد عدد النيوترونات ← يصبح التفاعل أقوى.

تستخدم أيضاً في الإيقاف الطارئ (SCRAM) عبر إدخالها كاملة بسرعة لإيقاف التفاعل فوراً.

ثالثاً: قلب المفاعل (الوقود) Core

مهمته : هو الجزء الأصفر في الصورة يحتوي على عناصر الوقود التي يحصل فيها الانشطار النووي

أثناء الانشطار، تنطلق نيوترونات وطاقة حرارية ،في المفاعلات البحثية يكون القلب صغيراً ومغموراً في الماء لسهولة التبريد.

رابعاً: المبرِّد (Coolant)

مهمته : يمتص الحرارة الناتجة عن التفاعل النووي، يحافظ على درجة حرارة القلب ضمن الحدود الآمنة. في الصورة نرى الماء يحيط بالقلب بالكامل ، السهم الأسود يشير إلى اتجاه حركة المبرّد (عادة إلى الأعلى بسبب الحمل الحراري الطبيعي).

خامساً: أجهزة القياس والمراقبة (Instrumentation)

مهمتها :قياس شدة الإشعاع داخل المفاعل ، مراقبة التدفق النيوتروني ، قياس الحرارة ومستوى الماء ، ترسل البيانات إلى غرفة التحكّم ليعرف المشغّل حالة المفاعل في كل لحظة.

هذه الأجهزة ضرورية لضمان التشغيل الآمن وتجنّب أي تغيير غير متوقع في سلوك المفاعل

شكراً لحسن استماعكم

مكتبة A to Z