

الفصل الخامس

المقاييس النووية في الصناعة

٥ - ١ المقدمة :-

المقاييس النووية عبارة عن أجهزة تستخدم التقانات النووية لغرضين أساسيين هما :

١- السيطرة على العمليات الصناعية .

٢- عمليات ضمان الجودة .

للحصول على منتج ذي نوعية جيدة لتحقيق ضمان الجودة الصناعية وتتكون هذه المقاييس بشكل عام من مصدر مشع مدرع وجهاز لكشف الإشعاع يوضع باتجاه الأشعة النافذة أو المنعكسة عن المادة. وتقسّم المقاييس النووية إلى قسمين الأول يعتمد على الأشعة النافذة من المادة المراد قياسها . والثاني على الأشعة المنعكسة عن المادة . ويوجد نوع من المقاييس التي تستخدم الأشعة السينية بدلا من النظائر المشعة .

من أهم مزايا استخدام المقاييس النووية :

١- المقاييس النووية تكون بعيدة عن المواد الكيماوية للعمليات الصناعية لذلك فهي لا تتعرض للمواد السامة والمواد المحفزة على التآكل ودرجات الحرارة العالية.

٢- يمكن استخدام الاجهزة بدون إطفاء المنظومة.

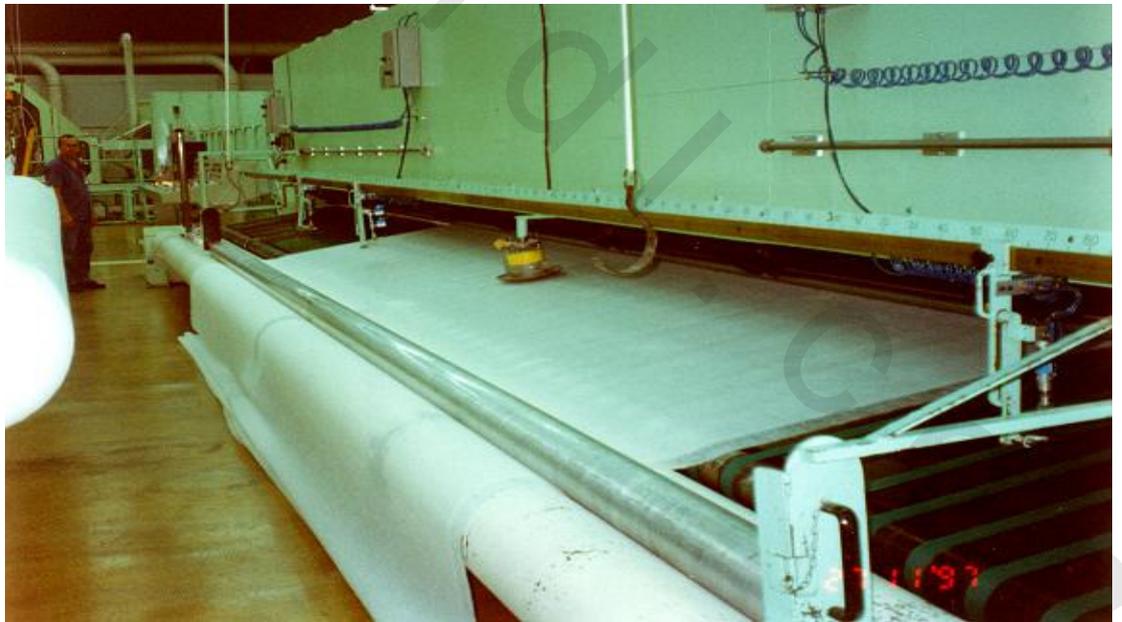
٣- يمكن استخدام الاجهزة مع المواد الصلبة والسائلة .

٤- تكون منظومة صلبة وقوية .

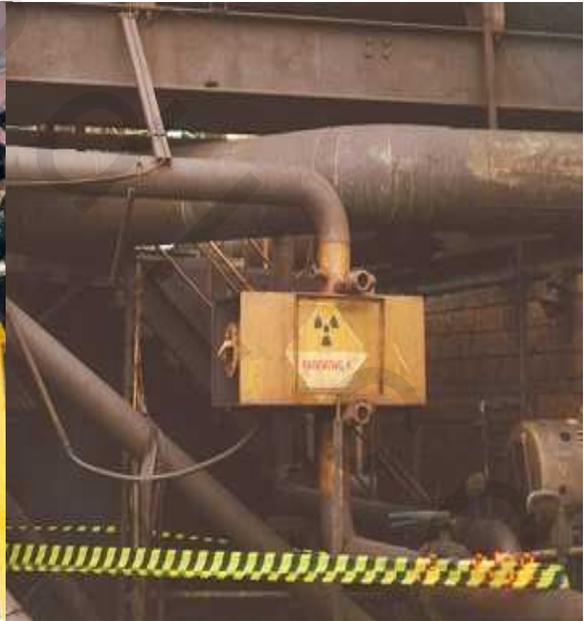
٥- معظم هذه الاجهزة يحتاج الى صيانة قليلة.

وبشكل عام فان المقاييس النووية الصناعية عبارة عن مقاييس لقياس او تحديد صفات المنتج في المصانع أو للسيطرة على العمليات الإنتاجية شكل ٥ - ١ و ٥ - ٢ و تتكون هذه المقاييس بشكل عام من مصدر مشع محاط بدرع واقى و كاشف للإشعاع النافذ شكل ٥-٣ او المنعكس عن المادة المراد قياس صفاتها قبل وصولها إلى الكاشف و للحصول على منتج ذي نوعية تطابق الموصفات. تعتمد دقة عملها على عوامل كثيرة أهمها نوع المصدر المشع، نشاطه الإشعاعي نوع الكاشف المستخدم و كفاية المتحسس المتصل بالمنظومة لغرض نقل الإشارة إلى قاعة السيطرة أو إلى مناوول (relay) للتحكم الهيدروليكي. طرق القياس كثيرة ولكن الطريقة الأفضل تعتمد على توفر المصدر المشع ،كلفة المقياس النووي ،عمر النصف للمصدر المشع ،السيطرة الالكترونية، بساطة الكاشف والمصدر. معظم المصادر المشعة المغلقة ذات النشاط الإشعاعي العالي توضع داخل غلاف من الحديد المقاوم للصدأ والمقاييس النووية بعضها تستخدم المصادر الباعثة لأشعة جاما لقياس ارتفاع المواد داخل الصهاريج أو الخزانات أو الاوعية ويستخدم لهذا الغرض مصدر السيزيوم- ١٣٧ أو الكوبلت- ٦٠ والنوع الآخر يستخدم مصادر جسيمات β لقياس سمك الورق والبلاستيك وعندما يكون السمك كبير نسبيا كما في حالة صفائح الحديد

شكل ١-٥ مقاييس عمليات ضمان الجودة



شكل ٥ - ٢- مقاييس السيطرة على العمليات الصناعية

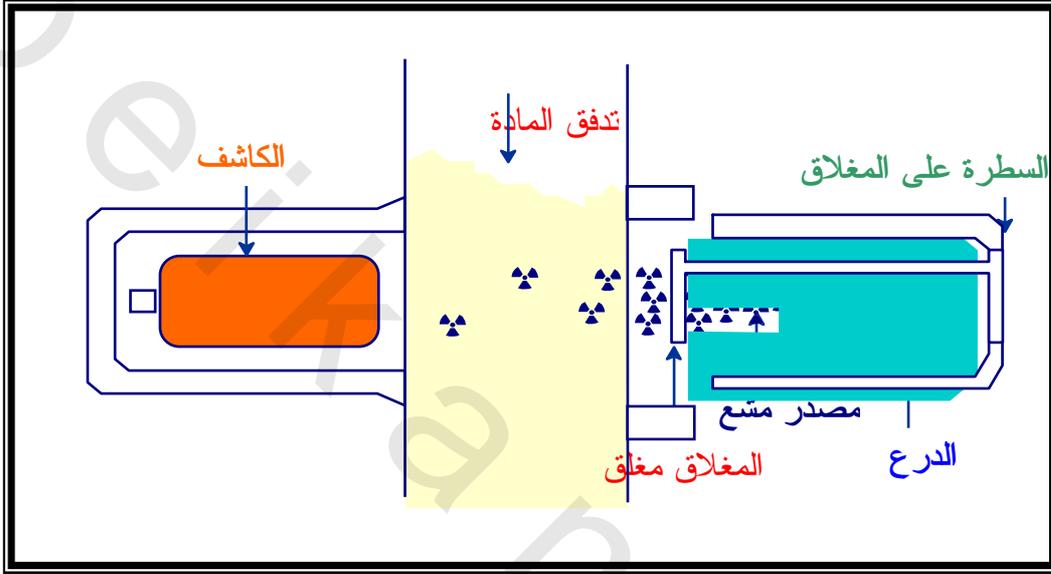


والفولاذ نستخدم مصادر باعثة للأشعة جاما ذات واطئة مثل (Am-241) و بشكل عام فان المقاييس النووية بعضها يقيس الاشعاع النافذ شكل ٥ - ٤ و البعض الاخر يقيس الاشعاع المنعكس و بعض الاحيان تستخدم الاشعة السينية لقياس الكثافة و السمك بدلا من مصادر الاشعاع.

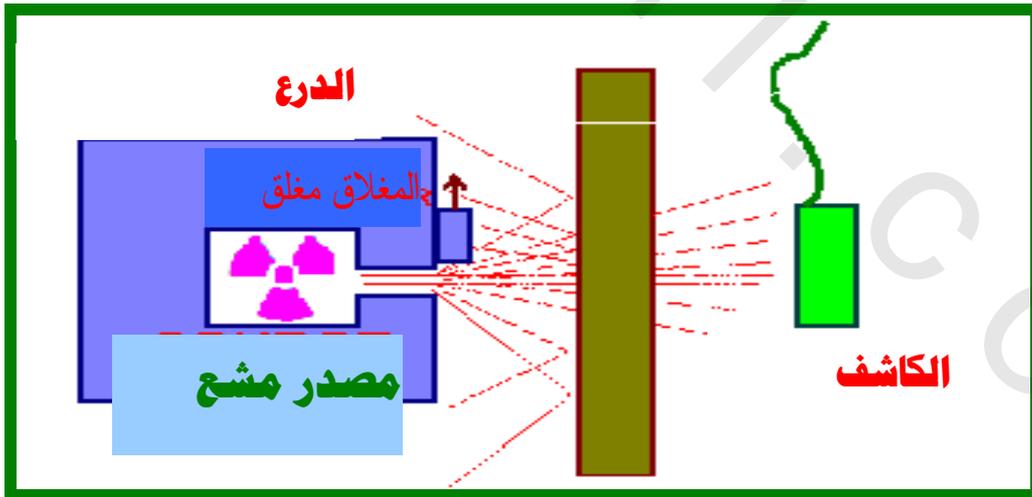
من اهم التطبيقات الصناعية للاشعاع:

- ١- المقاييس الصناعية
- ٢- التصوير الاشعاعي
- ٣- تحليل العناصر
- ٤- تقنيات التشعيع،
- ٥- تقنيات مختلفة

شكل ٥ - ٣ المكونات الاساسية للمقياس النووي

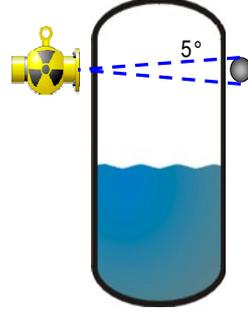


شكل ٥ - ٤ مقياس نووي يعتمد على الشعاع النافذ الى الكاشف

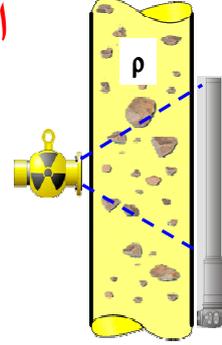


شكل ٥ - 4 أنواع مختلفة للمقاييس النووية

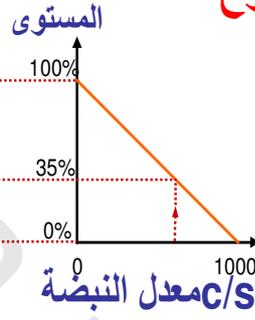
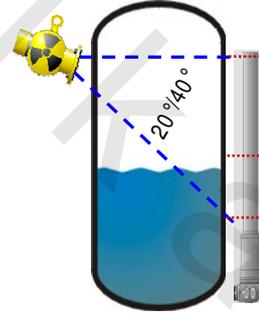
المستوى الثابت



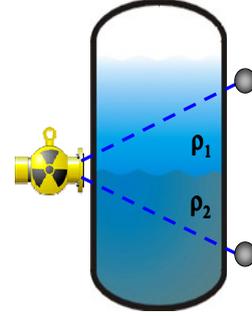
الكثافة



المستوى المستمر



تداخل السطوح



٥ - ٢ أنواع المقاييس النووية

اهم المقاييس النووية موضحة في الشكل (٥ - ٤) وهي:

١ - قياس السمك :

عند قياس السمك تكون كثافة المادة ثابتة لذلك فإن التغير في الأشعة النافذة هو مؤشر على سمك تلك المادة.

٢ - قياس الكثافة :

عند قياس كثافة المادة يكون طول مسار الشعاع ثابتاً فإن التغير في الأشعة النافذة هو مؤشر لتغير كثافة الوسط بين المصدر المشع والكاشف

٣ - مقياس الارتفاع (المنسوب) (level gauge) او الانسداد :

وعند هذا القياس يكون طول مسار الشعاع ثابتاً فإن التغير في معدل العد يحصل نتيجة لتغير الكثافة عند منطقة الانسداد او المستوى . في حالة قياس الانسداد في الأنابيب يستخدم مقياس محمول يمكن ان يوضع حول الانبوب يتكون من ذراعين احدهما للمصدر والاخر للعداد .

٤- فحص الطبقات المختلفة Coloumn Scan :

يمكن تطوير اساس قياس المستوى لغرض فحص الحد الفاصل بين الطبقات المتعددة لاعمدة التقطير والتي تحتوي على موائع ذات كثافات مختلفة باستعمال مقياس متحرك لوضع المصدر عند احد جهتي العمود والكاشف في الجانب الاخر ويتحركان مع بعضهما بشكل متزامن ويرسم طيف الكثافة والذي يحدد نوع كل طبقة من الطبقات في الأنبوب

٥- ارتداد النيوترونات :

عندما تدخل النيوترونات السريعة الى مادة تحتوي على الهيدروجين فأن النيوترونات سوف تهدأ وتتباطىء وتقل طاقتها نتيجة لتصادم مع ذرات الهيدروجين وقسم من النيوترونات سوف يرتد . إن كمية النيوترونات المرتدة تناسب طرديا مع تركيز الهيدروجين في الوسط لذلك يمكن قياس ارتفاع السائل الذي يحتوي على الهيدروجين او تحديد السطح الفاصل بين سائلين مختلفين في الكثافة نتيجة لاختلاف تركيز الهيدروجين. وسوف يتم شرح الأنواع اعلاة بالتفصيل:

٥-٣ مقاييس الارتفاع (النسوب):-:

اساس عمل هذه المقاييس هو التوهين و الانعكاس الحاصل في شدة اشعة جاما عند مروره في أوانعكاسه على المادة وقد تكون هذه المادة في داخل خزان لا يمكن تعيين ارتفاع المادة فيه او في خزانات ذات مواقع لا يمكن الوصول إليها أو أن هذه الخزانات تحتوى على مواد كيميائية خطره. تتكون هذه المقاييس من مصدر باعث لاشعة جاما يقع على أحد جهتي الخزان ومن عداد واحد أو اكثر في الجهة المقابلة من نوع العدادات الغازية أو عداد وميضي وعندما يوهن الاشعاع عند ارتفاع المادة في الخزان تحول قراءة العداد الموهنة إلى إشارة كهربائية ذات جهد مستمر في تشغيل مناوول كهرومغناطيسي للسيطرة على مستوى معين للمادة في داخل الخزان أو داخل أوعية المشروبات . تقسم هذه المقاييس إلى نوعين رئيسيين هما /:-

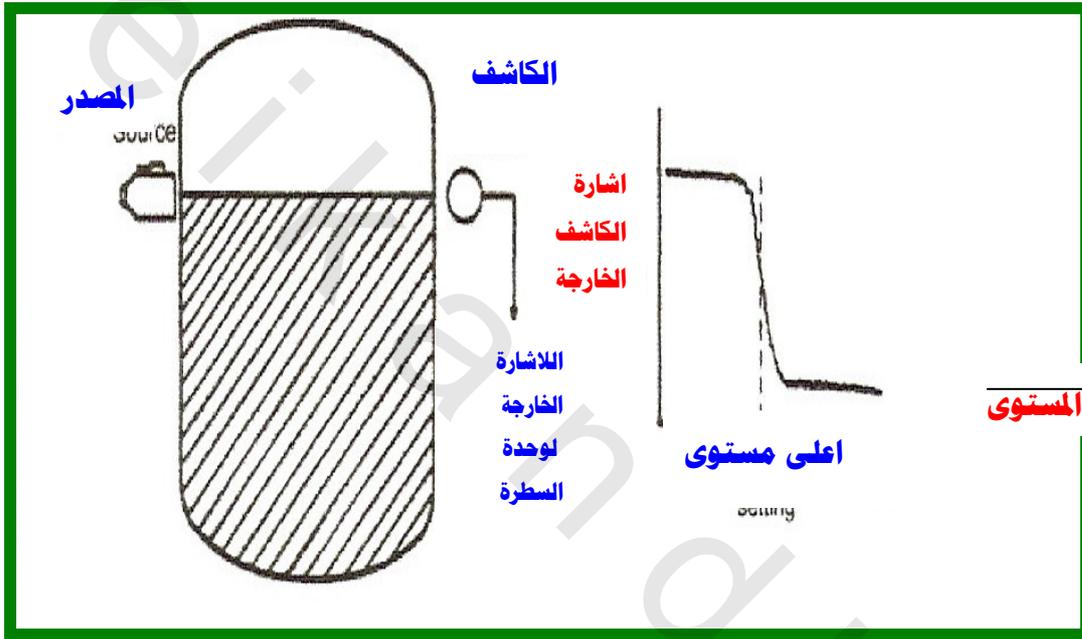
١ - مقياس المستوى الثابت (ON- OFF):

حيث يتمكن هذا المقياس من قياس مستوى المادة العلوي أو السفلي أو كليهما. تستخدم هذه المقياس للتأكد من ان مستوى المادة داخل الاوعية لايرتفع او ينخفض عن حد معين محدد للعمليات الصناعية. تتكون المنظومة من ثلاث وحدات هي المصدر والكاشف ووحدة السيطرة. اساس عمل هذه الاجهزة ان اشعة جاما المنبعثة من المصدر تنتقل من خلال الوعاء ليسقط على الكاشف الموضوع في الجهة المقابلة للمصدر شكل ٥ - ٥ . فعندما يستخدم المقياس لقياس اعلى مستوى فان المادة عندما تصل الى هذا المستوى تؤدي الى توهين الإشعاع الواصل الى الكاشف لذلك فأن الاشارة المنبعثة من الكاشف الى وحدة السيطرة سوف تتغير وتؤدي الى توقف عملية تدفق المادة الى الخزان أو ان وحدة السيطرة قد تستخدم لتحديد اقل مستوى.

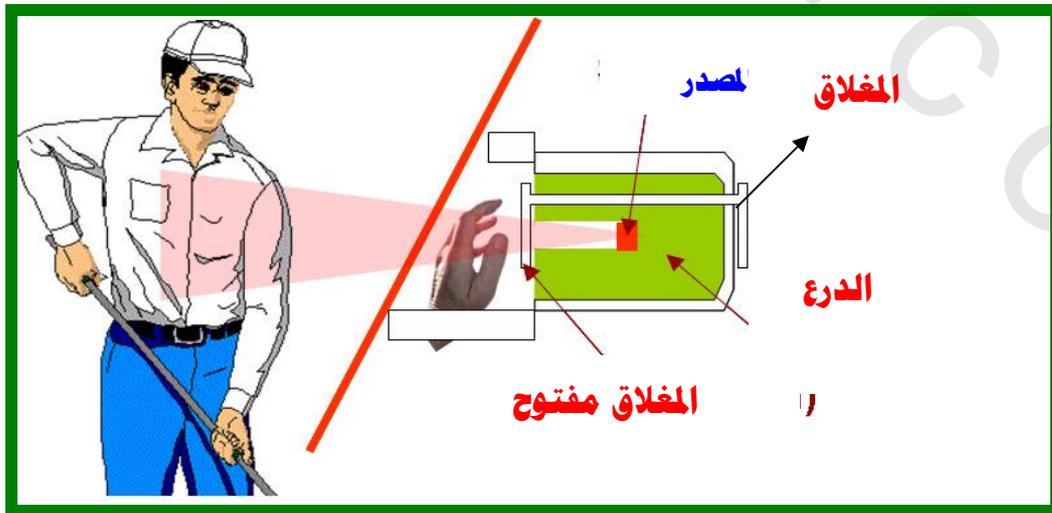
يُثبت المصدر المشع الموضوع داخل وعاء من الرصاص أو الحديد يكون كدرع واقية من الإشعاع يحتوي على فتحة صغيرة يمكن إغلاقها أو فتحها بواسطة المغلاق ولا يجوز تعرض الجسم إلى الإشعاع عندما يكون المغلاق مفتوحاً شكل (٥ - ٦).

يوضع المصدر على الجدار الخارجي للخرزان إما إذا كانت الخزانات ذات أقطار وسميكة الجدران فيوضع داخل الخزان أما الكواشف ففي الحالتين توضع خارج الخزان .

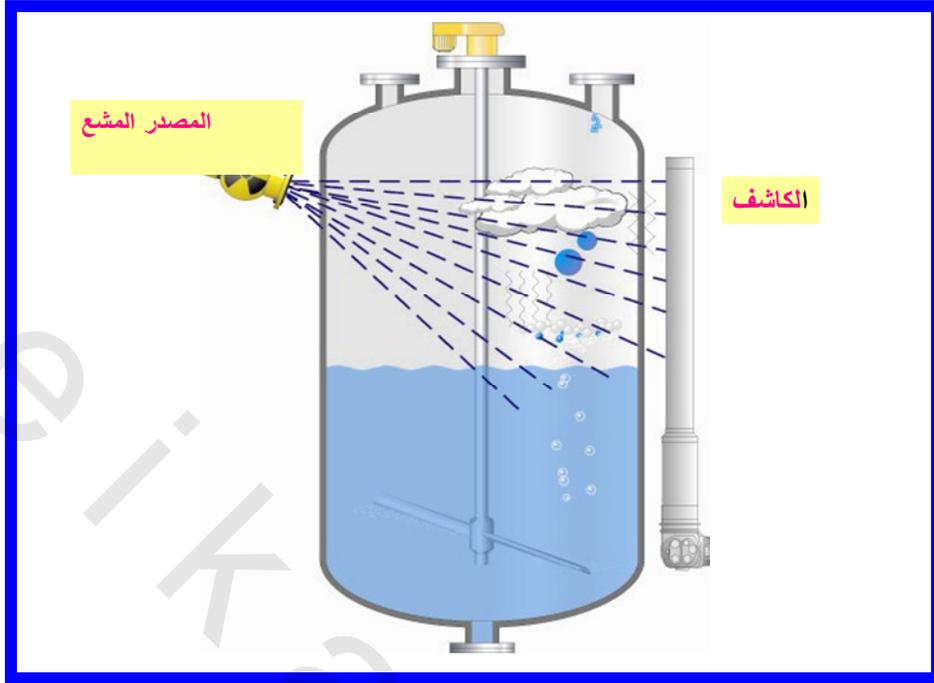
شكل ٥ - ٥ مقياس المستوى الثابت



شكل (٥ - ٦) مصدر مشع لمقياس نووي يوضح عمل المغلاق



شكل (٥ - ١٧) مقياس المستوى المستمر



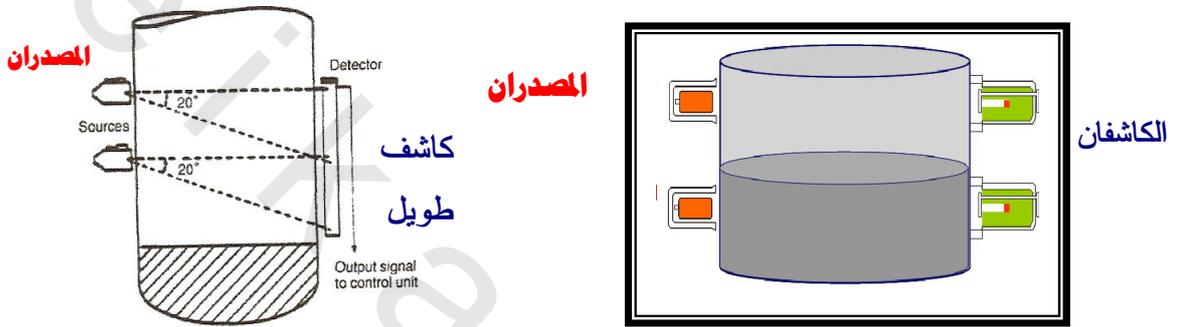
شكل (٥ - ٧ ب) مقياس المستوى المستمر في مصنع للبتروكيمياويات



يشنت الاشعاع بزواوية تكون ثابتة بشكل تقريبي (زاوية ٢٠ °) لذلك فان طول مسار هذه الاشعة متساوي تقريبا وشدة الاشعة الواصلة الى الكاشف الطويل أو كاشفين على الجهة الاخرى يكون متساوي

تقريبا فعندما يرتفع المائع في الخزان فان الاشعاع يتوهن بزيادة الارتفاع ولذلك فان الاشارة الكهربائية من الكاشف تتناقص في شدتها . هذا التغير في الشدة يرسل الى وحدة السيطرة والتي تولد اشارة تتناسب مع المستوى.

شكل (٥ - ٨) مقياس نووي لقياس الارتفاعات العالية



عندما يكون ارتفاع الخزان كبيرا فلمعرفة التغير في ارتفاع المادة داخل العداد يستخدم كاشف طويل في احد جهتي الخزان او كاشفين ومصدر او مصدرين في الجهة الاخرى (شكل ٥ - ٨) بحيث ان الاشعاع المنبعث من كل مصدر ينشئت بزواوية ٢٠ درجة وبذلك يمكن ان تغطي هذه المصادر الارتفاع الكبير.

اما في حالة الخزانات ذات الأقطار الكبيرة (اكثر من ١٠ متر) او ذات السمك الكبير فانه لايمكن استخدام الطرق السابقة وفي هذه الحالة تستخدم عدة مصادر مشعة موضوعة داخل أنبوب مغلق من الحديد الغير قابل للصدأ تفصل المصادر بواسطة قضبان من الحديد ويدخل انبوب المصادر في داخل الوعاء من خلال فتح المغلاق . وعند سحب انبوب المصادر من داخل الوعاء فانه يوضع داخل الدرع الواقي في اعلى الوعاء ويغلق المغلاق. شكل (٥ - ٩).

يعتمد قياس المنسوب على توهين الاشعاع المار في المادة والتغيرات في شدة الاشعاع الصادر (I) عن مصدر معلوم ويعتمد قيمة التوهين على كثافة المادة (p) ومعامل الامتصاص الخطي للمادة (μ) فان شدة الاشعة الواصلة بعد التوهين (I₀)

$$I=I_0e^{-(\mu/p)x}$$

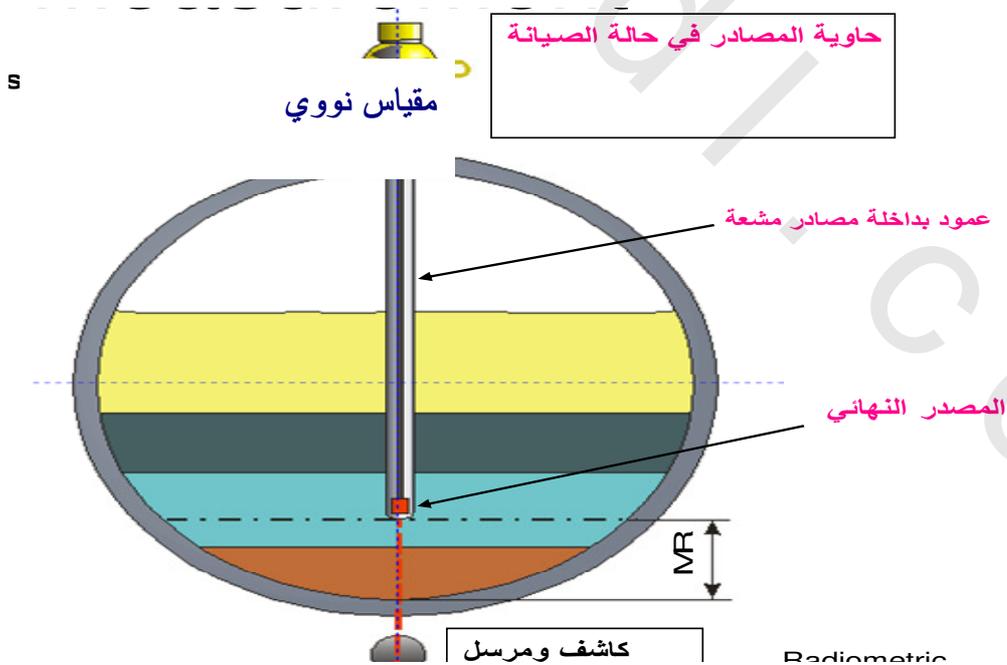
حيث أن سمك المادة

٥ - ٤ مقاييس السمك:

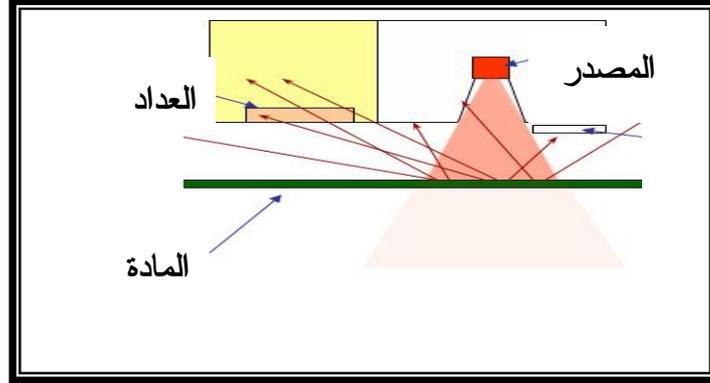
يمكن التحكم بسمك بعض المنتجات الصناعية باستخدام مصادر باعثة لجسيمات بيتا، والقياس على أنواع منها قياس السمك نتيجة الاشعاع النافذ او المنعكس عن الشرائح وخاصة الرقيقة منها. ويستخدم لهذا الغرض مصدر Kr^{88} او Sr^{90} شكل (٥ - ١٠) من أجل قياس سمك المواد الرقيقة مثل البلاستيك والورق، وحسب قانون التوهين أعلاه فان التغيير في شدة الاشعاع النافذ لمادة معلومة الكثافة يعتمد كلياً على سمك تلك المادة (x)، ويتم تحويل الاشعاع النافذ إلى اشارة كهربائية تتناسب مع سمك الشريحة و يمكن التحكم في السمك من خلال تغذية الإشارة الكهربائية إلى منظومة سيطرة اتوماتيكية تقوم بتنظيم سمك الصفيحة.

اما إذا كانت المواد ذات سمك كبير نسبياً أو صفائح فولاذية رقيقة فيستخدم مصدر اشعاعي باعث لاشعة جاما ذات الطاقة الواطئة مثل (241-Am) لكي يمكن للكاشف التحسس بالاشعاع النافذ. يمكن قياس سمك المواد من خلال الاشعة المرتدة عن المادة وكذلك يمكن السيطرة على سمك ثابت حيث يتم وضع المصدر داخل وعاء رصاصي ويثبت في نفس الجهة مصدر مشع يتصل إلى منظومة إلكترونية لتحويل الاشعاع المنعكس إلى قراءة لسمك المادة . ويمكن قياس سمك طبقة الطلاء على المادة والمحافظة على سمك ثابت لطلاء المعادن بطريقة القياسات التفاضلية حيث يستخدم مصدرين إشعاعيين وكاشفين يربطان مع بعضها.

شكل (٥-٩) مقياس نووي لقياس الارتفاع المستمر عندما يكون جدار الوعاء سميكاً

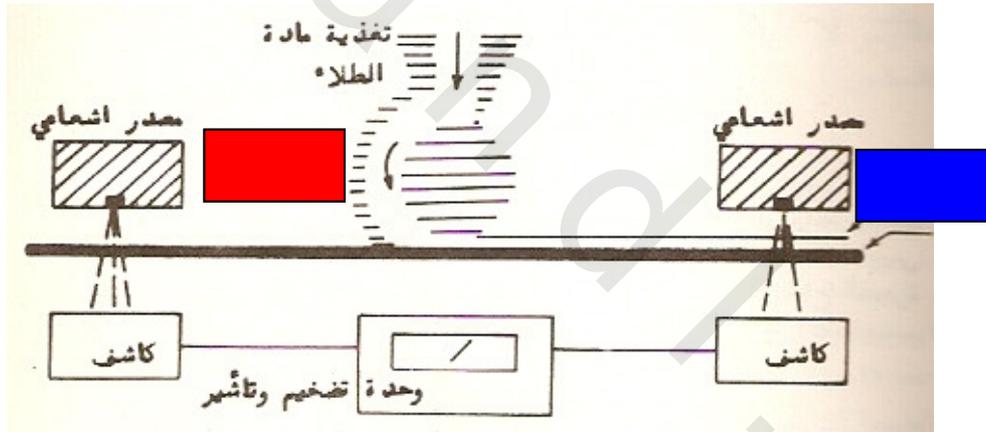


شكل (٥ - ١٠) مقياس السمك النووي باستخدام مصادر باعثة لجسيمات



ويوضح الشكل (٥ - ١١) طريقة القياس، حيث تقاس سمك الصحيفة الاساسية والطلاء معا بواسطة العدد رقم ٢ ومقياس السمك الأساس بالعداد رقم ١ من خلال قراءة كمية الاشعة النافذة من الشريحة و طرح قراءة العداد الاول من الثاني نحصل على سمك الغشاء فقط والذي يمكن قياسه مباشرة في جهاز كهربائي معير لهذا الغرض.

شكل (٥ - ١١) مقياس نووي لسمك الطلاء

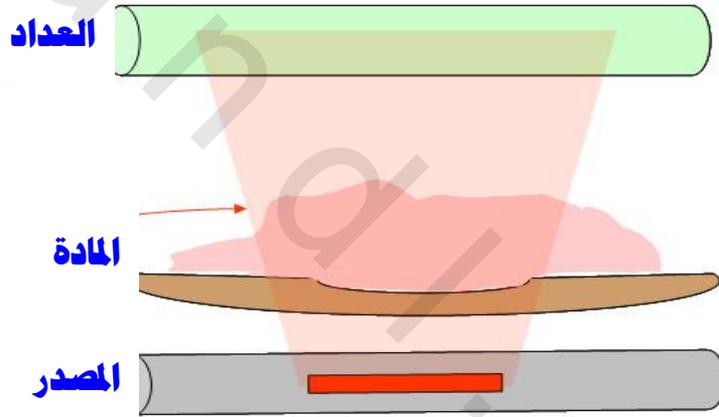


تستخدم طريقة ارتداد جسيمات بيتا كذلك لقياس سمك الطلاء إذا كانت المرحلة الإنتاجية تتيح إمكانية الوصول إلى جانب واحد دون الآخر حيث يمكن التحكم في السمك من خلال هذه العملية. يستخدم هذا النوع من القياس في قياس سمك طبقة الذهب على المواد المختلفة. الطريقة الأخرى لقياس سمك الطلاء هو توليد الأشعة السينية المتفلورة وذلك من خلال تعريض الطلاء الرقيق لأشعة سينية ذات طاقة واطئة ومن خلال قياس الأشعة السينية المتفلورة من الطلاء أو أن الأشعة السينية الواطئة الطاقة تتفاعل مع طبقة الطلاء مولدة اشعة سينية متفلورة يمكن الكشف عنها بواسطة العدادات الومضية أو التناسبية. كمية الإشعاع النافذ هو دالة لسمك الغشاء ومن التطبيقات الصناعية لهذه الطريقة هو قياس طبقة طلاء الخارصين، الكروم و الألمنيوم على صفائح الحديد.

٥ - ٥ قياس الكثافة :-

من خلال قانون التوهين نلاحظ بان شدة الاشعاع الذي يقيسه الكاشف يعتمد على كثافة المادة داخل الوعاء. يقوم الكاشف بتوليد نبضة للفولطية بمعدل يتناسب مع شدة الاشعاع الساقط وترسل هذه النبضة الى وحدة السيطرة التي تعالج بواسطة معالج دقيق تكون مخرجات إشارته تتناسب مع كثافة المادة داخل الخزان . تعتمد دقة القياس على قطر الانبوب، شدة المصدر، ودقة وحدة السيطرة. ومن اهم هذه المقاييس مقياس الكثافة في الخطوط الصناعية الإنتاجية بشكل مباشر. نستخدم في هذا النوع من القياس مصدر اشعاعي على أحد جانبي تدفق المنتج الصناعي وفي الطرف الاخرى كاشف للاشعاع يتصل بدائرة الكترونية تتكون من مضخم إشارة مع جهاز قياس مباشر يتم تعبيرة لتحويل شدة الاشعاع النافذ إلى قيم للكثافة عندما يكون الشكل الهندسي للقياس ثابت. في حالة الكثافة الثابتة فإن المقياس يشير إلى سمك المادة ومن أمثلة هذه المقاييس هو المقياس ألفوذي المستعمل للسيطرة على المواد الأولية في معمل الاسمنت لتنظيم كمية المياه المضافة لتلك المواد. شكل (٥ - ١٢) .

شكل (٥ - ١٢) المقياس ألفوذي للسيطرة على المواد الأولية في معمل الاسمنت



وتستخدم المقاييس النووية المحمولة في رصف الطرقات لقياس كثافة التربة او الكونكريت موقيعيا من خلال قياس كثافة تربة الطريق المرصوف بالسبيس والرمل والوصول الى ضغط جيد للطريق حسب المواصفات ، يحتوي المقياس على مصدر السيزيوم الباعث لاشعة جاما. او قياس الرطوبة في التربة و سطح الاسفلت حيث يحتوي المقياس على مصدر نيوتروني من الامريشيوم -بريليوم اساس عملة تهدئة النيوترونات المرتدة بواسطة ذرات الهيدروجين من داخل التربة الحاوية على الرطوبة. شكل (٥ - ١٢ ب) .

٥ - ٦ مقياس الحدود المشتركة بين الموائع:

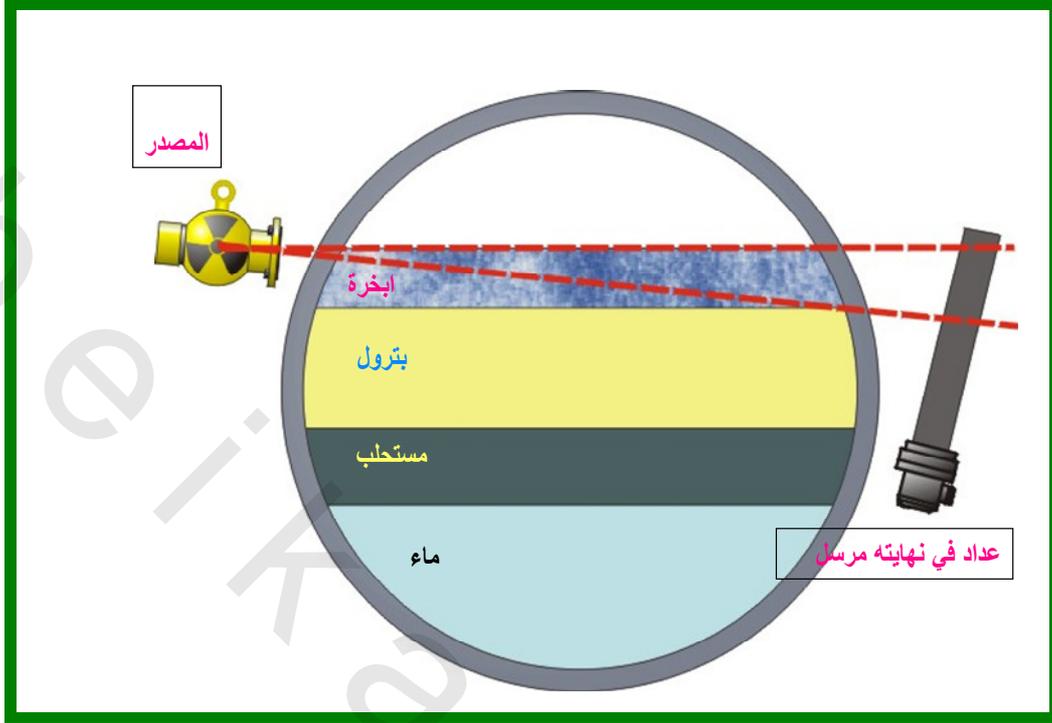
يمكن مزج مبدأ قياس الارتفاع وقياس الكثافة لغرض قياس ارتفاع الحدود المشتركة بين مواع مختلفة اوبين سائل وصلب. ان المادة ذات الكثافة العالية تمتص كمية اكبر من الاشعاع . وفي هذا المقياس يوضع المصدر داخل الوعاء الذي لايزيد قطره عن ٥ م .واذا كانت كثافة المواع لاختلف كثيرا عن بعضها فان الطريقة اعلاه لاتكون دقيقة في قياس الحدود المشتركة بينهما وفي هذه الحالة نستخدم مصدر نيوتروني (Am-241 مع هدف البريليوم) وعداد نيوتروني لقياس النيوترونات الحرارية وهو عداد (BF₃) اوالعداد التناسبي المملوء بغاز التريتيوم (³ H) . شكل (٥ - ١٣ أ) حيث ان النيوترونات السريعة التي تخترق جدار الوعاء وتمر داخل المادة سوف تنهدأ نتيجة لاصطدامها المتكرر بذرات الهيدروجين فتكون استجابة العداد كدالة للتركيز الكلي للهيدروجين في ذلك السائل. لذلك ففي حالة اختلاف السائلين في كمية الهيدروجين التي تحتويها فان الإشارة الناتجة عن الكاشف تختلف وبذلك يمكن تحديد السطح الفصل بين السائلين

مقياس الكثافة

شكل (٥ - ١٢ ب) مقياس الرطوبة



شكل (٥ - ١٣ أ) مقياس نووي لقياس الحدود المشتركة بين الموائج



٥ - ٧ مقياس كتلة المواد في احزمة الثقيل

في هذه المقاييس يوضع مصدر باعث لاشعة جاما (^{137}Cs) وتوجه اشعته خلال المادة الموضوعه على الحزام الناقل باتجاه كاشف طويل يوضع مباشرة أسفل الحزام. ان معدل العدادات التي يولدها الكاشف هي دالة أسية (Exponential) لكل من كثافة المادة وعمقها. وباستخدام منظومة سيطرة الكترونية فان معدل العد يتحول الى اشارة لفولطية مستمرة والتي تتناسب مع الكثافة وعمق الأحجار فوق الحزام. وبإدخال سرعة الحزام الى منظومة السيطرة تتولد اشارة خارجة تتناسب طرديا مع معدل كتلة المادة الأنية التي تتحرك على الحزام الناقل . المخرجات من منظومة السيطرة نستخدم للتحكم في كمية المادة المتحركة على الحزام .

٥ - ٨ الاجهزة النووية المستخدمة للتحليل:

السيطرة الاتوماتيكية على العمليات الصناعية التي تتطلب تحليل ومعرفة نوع المادة بشكل اني ويتم ذلك باستخدام المصادر المشعة وتتضمن هذه المصادر :

- ١- مصادر باعثة لاشعة جاما .
- ٢- النظائر المشعة المولدة للاشعة السينية المنفلورة .
- ٣- المصادر النيوترونية .

هذه التقنية تتضمن تحليل المعادن المستخدمة كعوامل مساعدة في العمليات الصناعية، و الكشف عن مستوى الشوائب في المادة، وكذلك ضمان الجودة للمنتج النهائي. من خلال تعيين نوع العناصر الرئيسية اوالنزرة (ذات التراكيز القليلة جدا) لاي مادة في العمليات الصناعية تستخدم بعض الطرق الفيزيائية للتحليل والتي من أهمها :

١-مصادر اشعة جاما .

يستخدم مصدر من السيزيوم او الكوبلت يوضع على جانبي الوعاء وعلى الجانب الآخر يوضع الكاشف وفي حالة هذه المصادر فان معامل التوهين الكتلي (μ) يعتمد بشكل كبير على معدل العدد الذري للمادة الماصة للاشعاع.لذلك فان شدة الاشعاع الواصل الى الكاشف هي دالة لكل من كثافة ومكونات المادة . ان اقل تغير في تركيب المادة يولد تغيرا كبيرا في معامل لتوهين الكتلي (μ) وخاصة عندما يكون التغير نتيجة لتغير تركيز المواد ذات الاعداد الذرية الكبيرة ومن تغير (μ) يمكن معرفة تركيز تلك المادة ونوعها.

٢-النظائر المشعة المولدة للاشعة السينية .

العناصر المستقرة تكون طاقة التاين لمدارها K تتراوح بين ٠-١٠٠ keV وبناء على ذلك فيمكن اختيار بعض النظائر المشعة الباعثة لاشعة جاما لغرض تهيج ذرات بعض العناصر وتحفيزها لبعث اشعة سينية متفلورة مميزة لذرات المادة الباعثة المحفزة، ومن طاقة هذه الاشعة يمكن معرفة نوع المادة المحفزة. عند استخدام مصادر عيارية معلومة التركيز يمكن تعيين تركيز المواد في المادة المحفزة. يكون الكاشف الإشعاعي المستخدم في العادة العداد ألوميضي (عداد ايويد الصوديوم (NaI(Tl) او العداد التناسبي والذي يكون فيها مقدار نبضة الفولطية المنقلة الى وحدة السيطرة تعتمد خطيا على طاقة الفوتونات الساقطة على الكاشف. تستخدم هذه الطريقة لتحديد عناصر المعادن موقعا في العمليات الصناعية او قياس تركيز المواد المساعدة المضافة.

٣ - تحليل البورون بواسطة النيوترونات :

يمتاز البورون بمقطعه العرضي (احتمال التفاعل) العالي للتفاعل مع النيوترونات الحرارية (ذات الطاقة القليلة)، أي ان البورون مادة جيدة لامتنصاص النيوترونات الحرارية .عند دخول النيوترونات الحرارية الى مادة تحتوي عنصر البورون فان عدد النيوترونات التي يسجلها العداد التناسبي للترينيوم (^3H) تتناسب عكسيا مع تركيز البورون.هذه الطريقة مهمة جدا لقياس البورون في مركبات صناعية كثيرة او البورون المضاف مع المواد المساعدة المضافة في العمليات الكيميائية.

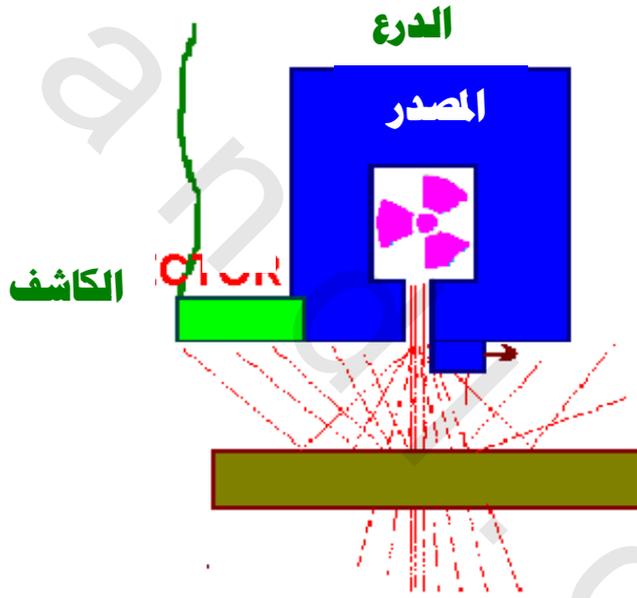
٥ - ٩ مقاييس نووية اخرى :

تستخدم في العمليات الصناعية مقاييس نووية اخرى من اهمها :

1- قياس ارتداد الإشعاع (Back scatter gauge)

في هذا النوع من القياس يوضع مصدر الإشعاع و الكاشف في جهة واحدة شكل (٥ - ١٣ ب) . ويتم حماية الكاشف من الاشعة المباشرة للمصدر بدرع خاص بين المصدر والكاشف . يؤدي سقوط الإشعاع على المادة إلى ارتداد قسم من الإشعاع بعد توهينه والذي يتم قياسه بالكاشف. ويعتمد الإشعاع المتشتت المرتد على كثافة المادة أو سمكها . فعند زيادة سمك المادة وثبوت كثافتها أو زيادة كثافة المادة وثبوت سمكها يزداد معدل التشتت المرتد في الحالتين لغرض قياس كثافة المادة أو سمكها اعتماداً على الترتيب الهندسي للمنظومة و قد يكون المصدر الإشعاعي أحد بواعث أشعة جاما او الاشعة السينية والتي تكون حساسة لوجود العناصر الخفيفة مثل الكربون

شكل (٥ - ١٣ ب) مقياس نووي يعمل على اساس الإشعاع المرتد



أو يستخدم مصدر نيوتروني و يستخدم هذا المبدأ في مقياس كثافة مكونات الطرق المرصوفة ، الرمل المرصوف ، الكونكريت و الإسفلت.

٢- المصادر النيوترونية:

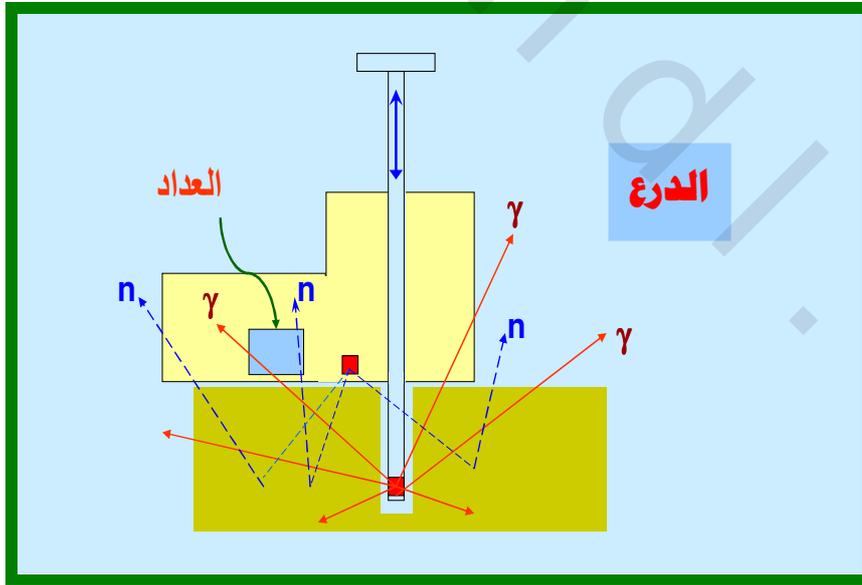
تحتوي بعض الأجهزة الصناعية على مصادر نيوترونية بعضها مصنع عن طريق مزج نظائر باعثة لجسيمات α تخلط مع هدف عناصر مستقرة . عند تفاعل جسيمات بيتا مع هذه العناصر تنتج نيوترونات كما في حالة مزج Am-241 مع هدف البريليوم (Be) أو مزج Pu-238 مع هدف

البريليوم . بعض النظائر الثقيلة تبعث نيوترونات سريعة بشكل تلقائي ومن أهمها الكالفورنيوم - 252-

مثل هذه المصادر تستخدم في الحالات التالية:

أ- التحري عن الهيدروجين:

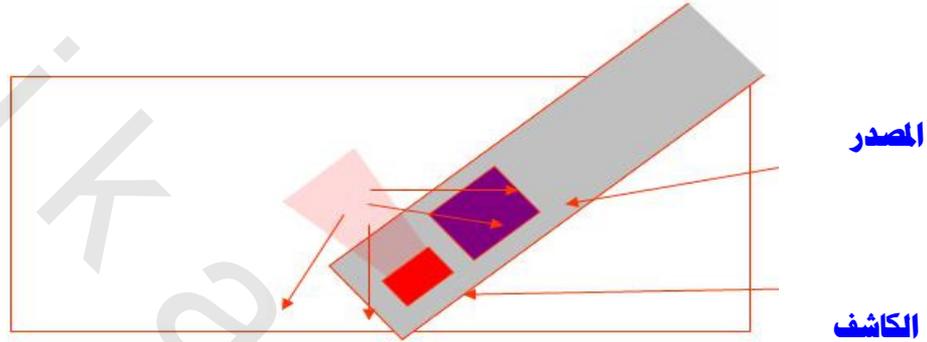
بعض العمليات الصناعية تحتاج إلى مقاييس لكمية الهيدروجين فيها (الرطوبة) وأساس هذه الأجهزة هو أن المواد الهيدروجينية تهدأ النيوترونات السريعة و بتقليل طاقتها العالية إلى طاقة واطئة و تسمى هذه النيوترونات بالنيوترونات الحرارية و كمية النيوترونات التي يمكن قياسها تتناسب مع تركيز الهيدروجين في تلك المادة ويمكن استخدام هذه الطاقة لمقياس الرطوبة في المادة . وفي هذه الحالة يوضع المصدر النيوتروني على جدار الإناء فعندما تتبعث منه النيوترونات السريعة ترتد بعد خسارتها الطاقة بواسطة ذرات الهيدروجين وبعد أن يتحسس الكاشف بالنيوترونات الحرارية يرسلها المقياس على شكل إشارة كهربائية أو عدات وهذا يتحول إلى مقدار الكثافة أو الرطوبة في تلك المادة. ولقياس الكثافة يستخدم مصدر باعث لاشعة جاما شكل(٥ - ١٤) شكل (٥ - ١٤) مقياس نووي للرطوبة والكثافة. لقياس الكثافة يستخدم مصدر السيزيوم-١٣٧ يوضع في نهاية المقياس ويخرج من الدرع ليدخل في المادة المراد قياسها . ولقياس الرطوبة يستخدم مصدر نيوتروني (Am-241- Be) يوضع في جسم المقياس وتقاس البيوترونات المرتدة المتشتتة بكاشف نيوتروني.



ب- مقياس كثافة المواد الهيدروكربونية:

يمكن لهذه المقاييس التحري عن الروابط الهيدروجينية في المركبات الهيدروكربونية حيث يمكن قياس ارتفاع و كثافة الماء، الهيدروكربون (الزيوت) و الأبخرة في أوعية تصنيع المواد الهيدروكربونية و الحدود الفاصلة بين كل نوع من هذه المواد. شكل(٥ - ١٥).

شكل(٥ - ١٥) مقياس نووي لتحليل العناصر للمواد المتدفقة في الاوعية



ج- التنشيط النيوتروني:

من الطرق المهمة لقياس تركيز العناصر في بعض المواد هي التنشيط النيوتروني، فعند قصف المواد بنيوترونات حرارية (طاقة منخفضة) فإن طاقة هذه النيوترونات تمتص و تحول العناصر من عناصر مستقرة إلى عناصر مشعة باعثة لأشعة جاما، و بقياس طاقة أشعة جاما الصادرة يمكن تحديد العناصر وتركيزها في تلك المادة. وتستثمر هذه الطريقة لقياس مكون الأحجار المستخدمة لتصنيع الإسمنت حيث تحتوي منظومة التحليل من مصادر الكالفورنيوم -252 الذي يوضع أعلى أو أسفل حزام ناقل للصحور التي يصنع منها الإسمنت فإن النيوترونات السريعة المنبعثة من الكالفورنيوم تمتص بواسطة الصحور المتحركة في الحزام و تتحول إلى نيوترونات حرارية تتفاعل هذه النيوترونات مع مكونات الصحور باعثة أشعة جاما بطاقات تختلف باختلاف العناصر المكونة للصحور والتي يقيسها أحد كواشف الإشعاع. المصدر المشع المستخدم معظم الأجهزة في هذا المجال يتكون من 80 مايكروغرام من الكالفورنيوم 252 ذات نشاط إشعاعي مقدار 38 ملي كيوري لقياس تراكيز المواد ذات الكمية الواطنة للهيدروجين أو 38 مايكرو غرام من الكالفورنيوم نشاطه الإشعاعي 22 ملي كيوري للمواد ذات الكمية الكبيرة من الهيدروجين ومن مساوي هذه المنظومات هو الجرعة العالية التي تخرج منها لأنها تتكون من جرعة النيوترونات بالإضافة إلى جرعة أشعة جاما الناتجة عن التنشيط النيوتروني حيث تبلغ هذه الجرعة في بعض هذه الأجهزة أقل من 0.02

ملي سيفرت ١ ساعة عند أقرب نقطة من المصدر و تكون الجرعة أقل من 0.005 ملي سيفرت\ ساعة في المناطق المجاورة للمصدر.تستخدم حاليا مثل هذا المصدر في مصانع الاسمنت بعضها يتكون من 80 مايكروغرام من الكالفورنيوم 252 ذات نشاط إشعاعي مقدار 38 ملي كيوري لقياس تراكيز المواد ذات الكمية الواطنة للهيدروجين شكل (٥ - ٦)

شكل (٥ - ٦) مقياس نووي يستخدم في احد مصانع الاسمنت



د- مقياس الرطوبة:

تقاس النسبة الحجمية للماء في أي مادة ثابتة الكثافة. أما إذا كانت كثافة المادة متغيرة فيجب قياس الكثافة باستعمال طريقة ارتداد أشعة جاما لتصحيح قياس نسبة الماء الوزنية لأن هذه النسبة تساوي النسبة الحجمية مضروبة في كثافة المادة. ويقسم مقياس الرطوبة حسب الاستعمال إلى نوعين:

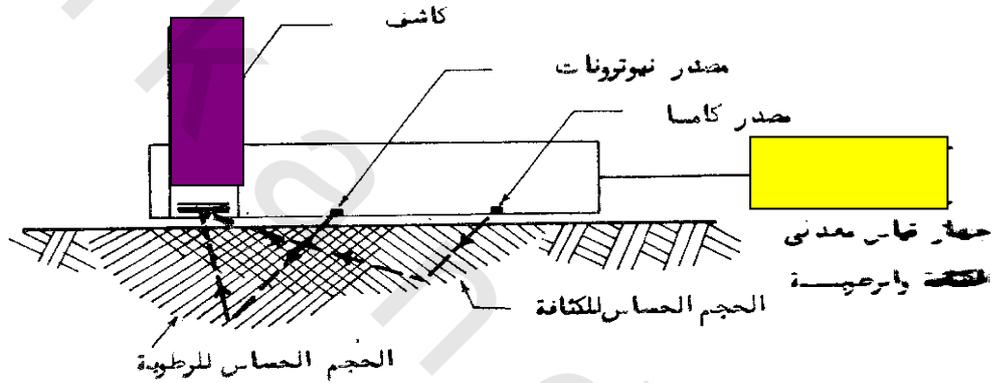
الأول: المقياس السطحي:

حيث يوضع المصدر و الكاشف داخل المادة و يتم الكشف عن النيوترونات البطيئة و التي تولدت نتيجة لاصطدام النيوترونات السريعة في مادة الخزان و تنتقل الإشارة الكهربائية من الكاشف إلى وحدة التضخيم حيث يمكن قياس الرطوبة شكل (٥ - ١٧) .

الثاني: المقياس تحت السطحي:

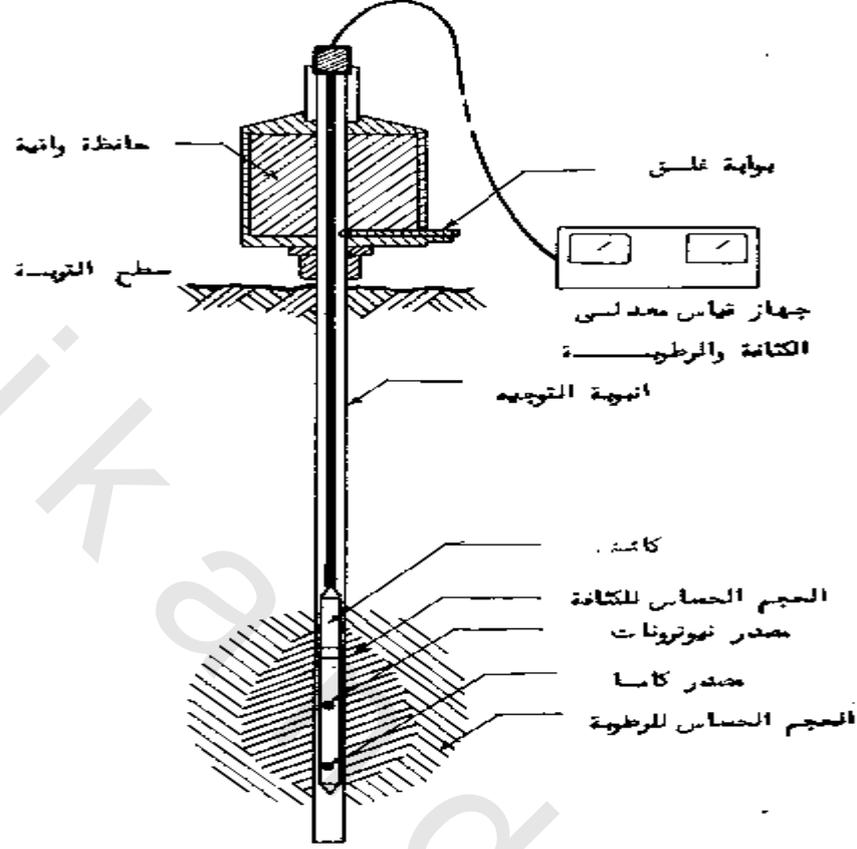
مقياس يدخل إلى داخل المادة أي يغمر في التربة لقياس الرطوبة و الكثافة معا حيث يحتوي مصدران أحدهما مصدر للنيوترونات السريعة والآخر مصدر لأشعة جاما وعداد نيوتروني للكشف عن النيوترونات السريعة و الدالة على نسبة الرطوبة و عداد وميضي لقياس أشعة جاما بعد توهينها للدلالة على كثافة التربة وقد يمكن قياس الكميّتين بمقياس واحد فقط . شكل (٥ - ٨) ويستعمل هذا النوع من المقاييس في عملية حفر الآبار النفطية **Well logging** وقد تكون المنظومة فوق السطح لقياس كل من الكثافة و الرطوبة باستخدام مصدرين أحدهما نيوتروني و الآخر لأشعة جاما كما في قياس رطوبة و كثافة إسفلت و كونكريت الشوارع.

شكل (٥ - ١٧) : المقياس السطحي للرطوبة



المقاييس النووية المستخدمة في المنشآت المدنية تحتوي على نوعين مختلفين من المقاييس النووية أحدهما يستخدم لقياس كثافة المواد الرطبة (W_D) والآخر يستخدم لقياس كثافة الرطوبة. كل مقياس يتكون من عداد أو عدادين لغرض حساب العد من مصدر (^{137}Cs) المستخدم لقياس الكثافة والعداد الآخر هو عداد الديتيريوم (^3H) المستخدم لقياس العد من مصدر ($^{241}\text{Am} / \text{Be}$) المستخدم لقياس الرطوبة (M). يوضع مصدرا الكثافة في قضيب المصدر والذي يمكن توجيهه بأعماق مختلفة من المادة. عندما يوضع المصدر في الموقع المراد فحصه فإن كل منظومة تقوم بالعد. هذه العدادات تستخدم لقياس الكثافة الرطبة والرطوبة.

شكل (٥ - ١٨) المقياس تحت السطحي لقياس الكثافة والرطوبة



كل من الكثافتين M و W_D تستخدمان لقياس الكثافة الجافة ونسبة الرطوبة في المادة $M\%$. جميع

مصنعي هذه الأجهزة يقومون بتعبير (Calibrate) المقياس قبل استخدامه من قبل الزبائن .

نستخدم منظومة جديدة لتوليد النيوترونات في الوقت الحاضر لغرض حفر آبار النفط تتكون المنظومة

من مصدر أيوني يولد أيونات الديتريوم (^2H) والتي تسلط عليها فولطية عالية تصل إلى 80 KV

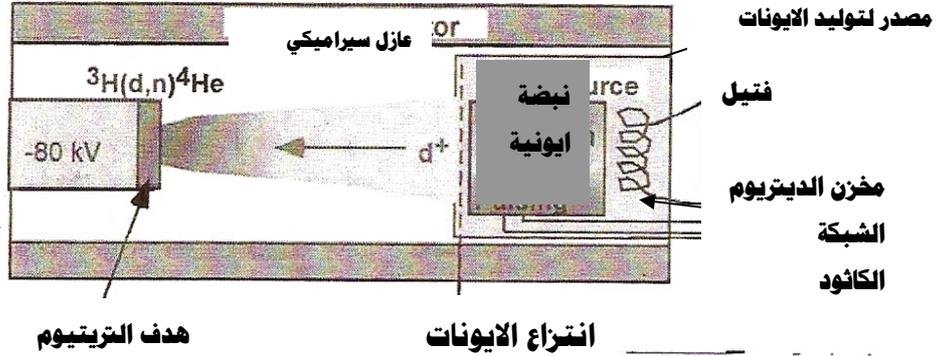
لتسريع هذه الأيونات وإسقاطها على هدف من التريتيوم ^3H ونتيجة التفاعل



تتولد نيوترونات سريعة ذات طاقة 14 Mev لها القابلية العالية للاختراق أما جسيمات ألفا (^4_2He)

فإنها تمتص داخل المولد النيوتروني كما في الشكل (٥ - ١٩).

شكل (٥ - ١٩) مولد للنيوترونات السريعة



الغرض من التعيير هو الحصول على مقياس يستطيع تحويل عداد الكثافة وعدادات الرطوبة إلى كثافة رطبة ونسبة الرطوبة. وبعض الأحيان فإن تعيير المصدر لا يبقى لفترة طويلة أو يكون غير دقيقاً للأسباب التالية :

- سبب في بداية التشغيل (Immediate effect) بسبب أن الشركة لم تعير المصدر بشكل دقيق أو أن المصدر لا يشغل قبل استخدامه لأول مرة لفترة كافية لكي يستقر لذلك ينصح بأن يترك المصدر لمدة لا تقل عن 24 ساعة يعمل قبل التعيير .
 - سبب طويل الأمد (Long-term effect) وتحصل قراءات غير دقيقة للمنظومة بعد فترة زمنية وسبب ذلك يعود إلى تغيرات ميكانيكية أو الكترونية تحصل على مر الزمن.
 - أو أن عداد كايكر تغير حساسيته للقياس بعد فترة زمنية أو أن الفترة الزمنية التي ينصح بها لاستخدام عداد كايكر في منظومات القياس السنوية لا تتعدى خمس سنوات تحت الظروف الاعتيادية
 - أن عدادات مصدر التعيير غير صحيحة ، ويحصل ذلك لأن المصادر النفطية للتعيير تتحل بعد فترة من الزمن يعتمد على عمر النصف.
 - اختلاف درجات الحرارة التي يتعرض لها المقياس .
- يوضح الجدول (٥ - ١) خلاصة لاهم المقاييس النووية المستخدمة في الصناعة

الجدول (٥ - ١) يوضح أنواع المصادر المشعة و تطبيقاتها:

نوع المصدر	الإشعاع	التطبيق
$^{90}\text{Y} / ^{90}\text{Sr}$	β	سمك المعادن الرقيقة
الكربتون 85	β	سمك ورقة الكارتون
الأمريشيوم 241	γ	سمك الصفائح الفولاذية أو الزجاجية/ أو تحليل العناصر متوسطة الكتلة
الأشعة السينية	X - ray	سمك الصفائح الفولاذية حتى 20 ملم/ مستوى السائل في المعلبات
سيزيوم -137	γ	سمك الصفائح الفولاذية السمكة
الكوبلت - 60	γ	ارتفاع ، كثافة ، محتوى المواد في الأفران
أمريشيوم/ بريليوم نيوترون	نيوترون	معرفة الهيدروكربون في المواد، التنشيط النيوتروني
كالفورنيوم 252	نيوترون	تحليل العناصر والصخور
حديد - 55	X - ray	تحليل العناصر الخفيفة (ذات الكتل القليلة)
كادميوم - 109	γ و X - ray	تحليل العناصر الخفيفة (ذات الكتل العالية)

٥ - ١٠ استخدام التكنولوجيا النووية في صناعة النفط والغاز .

تستخدم التكنولوجيا النووية بشكل واسع في الصناعة النفطية والغاز حيث ان أي مقياس يحتوي غالباً على مصدر أو أكثر من السيزيوم ١٣٧ (النشاط الإشعاعي يصل إلى ٥ - ١٠٠ كيكابيكيرل) وكاشف اشعاعي . طريقه نفوذ الأشعة للمقاييس شائعة الاستخدام بدلاً من طريقه قياس الأشعة المرتدة من المادة حيث أن المصدر في هذه الحالة يكون داخل وعاء محكم من الحديد أو الرصاص قطره حوالي ٣٠ سم يثبت على الخزانات أو أنابيب النقل . شدة الإشعاع الواصل إلى الكاشف في الجهة الاخرى من المصدر يعتمد على كثافته محتويات ذلك الخزان أو الأنبوب . وإذا كانت الخزانات أو الانابيب سمكة وكثافة المادة داخله كبيره فيستخدم مصدر الكوبلت - ٦٠ . وهناك ترتيب اخر للعداد والمصدر في المقاييس النووية حيث يكون المصدر في نهاية عمود داخل الخزان وذلك لقياس أو السيطرة على كثافة المائع أو مقدار جريانه كما في حالة استخدام المقاييس في حالة خطوط نقل النفط.

كذلك تستخدم المقاييس النووية للتحكم بارتفاع وقياس مستوى الموائع في الاوعية وكذلك للكشف عن الحدود الفاصلة بين مختلف الموائع مثل الماء، النفط، البخار في أنابيب الفصل في الصناعة النفطية. حيث يمكن الاستدلال على نوع النفط كقياس كثافته في أي منطقه تحتاج ذلك. الوعاء الحاوي على المصدر يطلى بصبغ مضيء وتوضع عليه اشارات تحذيرية من الإشعاع واضحة ومرئية حتى ولو كانت موضوعة على ارتفاعات عالية. ويجب ان يثبت الوعاء مع جدران الاوعية والانابيب بطريقه دقيقه بحيث لايتحرك فراغ بين الوعاء والأنبوب أو الوعاء ويزود الوعاء بمغلاق يمنع الإشعاع من النفوذ في حالة الإغلاق والسماح للإشعاع للنفوذ في حالة الفتح. إعداد كبيرة من مقاييس الإشعاع النووي التي تستخدم الإشعاع لاحتوائها على مصادر إشعاعية تستخدم في صناعة النفط والغاز خاصة شركات الخدمات ومن هذه المصادر هي كواشف الدخان والإشارات المضيئة (الضوء المنبعث من بعض مصادر جسيمات بيتا مثل غاز التريتيوم) . فمثلا ان قناني مكافحة الحريق تحتوي على موائع داخلها وتستخدم مقياس الارتفاع المتحرك لقياس ارتفاع تلك الموائع داخل قناني مكافحة الحريق حيث يكون المقياس من انبوب يحتوي على فرعين احدهما لمصدر السيزيوم - ١٣٤ وفي الطرف الأخر كاشف للإشعاع. شكل (٥- ١٩ ب).

شكل (٥- ١٩ ب) مقياس نووي متنقل لقياس ارتفاع السائل في قناني مكافحة الحريق



وكذلك يوجد مقياس نووي متنقل يحتوي على مصدر نيتروني ($^{241}\text{Am-Be}$) يستخدم للكشف عن وجود الماء الذي قد يتواجد بين أنابيب نقل النفط والغاز والعازل الموجود بينهما. حيث ان النيوترونات السريعة المنبعثة من المصدر فإنها تهدها (تقل طاقتها) وتنعكس مرتدة إلى الكاشف النووي اذا كان هناك ماء بين العازل والأنبوب. و بذلك تكون هذه الطريقة ناجعة للكشف عن الماء

و التخلص منه لكي لا يحصل تآكل للأنابيب الناقلة . تستخدم بعض المقاييس النووية المتنقلة لقياس دقة جوانب الأنابيب حيث يوضع مصدر من (Cs-137) وكاشف على جانبي حلقة تدور بسرعه عاليه حول محور كل انبوب يمر عبر هذه الحلقة لمعرفة دقة تصنيع الانبوب وتحمله لدرجات الحرارة والضغط لأنابيب النفط والغاز الداخلة في الابار. ومن اهم التطبيقات النووية المستخدمة في اكتشاف النفط والغاز هي **اجهزة سبر الآبار (well logging)**. يعرف تسجيل المعلومات (log) عن الابار بأنه تسجيل المعلومات المتتالية عن الخواص الفيزيائية للبئر ويسمى هذا التسجيل للمعلومات سبر الآبار او بعض الأحيان الحفر الجيوفيزيائي ويشمل جميع الترتيبات اللازمة لإدخال أجهزة التحسس و المعدات داخل البئر و تسجيل بعض المعلومات الفيزيائية التي تفسر خواص الصخور و الموائع التي تحتويها. أول المعلومات التي وضعت 1927 في أحد حقول النفط حيث رسمت العلاقة بين انحراف الكلفانوميتر و الذي يمثل المقاومة النوعية للصخور و مقدار الموائع في تلك الصخور. في عام 1957 وضعت علاقة رياضية بين شدة أشعة جاما الطبيعية و نفوذية الصخور و تطورت دراسة سبر الآبار بواسطة التقنية النووية ومن أهم الطرق و حسب تطورها لسبر الآبار هي :

١- الطريقة الكهربائية (Electrical logging):

استخدمت هذه الطريقة في أوائل 1920 من قبل الأخوين شلمبرجير (Schlumberger) و الذي استخدم في البداية الطريقة الكهربائية للتقيب عن المعادن من خلال قياس التوصيلية الكهربائية. ثم استخدم هذا العالم مع أخوة عام 1926 الطريقة الكهربائية لقياس التوصيلية الكهربائية إلى بئر عمقه حوالي 500 متر في فرنسا. وتعتبر أول طريقة لسبر الآبار في العالم فقد سجلوا المعلومات نقطة بعد نقطة لكل متر في العمق وتم استخدام ثلاث أقطاب هي A, M, N والتي تنزل إلى أعماق البئر ويمر التيار من القطب A و لقياس الجهد الكهربائي للقطبين N, M ومن هذه القياسات يتم قياس المقاومة النوعية، مقياس الجهد الكهربائي الطبيعي، و المقاومة النوعية . و يمكن استخدامها في حالة الآبار المفتوحة و المملوءة بالموائع الموصلة للتيار الكهربائي مثل الطين أو الماء .

٢- الطريقة الزلزالية (Seismic logs):

هو التسجيل المستمر لحركة البيئة في باطن الارض المحيطة بالبئر.

٣- الطريقة الإشعاعية أو النووية (Nuclear or radiation logs):

القياسات الإشعاعية أو النووية للجسيمات الأساسية النووية من النواة و الذرة للعناصر الطبيعية والتي تنبعث من المواد داخل البئر .

٤- القياسات الحرارية (temperature logs):

القياسات المستمرة لحرارة البيئة المحيطة تماما بالبئر و التي تعطي المعلومات عن مصدر و حركة المياه و الايصالية الحرارية للصخور .

٥ - الطريقة الصوتية Sonic Logging :

خلال الحرب العالمية الثانية تطور القياس بواسطة الموجات فوق صوتية لأعماق البحار واستخدمت هذه الطريقة في قياس أعماق الغواصات. في عام 1946 استخدمت القياسات الصوتية في حفر الآبار وتمتاز هذه الطريقة بدقتها في قياس الأعماق .يتم في هذه الطريقة توليد موجات فوق صوتية ترددها يتراوح بين (20-30) كيلو هرتز من خلال اهتزاز بلورة مولدات الطاقة (Transducer) تنقل هذه الموجات في البئر ثم ترتد ومنها يتم معرفة مكونات الصخور ونفوذيتها ومؤشرات وجود الغازات أو النفط.

٥ - ١١ الطريقة النووية لسبر الآبار Nuclear logging :

محاولة استخدام التسجيلات النووية لسبر الآبار بدأت عام 1940 باستخدام أشعة جاما لطاقتها العالية وإمكاناتها اختراق مكونات الآبار. وتطور كواشف أشعة جاما جعلت هذه الطريقة هي المستخدمة الآن بشكل واسع في حفر الآبار واكتشاف الغاز والنفط. إن ارتفاع النبضة الكهربائية المستلمة من الكاشف تتناسب مباشرة مع النفوذية وزمن الاسترخاء للنبضة (Relaxation time) يتناسب مع حجم المسامات (Pore) التي تحتوي على الموائع والتي تعطي المؤشر على نوع المائع في تلك الأعماق. ثم تطورت واستخدمت هذه الطريقة منذ عام 1960 ولحد الآن .بالإضافة للطرق النووية استخدمت طريقة لاستخدام الأشعاع المؤين هي تقانة الرنين المغناطيسي (NMR) لتحديد نوع العناصر واكتشاف النفط. وتستخدم شركة هيليرتون الأمريكية طريقة تسجيل معلومات (NMR) في الصناعة النفطية مع الطريقة النووية. وأن العناصر المهمة لقياس خواص الآبار هي H ، O للماء و C، H للهيدروكربونات و Si، O للصخور. وبشكل عام فإن تسجيل خواص الآبار بالطريقة النووية هي طريقة دراسة المواد التي تحيط بمسامية صخور وتربة البئر ويستخدم في الطريقة مصدر نيوتروني أو جامي وكاشف أو أكثر للإشعاع تدخل إلى أعماق الآبار. إن استجابة الكاشف للإشعاع تعتمد على نوع الصخور ، النفوذية وخواص الموائع لتلك المواد.

تسجيل المعلومات الجيوفيزيائية للآبار يشمل جميع التقانات الخاصة باستخدام الاجهزة داخل البئر لقياس الخواص الفيزيائية للبئر. و تقسم إلى قسمين رئيسيين هما:-

١ - الحفر و التوقف (Drill and Stop):

في هذا النوع من القياس يتم ادخال المقياس النووي لسبر الابار بعد ايقاف عملية الحفر وسحب معدات الحفر من البئر وهذه الطريقة مهمة في حالة الحفر الشاقولي غير المتعرج فبعد حفر البئر الى اعماق عمودية كبيرة ترفع ادوات الحفر ثم تدخل مكانها اجهزة السبر لمعرفة مكونات

البئر. وهي طريقة امينة من لناحية الاشعاعية لان المصدر لا ينقطع عن الذراع المعلق به. شكل (هـ) - ٢٠)

ب - القياس خلال الحفر (Logging While Drilling):

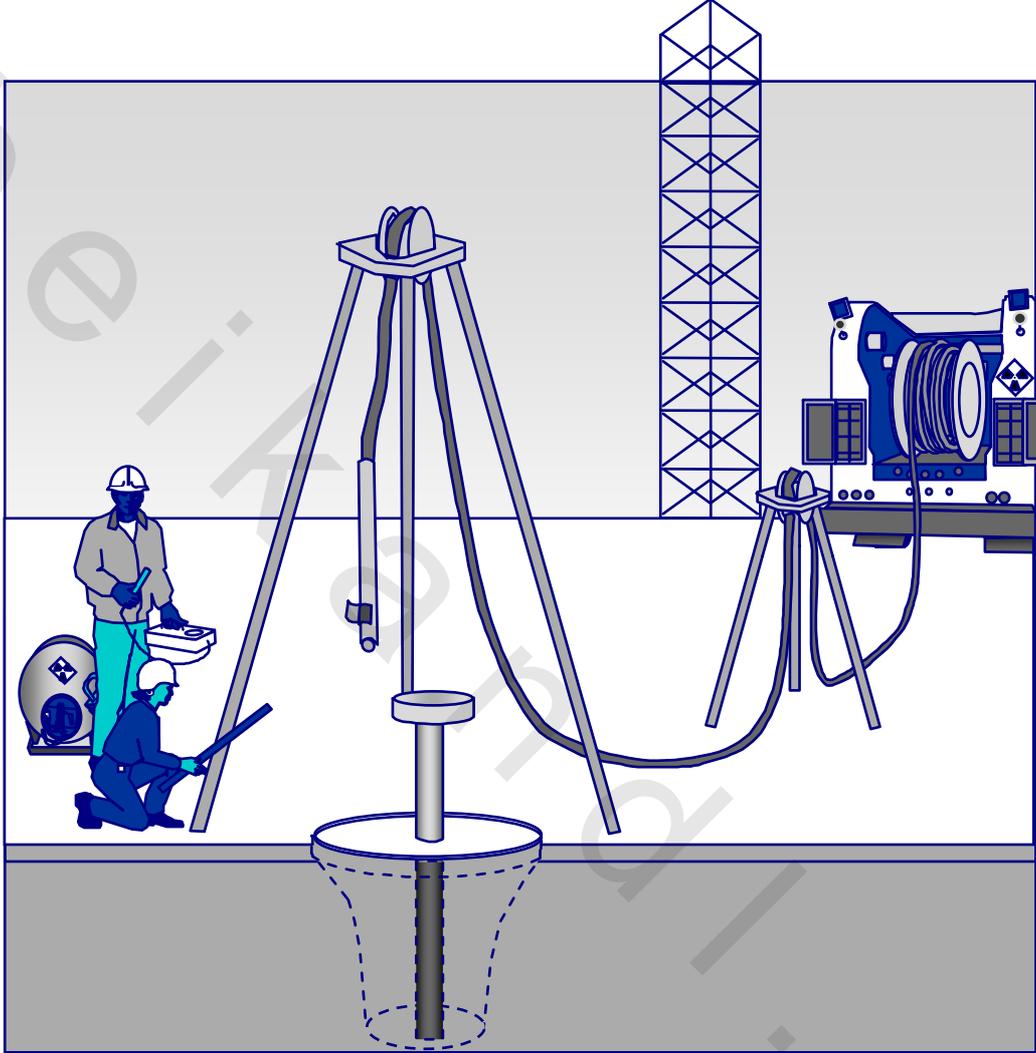
يتم تسجيل المعلومات الجيوفيزيائية بواسطة معدات السبر بشكل متوازي مع عملية الحفر ولا يتطلب ذلك اخراج معدات الحفر شكل (٥ - ٢١) و شكل (٥ - ٢٢). وهي مفيدة في الحفر غير المنتظم (العمودي، الافقي، والمائل) ولكن احتمال انقطاع المصدر عن الذراع المعلق به كبيراً وضياعه داخل البئر والذي يتطلب جهود كبيرة لاصطيادها قد تكون غير ناجحة. من المقاييس النووية المهمة هي مقاييس سبر الابار في صناعه النفط أو الغاز حيث ان معدات حفر الابار تحتوي على مقاييس نوويه لقياس كثافة الصخور، درجة الرطوبة، والنفاذ في التربة، والتي تغذى إلى اجهزة على سطح البئر لإيجاد العلاقة بين خواص التربة ووجود الغاز أو النفط. توجد أربع انواع من مقاييس سبر الابار المتعارف عليها هي :

١ - قياس اشعة جاما الطبيعية:

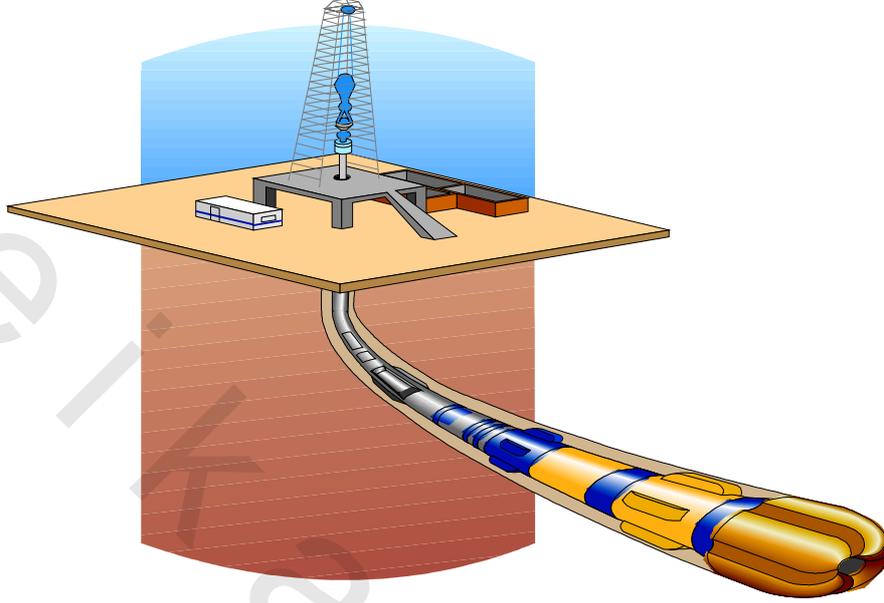
في هذه الطريقة يقوم الكاشف بقياس تركيز العناصر المشعة الطبيعية الباعثة لأشعه جاما في الصخور لغرض معرفة الطبقات الجيولوجية وتزود الجيولوجي بالمعومات عن تراكيز اليورانيوم والراديوم ونتائج انحلالهما وكذلك البوتاسيوم - 40 وهذه القياسات لاتتضمن التمييز بين النظائر المشعة وانما قياس النشاط الاشعاعي الكلي لأشعه جاما المنبعثة من صخور داخل البئر المرتدة من الصخور داخل البئر.

من العلاقة بين قراءتي الكاشفين نستنتج معامل المسامية (Porosity index) للصخور والتي تشير إلى أن الصخور تحتوي على الهيدروكربونات أو الماء نتيجة لتفاعل أشعه جاما مع تركيب الصخور حسب ظاهرة كومبتون حيث تناسب طاقة جاما الممتصة طردياً مع كثافة الكترولونات ذرات الصخور أي كثافة تلك الصخور.

شكل (٥ - ٢٠) سبر الآبار في نوع الحفر والتوقف



شكل (٥ - ٢١) سبر الابار في نوع القياس خلال الحفر



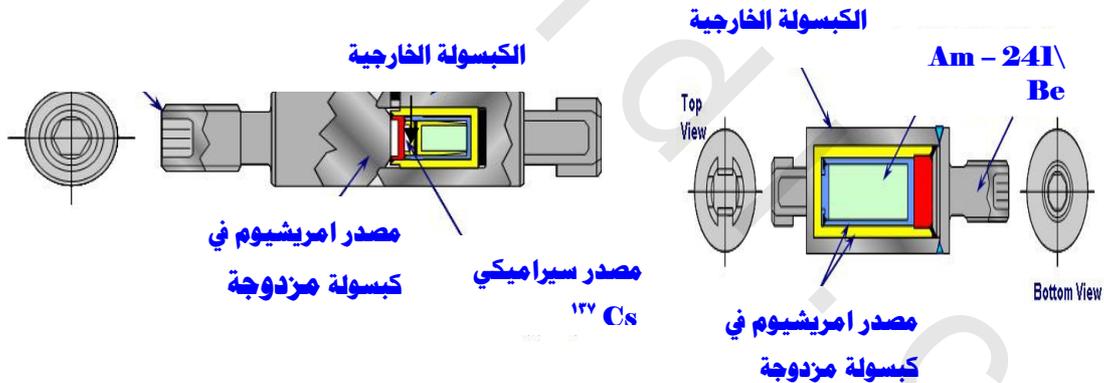
شكل (٥ - ٢٢) سبر الابار لقياس اشعة كاما الطبيعية



٢ - قياس النيوترونات:

يتم في هذه الطريقة ترتيب المصدر النيوتروني والعداد بحيث يكون العد الناتج كداله لكميه الهيدروجين في المسامات الصخرية ويستخدم بشكل كبير في الكشف عن المياه لاحتوائها على الهيدروجين. النشاط للمصدر النيوتروني يتكون من بضع مئات من الجيجا بيكرل من الامريشيوم-بريليوم أو البلوتونيوم-بريليوم وتبعث نيوترونات طاقتها 4 - 5 MeV يدخل المصدر النيوتروني من خلال جهاز الحفر إلى داخل البئر الشكل (٥ - ٢٣). ويوجد كاشف للنيوترونات الحرارية ويرتب كلاً من المصدر والكاشف بحيث يتم قياس كمية الهيدروجين التي تهدئ النيوترونات السريعة ويوجد نوعين من القياس احدهما لقياس المسامية للصخور حيث تكون أقطار الحفر كبيره وشده المصدر النيوتروني كبيره . أما في حالة قياس الرطوبة فأن المصدر النيوتروني اصغر والمسافة بين المصدر و الكاشف صغيرة و التي تجعل معدل العد يزداد بزيادة الرطوبة. وقد أمكن قياس الكثافة و الرطوبة باستخدام مصدر نيوتروني و كاشفين للإشعاع يقعان على مسافات مختلفة من المصدر المشع. لقياس النيوترونات ات فائدة كبيرة لاكتشاف النفط.

شكل (٥ - ٢٣) سبر الابار لقياس الرطوبة باستخدام النيوترونات



٣- طريقة جاما - جاما او الكثافة :

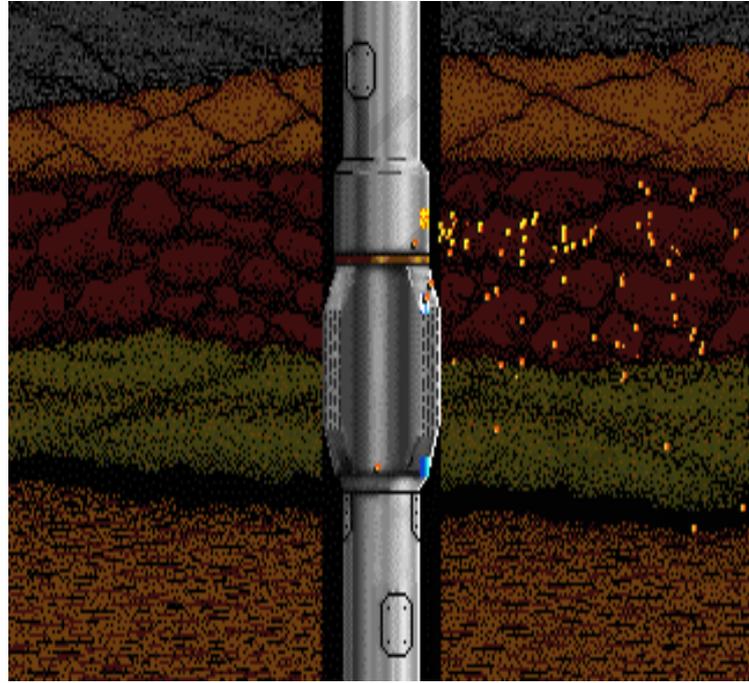
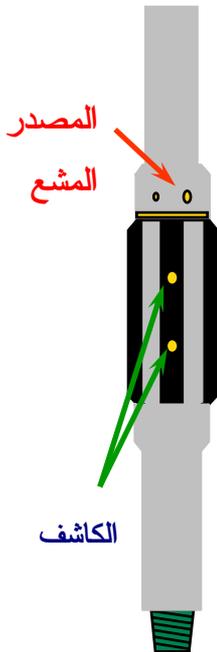
وفي هذه الطريقة نستخدم مصدر من السيزيوم -137 أو الكوبلت -60 وكاشفين للإشعاع. أشعة جاما المنعكسة عن التركيبات الجيولوجية للصخور المختلفة داخل البئر تقيس الكثافة و النفوذية على التوالي. وهذه القياسات تشير إلى وجود الغاز أولاً، و يكون الكاشف نوع NaI(Tl) و الذي يدرع باستخدام شبكه معدنية أو قطعة رصاصية. شكل (٥ - ٢٤)

٤- تقانة نيوترون - جاما :

وفي هذه الطريقة نستخدم معجل خطي (linear accelerator) يحتوي على هدف التريتيوم (^3H) و الباعث لجسيمات بيتا ذات الطاقة الواطئة. عندما تسلط فولطية عالية (80 kV) تتعجل ذرات الديتريوم (^2H) و التي تقصف ذرات التريتيوم في الهدف منتجة نيوترونات طاقتها 14-15 MeV) هذه النيوترونات تؤدي إلى تنشيط بعض النويات في تركيب البئر بعد أن تقل طاقتها وتصبح نيوترونات حرارية والتي تبعث أشعة جاما أثناء انحلالها و من خلال القياسات يتم معرفة العناصر من خلال أشعة جاما أو النيوترونات الحرارية ومن خلال القياسين يمكن معرفة مكونات البئر و كثافة صخوره ومن معرفة تركيز الكلور و كمية المياه المالحة في الصخور يمكن معرفة وجود النفط أو الغاز.

لقد تطور تفسير المعلومات في عملية سبر الابار في السنوات الاخيرة من خلال استخدام الحاسب ومعادلات بولتزمان ومقدار المقاطع العرضية للنيوترونات أو أشعة جاما للعناصر المختلفة وأن تفسير المعلومات ليس بالأمر السهل لأن المعلومات ذات أبعاد وأطوار ثلاثية ولكن باستخدام برامج مونت كارلو (شكل ٥ - ٢٥) . تم التغلب على هذه المعضلات

شكل (٥ - ٢٤) سبر الابار لقياس الرطوبة والنفوذية باستخدام اشعة جاما

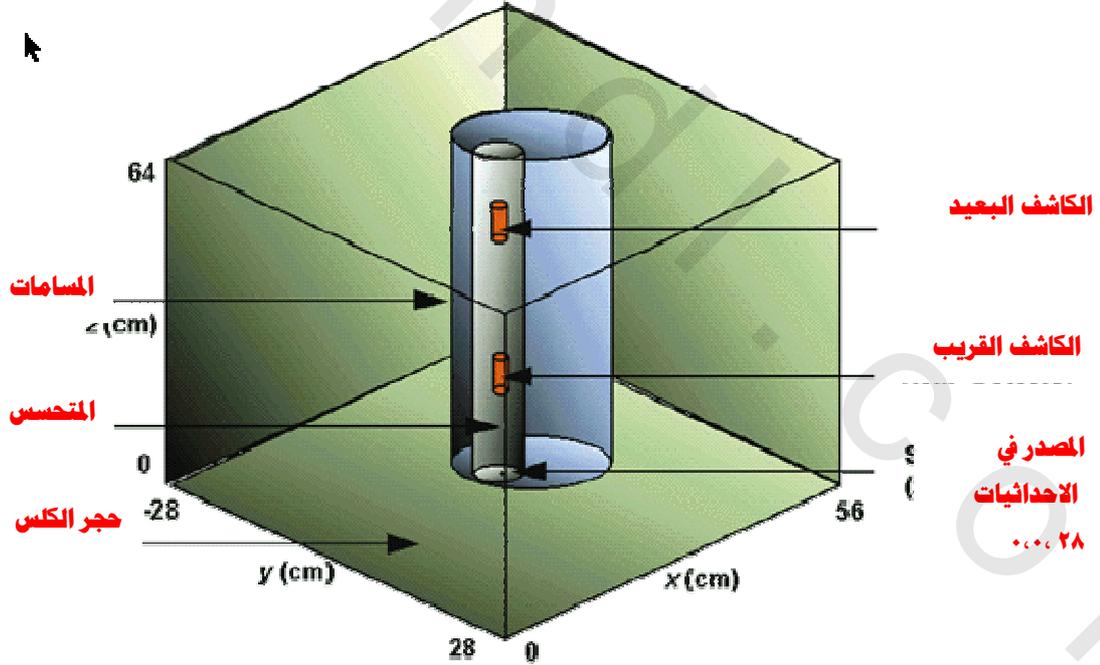


و يمكن توضيح المصادر المشعة و الكواشف المستخدمة في سبر الابار جدول (٥ - ٢) .

جدول (٥ - ٢) المصادر المشعة و الكواشف المستخدمة في سبر الابار

القياس	الكاشف	المصدر المشع	الطريقة
الطين و محتوى الطبقات	كاير وعداد NaI (TI)	—	أشعة كاما
النفوذية	كاير وعداد NaI (TI)	Co- 60 ، Cs-137	جاما - جاما
الهيدروجين	كاير وعداد NaI (TI)	Am- Be, Pu- Be Cf-252,	نيوترون
مستوى المياه	كاير وعداد NaI (TI)	Am Be, Cs-137	نيوترون جاما

شكل (٥ - ٢٥) استخدام معادلات مونتي كارلو للحصول على سبر الابار



٥-١٢ تعبير وامان المصادر المشعة لسبر الآبار.

١ - تعبير مصادر السبر المشعة

يتم تعبير مصادر جاما والمصادر النيوترونية باستخدام منظومة تعبير مركزية قبل استخدامها في عملية السبر. يتم نقل المصادر النيوترونية ومصادر جاما لسبر الآبار باستخدام عمود طويل إلى داخل منظومة التعبير أو ان منظومة التعبير توضع عليها شكل (٥ - ٢٦).

شكل (٥ - ٢٦) عملية وضع المصادر المشعة لسبر الآبار خلال عملية التعبير



المنظومة الرئيسية لتعير المصادر النيوترونية تتضمن توليد النيوترونات عندما يكون المصدر داخل خزان التعبير المملوء بالماء المقطر. الخزان ومكوناته يبقى مشعا لفترة تصل إلى ٣٠ دقيقة بعد انتهاء عملية التعبير لذلك يجب ان توضع منظومة التعبير في منطقة مسيطر عليها ومعلمة باشارات تحذيرية شكل (٥ - ٢٧) ويتم الدخول لها بضوابط لغرض وقاية العاملين من الإشعاع. بعض منظومات تعير النيوترونات لاتكون بشكل خزان معدني في الفضاء وانما بشكل حوض كونكريتي يملأ بالماء المقطر داخل مخزن مبطن بالرصاص لامتصاص اشعة جاما وطبقة من البوليمرات الغنية بالهيدروجين لتهدة النيوترونات. يكون الحوض على الارض ويتم ادخال المصادر في الفراغات المخصصة داخل العمود الحديدي الطويل الذي ينتقل منظومة السبر الاشعاعية ميكانيكا.

يوضع العمود والمصدر الذي بداخله لفقيا على مساند حديدية داخل حوض الماء الحوض ميكانيكيا
عن بعد شكل (٥ - ٢٧ ب)

شكل (٥ - ٢٧ أ) منظومة التعييرتكون من خزان معدني في الفضاء في منطقة مسيطر عليها



شكل (٥ - ٢٧ ب) منظومة التعيير حوض كونكريتي داخل مخزن يتم تداول المصادر
ميكانيكيا (الشركة العالمية Hues Baker فرع قطر الدوحة)



عند إدخال أجهزة السير في البئر فإنها تتعرض إلى ضغط وحرارة عالية لذلك يجب أن توضع في حاوية خاصة تقاوم هذه الظروف. وتجرى عملية الكشف عن التسرب لهذه المصادر بين فترة وأخرى.

عند إنزال المصادر فإنها تحتوي مصدر صغير من Co^{60} نشاطه الإشعاعي (5) kBq (كيلوبكرل) كمؤشر (marker) وتكون عادة بشكل شريحة معدنية أو مصدر نقطي. يوضع المؤشر في سن صامولة «بيرغي» في نقطة اتصال المصدر ويكون بشكل رقعة تلتصق إلى جهاز الثقب (perforation gun). لذلك فعند حصول تفجير داخل البئر باستخدام المتفجرات أو تولد غازات حارة مؤينة. فان المواد المشعة تلوث ذلك الثقب. هذه المصادر تسمى لصقه PIP (Precision Identification protection markers) .

٢ - أمان المصادر المستخدمة في سبر الآبار

أجهزة السبر تستخدم للكشف عن انتشار وعمق المادة المشعة و لتقييم مدى نجاح عملية التفجير. قد تخرج بعض الملوثات المشعة من داخل البئر مع الكميات الكبيرة من السوائل والمواد الصلبة التي تصل إلى فوهة البئر ولكن الكمية القليلة من المادة المشعة تخفف كثيراً ويقل تركيزها في الكميات الكبيرة من السوائل والمواد الصلبة الخارجة من البئر، لذلك فان نشاطها الإشعاعي يكون قليل جداً للمواد الموجودة عند فوهة البئر.

تقاس كثافة المائع داخل البئر عند أي عمق في البئر باستخدام معدة سبر ضيقة مشابهة إلى إبرة الخياطة شكل (5 - 28) تستخدم مصدر من Am-241 نشاطه الإشعاعي بضع كيكابيكيرل وكاشف إشعاعي يوضعان متقابلين لبعضهما على امتداد الإبرة وتستخدم لقياس التوهين الحاصل لأشعة جاما عندما يدخل المائع بينهما.

المصدر المغلق المستخدم في صناعة النفط والغاز يصنع حسب محددات الهيئة الدولية للمقاييس (ISO) بوضع المصدر داخل كبسولة معدنية متينة طوال فترة عمله وحتى بعد إرجاعه إلى المصنع وخلال الاستخدام بكشف عن التسرب الإشعاعي. هذه المصادر تكون مصدراً لتعرض العاملين للإشعاع وخاصة عند نقل هذه المصادر ولكن الخبرة لهذه الشركات تجعل التعرض للإشعاع في النقل الاعتيادي قليلاً. وفي الحقول البحرية أو البرية يجب أن تكون هناك مواقع دائمة أو مؤقتة لخرن هذه المصادر تضمن هذه المخازن متطلبات الأمان ووضع لوحات التحذير الإشعاعية باللغة المحلية والإنجليزية تكون المخازن بعيدة عن مواقع العمل وبعيدة عن مخازن المواد الخطرة الأخرى.

شكل 5 - 28 مقياس لقياس كثافة المائع داخل البئر



إخراج المصدر المشع من حاويته في مواقع العمل يتطلب وضع عدد حواجز دائمة أو مؤقتة لتحديد منطقة السيطرة. لكن في المواقع البحرية فإن مساحة منطقة السيطرة تكون مشكلة وذلك لان الحيز محدود وان الأفراد يكونون قريبين من مصادر الإشعاع حتى في خارج أوقات العمل، لذلك يجب تحديد اتجاه حزمة الإشعاع باستخدام مسدات من الرصاص لتحديد اتجاه حزمة الإشعاع نحو منطقة العمل فقط. وبالإضافة لذلك توضع دروع واقية حول المصدر وان العمل قرب معدات الحفر والخزانات والأوعية تكون كدروع من الإشعاع.

وبدون استخدام السياقات الصحيحة فان مصادر الإشعاع في عملية السبر أو التصوير الفوتوغرافي يؤديان إلى تعرض العاملين إلى جرعة إشعاعية عالية وخاصة عندما تكون خارج حاوياتها. إن التعامل غير الصحيح مع مصادر السبر الإشعاعية أو الحالات الطارئة كصعوبة إخراج المصدر من معدة السبر يؤدي إلى تعرض الفنيين والمهندسين إلى جرعة عالية وخاصة عند عدم استخدام أجهزة المسح الإشعاعي بشكل صحيح.

٣- فقدان المصدر:

توجد احتمالات كبيرة لفقدان مصادر السبر المشعة ومن اهم الاحتمالات:

١ - فقدان المصدر أثناء النقل.

مصادر الإشعاع المستخدمة في صناعة النفط والغاز في العادة تنتقل باستمرار بين موقع وآخر بشكل مؤقت أو ثابت، فهي معرضة للضياع أو السرقة والفقدان. لذلك فان سياقات نقل المصدر يجب أن تكون دقيقة وموثقة بسجلات دقيقة كما في الجدول (٥ - ٣) لمنع حصول حوادث

التعرض المهني أو تصريف بالنسبة للمصادر المستخدمة في المنصات البحرية فإن استخدام سجلات عن تنقلات المصادر المشعة في المواقع البرية يساعد في إعادة المصدر في حالة الحوادث الكبيرة. إن احتمالية فقدان المصادر المشعة يكون كبيراً بالنسبة للمصادر المحمولة الصغيرة. توضع جميع المتطلبات لمعرفة موقع المصادر المشعة ويجب إعلام الهيئة الرقابية فوراً عند فقدان المصدر. المصادر اليتيمة (Orphaned) تعتبر من المصادر ذات المخاطر الكبيرة على الجمهور والأفراد اللذين يقومون بإخراجها عن الحاوية. وتكون الخطورة أكبر عندما يكون المصدر مع السكراب من أجل عملية التدوير.

جدول (٥ - ٣) حركة المصادر المشعة

الشركة	تاريخ وصول المصدر	نوع المصدر	النشاط الإشعاعي	الحالة الفيزيائية	التسلسلي الرقم	موقع الخزن	تاريخ الخزن

يمكن تجنب المخاطر لفقدان المصدر باتخاذ بعض الاحتياطات. وذلك بوضع خيمة حول معدات السبر أو سلسلة تربط المصدر مع معدات السبر الأخرى وذلك يقلل من احتمال سقوط المصدر داخل البئر.

ب - فقدان المصدر داخل البئر

عند إنزال المعدات داخل البئر فهناك خطر بأن مصادر الإشعاع مثل CS^{137} و Am^{241} لا يمكن أعادتها بسبب كسر السلك أو أنحساره (يعلق) (snagged) داخل فتحة في البئر. وعندما يعلق المصدر فإن المرخص له يجب عليه إخبار السلطة الرقابية وتقديم كل الإمكانيات من أجل إخراج المصدر من داخل البئر. وهناك شركات متخصصة من أجل إعادة المصادر المشعة واصطيادها (fishing) من داخل البئر باستخدام معدات خاصة بذلك. ومن المهم عدم الإخلال بتعبئة المصدر داخل غلافه نتيجة لعملية الإعادة. لأن الضرر في كبسولة المصدر يؤدي إلى انتشار واسع للتلوث الإشعاعي في داخل البئر. معدات الحفر، معدات صيد المصدر، الخزانات، المضخات، والمعدات والأجهزة الأخرى التي تكون ملامسة إلى السوائل الناتجة عن الحفر. وخلال عملية الصيد يقوم المختص باستخدام أجهزة للكشف عن التلوث الإشعاعي في السوائل

الراجعة من داخل البئر ، و طاقة الإشعاع ، ونوعه . وعند أي زيادة للنشاط الإشعاعي في السوائل يتم إيقاف العمل فوراً و تقوم الشركة المختصة ومالك البئر وشركة التنقيب باعلام السلطات الرقابية عندما تفشل عملية صيد المصدر و اخذ الموافقة لإيقاف هذه العملية . تأخذ بعد ذلك جميع الإجراءات اللازمة لكي لا تؤدي عملية الحفر التالية إلى تلف المصدر داخل معدته وذلك من خلال حقن الإسمنت ، يفضل أن يكون الإسمنت ملون وتوضع في أعلى طبقة الإسمنت سدادة (plug) متكونة من قطعة معدنية صلبة . وبعد ذلك فان الحفر حول الإسمنت يستمر مع وضع رقيقة معدنية دائمة (plaque) عند فوهة البئر والتي تعطي معلومات تفصيلية وتحذير عن المصدر المفقود داخل البئر .

٣ - الأضرار لحاوية المصدر :

حاوية المصدر المستخدمة لنقل المصدر و خزنه مصممة لإعطاء التدريج المناسب والأمان الإشعاعي في جميع الظروف البيئية . هذه الحاويات تتطلب بعض الصيانة لغرض مقاومتها للظروف المناخية القاسية . مثل الأجواء الرملية ، أو الملحية ، والتي تزيد من عملية التآكل ، وبذلك فان معدل الجرعة والتعرض الخارجي يكون كبيراً عند حصول ضرر للحاوية نتيجة لتأثيرات ميكانيكية ، حرارية أو كيميائية ، فيجب اخذ الاحتياطات التالية :

- أ- القياسات المستمرة لخواص التدريج للحاوية .
 - ب- الرصد الإشعاعي و قياسات الجرع لسطح الحاوية .
 - ج- قياسات التسرب باستخدام المسحات بفترات تتحدد من قبل المواد الطبيعية المشعة وبشكل عام عند تنصيب أي مقياس نووي يجب اختبارات ضبط الجودة لتنصيب المقاييس النووية .
- جدول (٥ - ٤) .

جدول (٥ - ٤) الاختبارات الازم اجرائها عند تنصيب المقاييس النووية

نوع الاختبار	السياقات المهمة للنجاح في الاختبار
١- خواص المصدر المشع	أن المصدر المشع المغلق يجب أن : ١- يخضع إلى متطلبات - ISO 2919 لسنة 1980 ٢- يتطابق مع متطلبات النقل الآمن للمصادر المشعة
٢- تثبيت المصدر المشع داخل الدرع الواقي	١- المادة المشعة يجب أن توضع بشكل دائمى داخل درع واقى يمكن استخدامه وهو فى داخل الدرع. ٢- المادة المشعة يجب أن لا تفصل عن المصدر المغلق خلال الاستخدام أو النقل.
٣- منظومة المادة المشعة	يجب وضع منظومة المادة المشعة فى موقعها الصحيح لتتمكن من أداء مهمتها بأمان.
٤- معدل الجرعة الإشعاعية	عندما يكون المصدر مغلقاً فأن معدل الجرعة يجب ان لايتجاوز ١- 500 Sv/h µ عند نقطة تبعد 5سم من السطح الخارجى للدرع الواقى. ٢- 10 µSv/h عند نقطة تبعد 1م من الدرع الواقى.
٥- الإشارات التحذيرية	الدرع الخارجى للمصدر المشع المغلق يجب أن توضع عليه العلامات التحذيرية التالية: ١- العلامة التحذيرية للإشعاع وتكون سوداء على أرضية صفراء ٢- علامة (أهدر) ٣- كلمة أهدر من الإشعاع .
٦- المعلومات (Label)	يجب وضع المعلومات التالية على السطح الخارجى للمصدر: ١ اسم و عنوان المصنح ٢- كتابة رقم الوعاء ٣- نوع المادة المشعة /نشاطها الإشعاعى أو تاريخ الإنتاج. معدل الجرعة المعطى على بعد ١م من سطح المصدر
٧- المغلاق.	يجب إغلاق الفتحة عند الصيانة أو خزن المصدر