الفصل الخامس

المقاييس النووية في الصناعة

٥ – ١ المقدمة :-

المقاييس النووية عبارة عن أجهزة تستخدم التقانات النووية لغرضين أساسين 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 الاشعة النافذة أو المنعكسة عن المادة. وتقسم المقاييس النووية إلى قسمين الأول يعتمد على الاشعة النافذة من المادة المراد قياسها . والثاني على الاشعة المنعكسة عن المادة . ويوجد نوع من المقاييس التي تستخدم الاشعة السينية بدلا من النظائر المشعة .

من أهم مزايا استخدام المقاييس النووية :

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

٢- يمكن استخدام الاجهزة بدون إطفاء المنظومة.

٣- يمكن استخدام الاجهزة مع المواد الصلبة والسائلة .

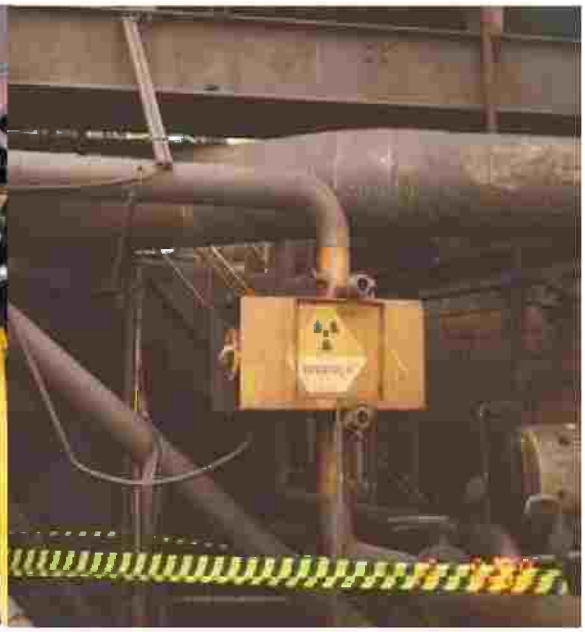
٤- تكون منظومة صلبة وقوية .

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 و٥ – ٢ و تتكون هذه المقاييس بشكل عام من مصدر مشع محاط بدرع واقي 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 مناول (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 الاشعاعي العالي توضع داخل غلاف من الحديد المقاوم للصدأ والمقاييس النووية بعضها نستخدم المصادر الباعثة لأشعة جاما لقياس ارتفاع المواد داخل الصهاريج أو الخزانات أو الاوعية ويستخدم لهذا الغرض مصدر السينريوم- ١٣٧ أوالكوبلت- ٦٠ والنوع الأخر يستخدم مصادر جسيماتβ لقياس سمك الورق والبلاستيك وعندما يكون السمك كبير نسبياً كما في حالة صفائح الحديد

شكل ٥-١ مقاييس عمليات ضمان الجودة

شكل ٥ -٢- مقاييس السيطرة على العمليات الصناعية



والفولاذ نستخدم مصادر باعثة للاشعة 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.

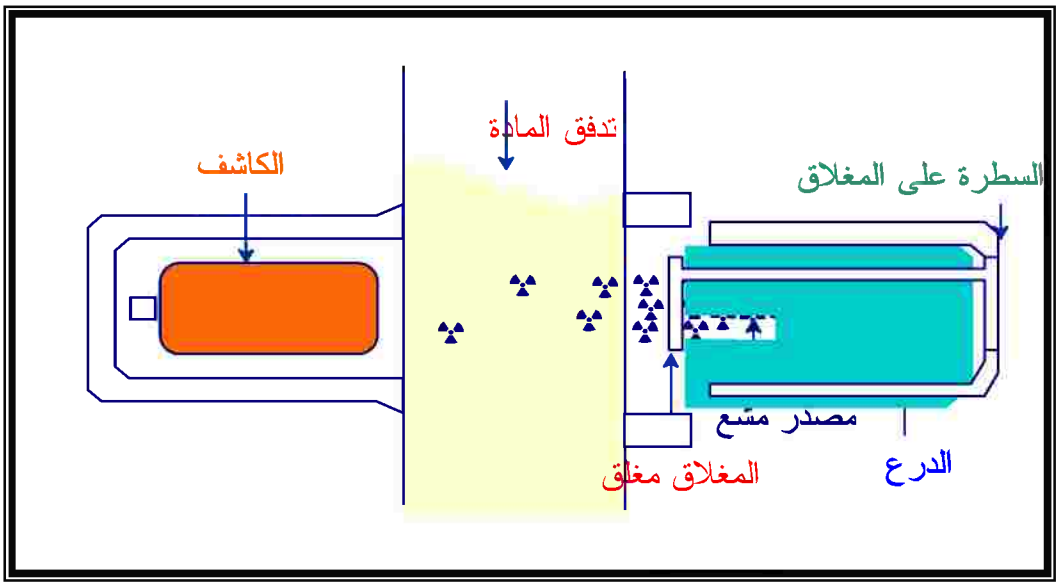
من اهم التطبيقات الصناعية للاشعاع:

١- المقاييس الصناعية ٢- التصوير الاشعاعي

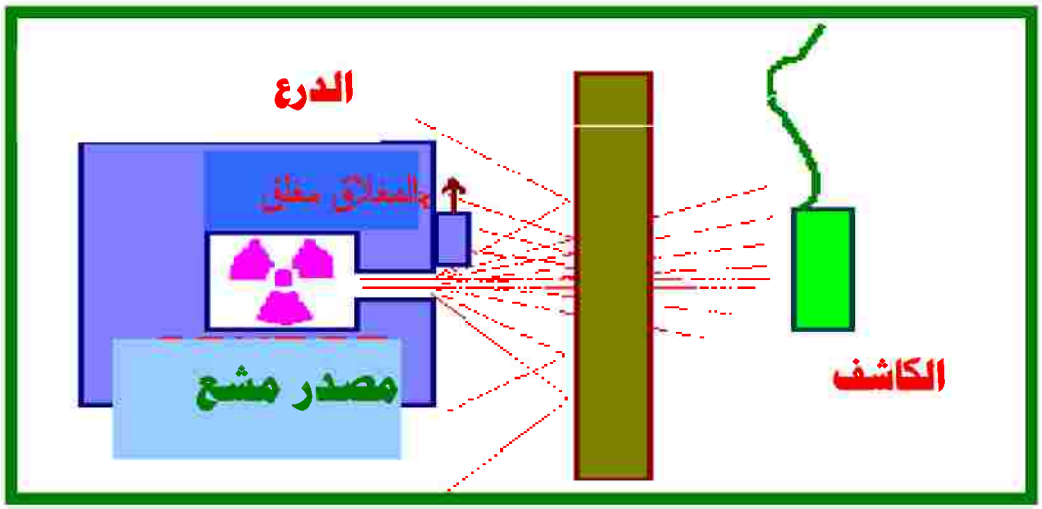
٣- تحليل العناصر ٤- تقنيات التشعيع،

٥ - تقنيات مختلفة

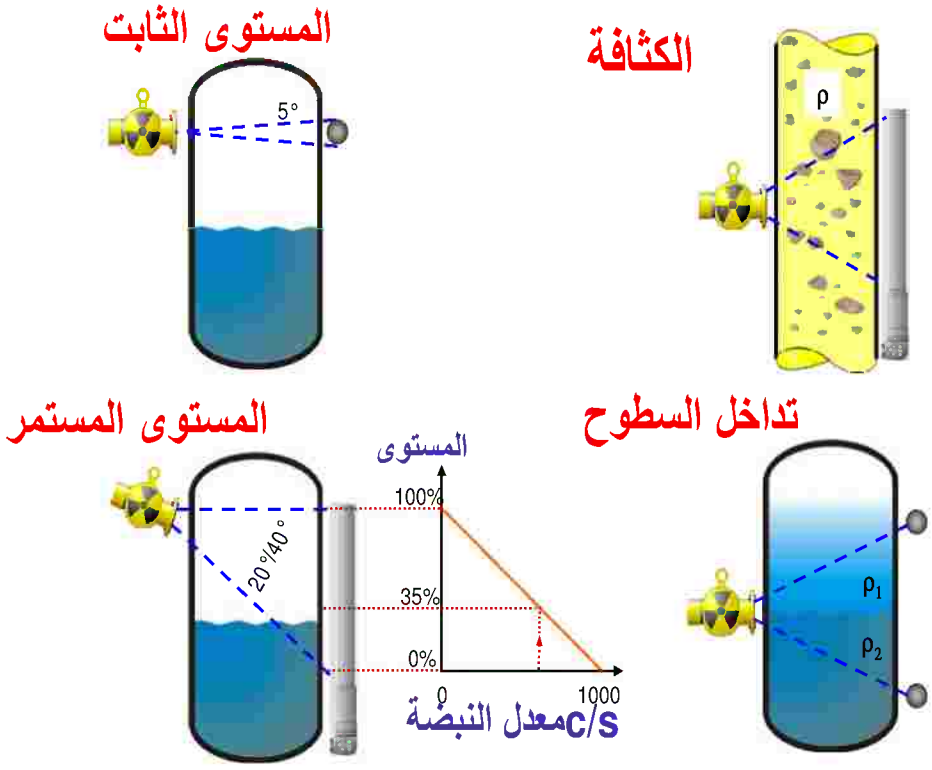
شكل٥ - ٣ المكونات الاساسية للمقياس النووي



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



شكل ٥–4 أنواع مختلفة للمقاييس النووية



٥ – ٢ انواع المقاييس النووية

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

١- قياس السمك :

عند قياس السمك تكون كثافة للمادة ثابتة لذلك فأن التغير في الاشعة النافذة هو مؤشر على سمك تلك المادة.

٢ - قياس الكثافة :

عند قياس كثافة المادة يكون طول مسار الشعاع ثابت فأن التغير في الاشعة 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 ثابتا فان 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 المتعـــددة لاعمـــدة 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 (المنسوب):-

اساس عمل هذه المقاييس هو التوهين و الانعكاس الحاصل في شدة اشعة جاما عند مروره فـــي أوانعكاسه على المادة وقد تكون هذه المادة في داخل خزان لا يمكن تعيين ارتفاع المادة فيه او في خزانات ذات مواقع لا يمكن الوصل إليها أو أن هذه الخزانات تحتوى على مواد كيمائية خطـــره. 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 الاشـــعاع عنـــد ارتفاع المادة في الخزان تحول قراءة العداد الموهنة إلى إشارة كهربائية ذات جهد مستمر في تشغيل مناول كهرومغناطيسي للسيطرة على مستوى معين للمادة في داخل الخـــزان أو داخـــل أوعيـــة المشروبات . تقسم هذه المقاييس إلى نوعين رئيسيين هما /:-

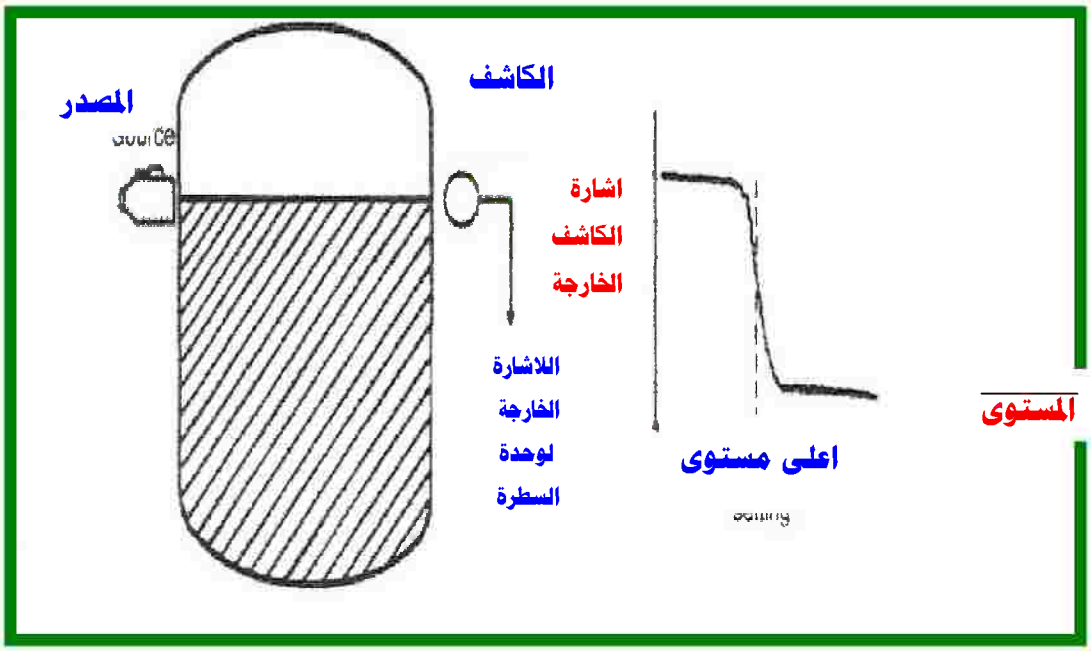
١ - مقياس المستوى الثابت (ON- OFF):

حيث يتمكن هذا المقياس من قياس مستوى المادة العلوي أو السفلي أو كليهما. تستخدم هذه المقياس للتاكد من ان مستوى المادة داخل الاوعية لايرتفع او ينخفض عن حد معـــين محـــدد للعمليـــات 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 ليســـقط علـــى الكاشـــف 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 لـــذلك فـــأن 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.

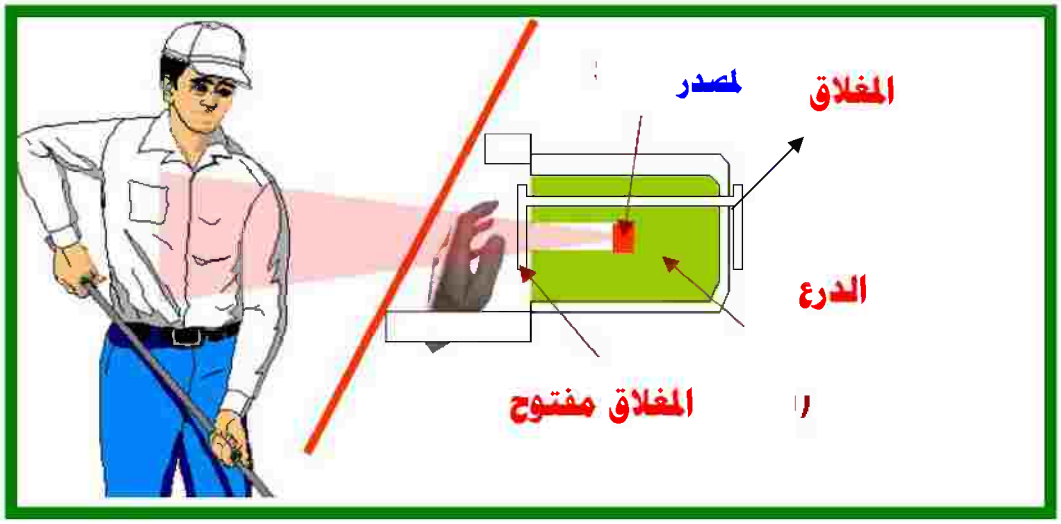
يثبت المصدر المشع الموضوع داخل وعاء من الرصاص او الحديد يكون كدرع واقي من الإشعاع يحتوي على فتحة صغيرة يمكن اغلاقها أو فتحها بواسطة المغلاق ولا يجوز تعرض الجسم إلـــى الإشعاع عندما يكون المغلاق مفتوحا شكل (٥ –٦).

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

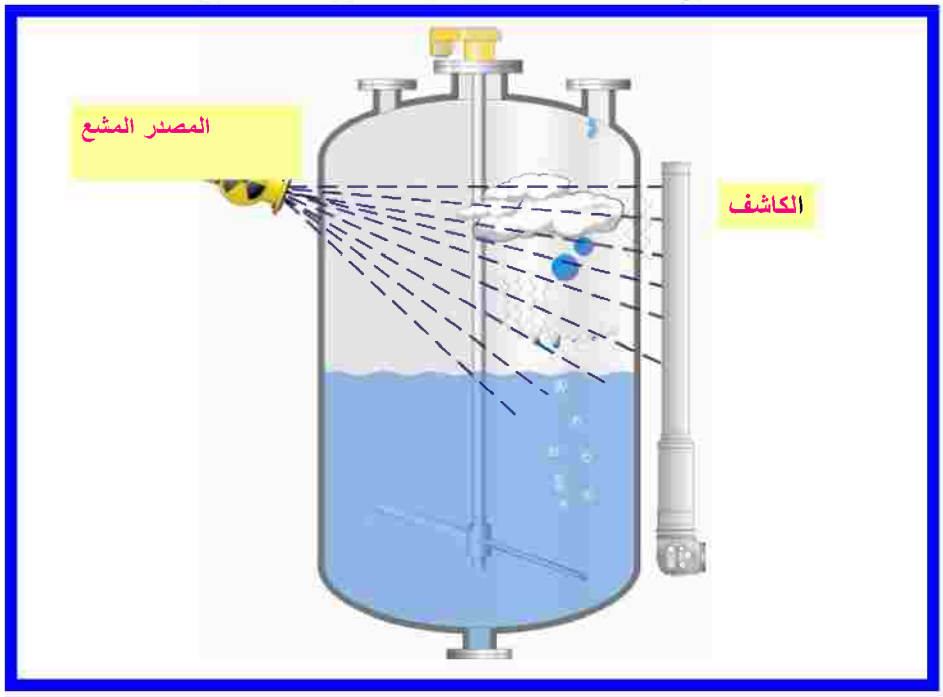
شكل ٥ –٥ مقياس المستوى الثابت



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



شكل (٥ – ٧ أ) مقياس المستوى المستمر

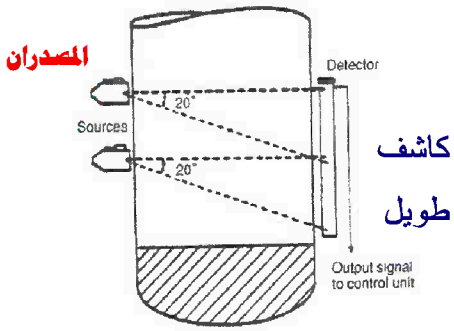


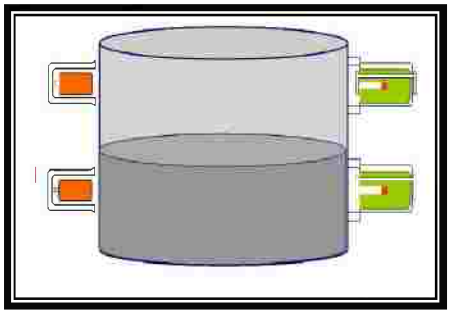
شكل (٥ – ٧ ب) مقياس المستوى المستمر في مصنع للبتروكيمياويات

يشتت الاشعاع بزاوية 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 التغيير في ارتفاع المادة داخل العداد يستخدم كاشف طويل في احد جهتي الخزان او كاشفين ومصدر او مصدرين في الجهة الاخرى (شكل٥ – ٨) بحيث ان الاشعاع المنبعث من كل مصدر يتشتت بزاوية ٢٠ درجة وبذلك يمكن ان تغطي هذه المصادر الارتفاع الكبير.

اما في حالة الخزانات ذات ألاقطار 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 والتغييرات في شده الاشعاع الصادر(I) عن مصدر معلوم ويعتمد قيمة التوهين على كثافة المادة (p) ومعامل الامتصاص الخطي للمادة (μ) فان شدة الاشعة الواصلة بعد التوهين (I_0)

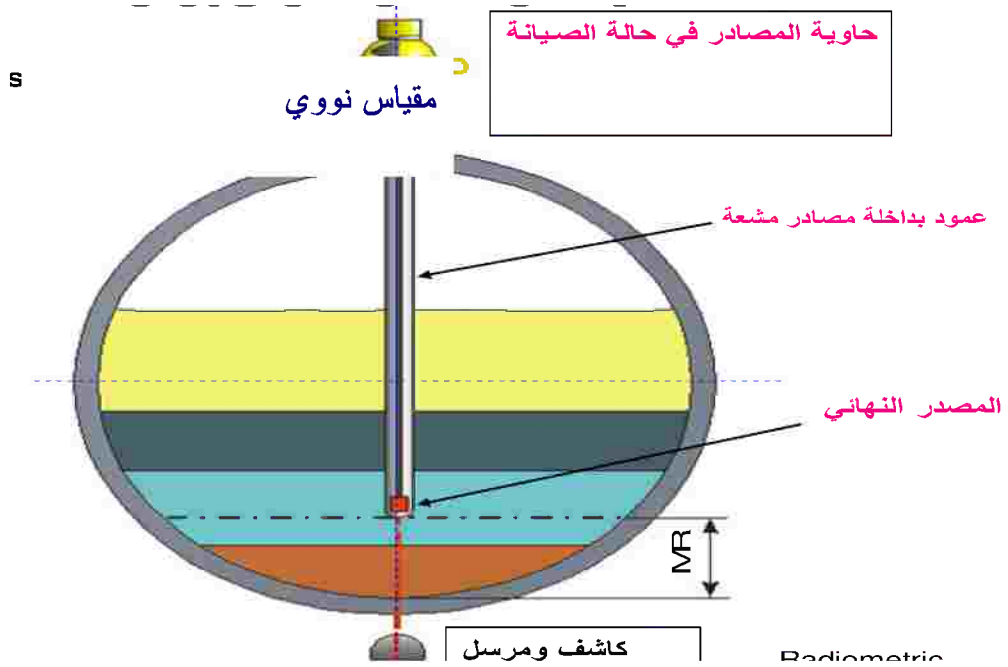
حيث أن سمك المادة $$I=I_0e^{-(u/p)x}$$

٥ – ٤ مقاييس السمك:

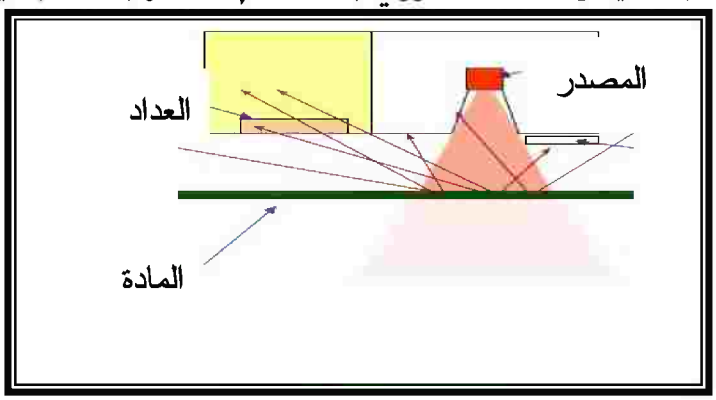
يمكن التحكم بسمك بعض المنتجات الصناعية باستخدام مصادر باعثة لجسيمات بيتا ،والقياس على انواع منها قياس السمك نتيجة الاشعاع النافذ او المنعكس عن الشرائح وخاصة الرقيقة منها. ويستخدم لهذا الغرض مصدر Kr^{88} او Sr^{90} شكل (٥ – ١٠) من أجل قياس سمك المواد الرقيقة مثل البلاستيك والورق، وحسب قانون التوهين أعلاه 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 نسبيا 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 المرتده عن المادة وكذلك يمكن السيطرة على سمك ثابت حيث يتم وضع المصدر داخل وعاء رصاصي ويثبت في نفس الجهة مصدر مشع يتصل إلى منظومة الكترونية 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 مصدريين إشعاعيين وكاشفين يربطان مع بعضهما.

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

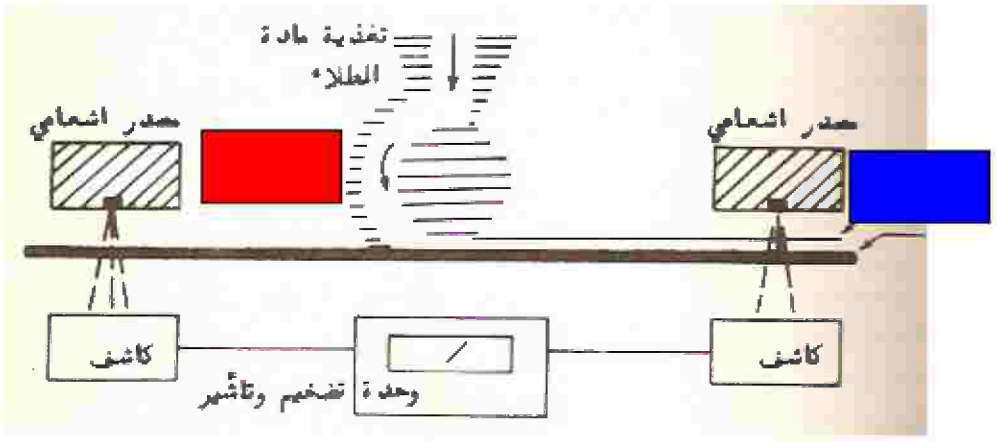


شكل (٥ - ١٠) مقياس السمك النووي باستخدام مصادر باعثة لجسيمات



ويوضح الشكل (٥ –١١) طريقة القياس، حيث تقاس سمك الصحيفة الاساسية والطلاء معا بواسطة العدد رقم ٢ وقياس سمك 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

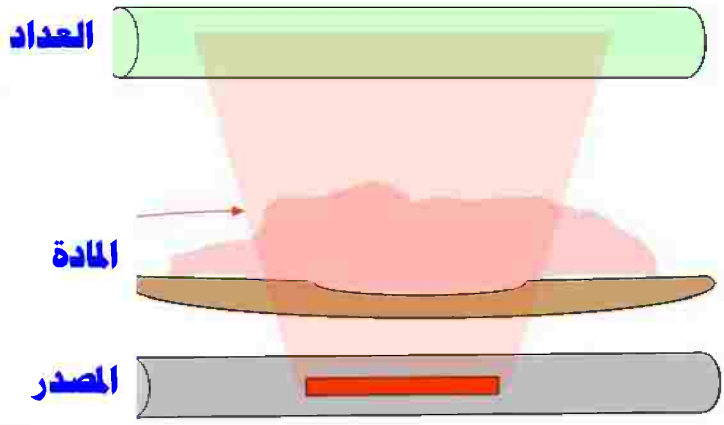


تستخدم طريقة ارتداد جسيمات بيتا كذلك لقياس سمك الطلاء إذا كانت المرحلة الإنتاجية تتيح إمكانية الوصول إلى جانب واحد دون الأخر حيث يمكن التحكم في السمك من خلال هذه العملية .يستخدم هذا النوع من القياس في قياس سمك طبقة الذهب على المواد المختلفة.الطريقة الأخرى لقياس سمك الطلاء هو توليد الاشعة السينية المتفلورة وذلك من خلال تعريض الطلاء الرقيق لأشعة سينية ذات طاقة واطئة ومن خلال قياس الاشعة السينية النافذة من الطلاء أو أن الاشعة السينية الواطئة الطاقة تتفاعل مع طبقة الطلاء مولدة اشعة سينية متفلورة يمكن الكشف عنها بواسطة العددات الوميضية 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 هـذه 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 السـيطرة. 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 الطـرف الاخـرى 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 ألنفوذي المسـتعمل للسيطرة على المواد الأولية في معمل الاسمنت لتنظيم كمية المياه المضافة لتلك المواد.شكل (٥ – ١١٢) .

شكل (٥ – ١١٢) المقياس ألنفوذي للسيطرة على المواد الأولية في معمل الاسمنت



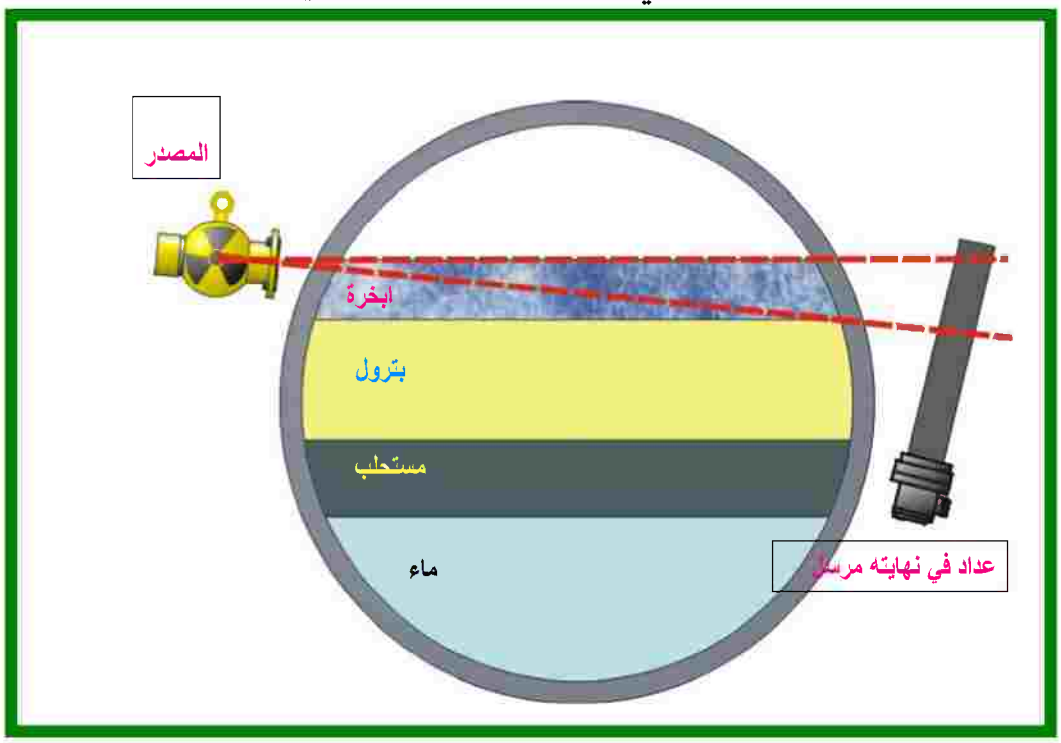
وتستخدم المقاييس النووية المحمولة في رصف الطرقات لقياس كثافة التربة او الكونكريت موقعيا من خلال قياس كثافة تربة الطريق المرصوف بالسبيس والرمل والوصول الى ضغط جيد للطريق حسب المواصفات ، يحتوي المقياس على مصدر السيزيوم الباعث لاشعة جاما. او قياس الرطوبة في التربة وسطح الاسفلت حيث يحتوي المقياس على مصدرنيوتروني من الامريشيوم –بريليـوم اساس عملة تهدئة النيوترونات المرتدة بواسطة ذرات الهيروجين من داخل التربة الحاوية علـى 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 موائـــع 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 الموائع لاتختلف 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 لقيـــاس النيوترونـــات الحرارية وهو عداد (BF_3) اوالعداد التناسبي المملوء بغازالتريتيوم (H^3) . شكل (٥ – ١٣أ) حيث ان النيوترونات السريعة التي تخترق جدار الوعاء وتمر داخل المادة ســـوف تتهـــدأ نتيجـــة 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

شكل (٥ – 12 ب) مقياس الرطوبة مقياس الكثافة

شكل (٥ – 13 أ) مقياس نووي لقياس الحدود المشتركة بين الموائع



٥ – ٧ مقياس كتلة المواد في احزمة الثقل

في هذه المقاييس يوضع مصدر باعث لاشعة جاما (Cs^{137}) وتوجه اشعته خلال المادة الموضوعة على الحزام الناقل باتجاه كاشف طويل يوضع مباشرة أسفل الحزام. ان معدل العدات التي يولدهاالكاشف هي دالة آسية (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 الآنية 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 المتفلورة .

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 التراكيزالقليلة جدا) لاي مادة في العمليات الصناعية تستخدم بعض الطرق الفيزياوية للتحليل والتي من أهمها :

١-مصادر اشعة جاما .

يستخدم مصدر من السبزيوم او الكوبلت يوضع على جانبي الوعاء وعلى الجانب الأخر 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 تهييج ذرات بعض العاصر 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 تعين تركيز المواد في المادة المحفزة. يكون الكاشف الإشعاعي المستخدم في العادة العداد ألوميضي (عداد ايوديد الصوديوم NaI(Tl)) او العداد التناسبي والذي يكون فيها مقدار نبضة الفولطية المنتقلة الى وحدة السيطرة تعتمد خطيا على طاقة الفوتونات الساقطة على الكاشف. تستخدم هذه الطريقة لتحديد عناصر المعادن موقعيا 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 لامتصاص النيوترونات الحرارية .عند دخول النيوترونات الحرارية الى مادة تحتوي عنصر البورون فان عدد النيوترونات التي يسجلها العداد التناسبي للتريتيوم (H^{3}) تتناسب عكسيا مع تركيز البورون.هذه الطريقة مهمة جدا لقياس البورون في مركبات صناعية كثيرة او البورون المضاف مع المواد المساعدة المضافة في العمليات الكيماوية.

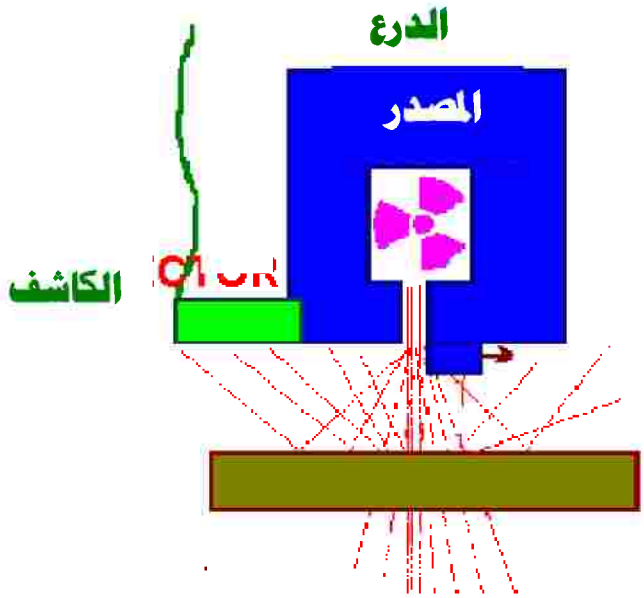
٥ – ٩ مقاييس نووية اخرى :

تستخدم في العمليات الصناعية مقاييس نووية اخرى من اهمها :

1- قيا س 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 الاشعاع المتشتت المرتد على كثافة المادة أوسمكها .فعند زيادة سمك المادة وثبوت كثافتها اوزيادة كثافة المادة وثبوت سمكها يزداد مغدل التشتت المرند 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 الكاربون

شكل (٥ - ١٣ب) مقياس نووي يعمل على اساس الاشعاع 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 فتنتج نيوترونات كما في حالة مزج Am-241 مع هدف البريليوم (Be) أو مزج Pu-238 مع هدف

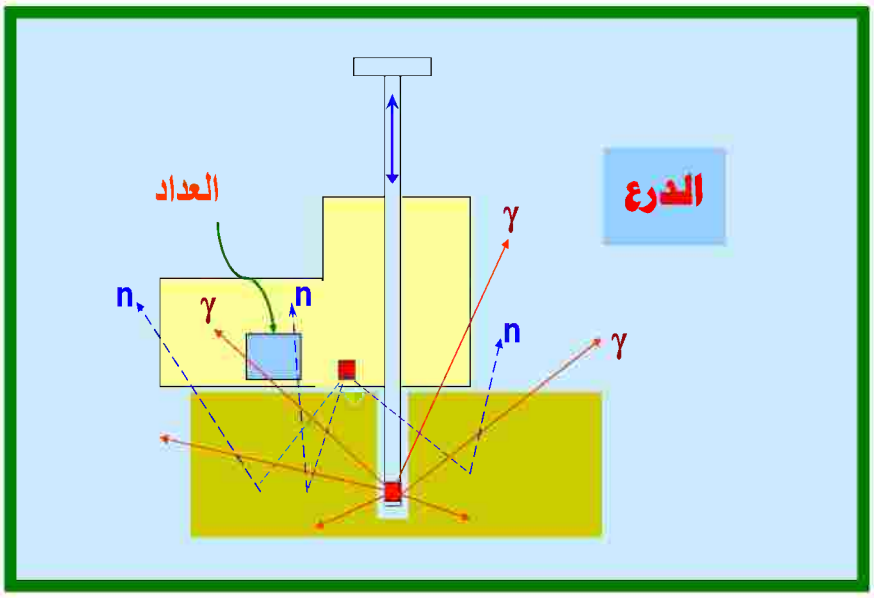
البريليوم . بعض النظائر الثقيلة تبعث نيوترونات سريعة بشكل تلقائي ومن أهمها الكالفورنيوم - 252-

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 تنبعث 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)

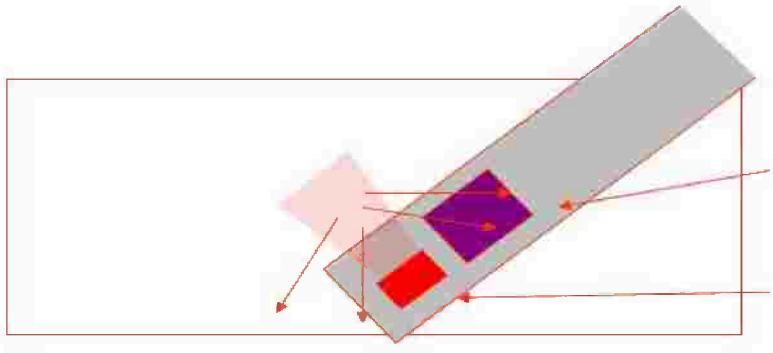
شكل (٥ - ١٤) مقياس نووي للرطوبة والكثافة. لقياس الكثافة يستخدم مصدر السيزيوم- ١٣٧ يوضع في نهاية المقياس ويخرج من الدرع ليدخل في المادة المراد قياسها . ولقياس الرطوبة يستخدم مصدر نيوتروني (Am-241- Be) يوضع في جسم المقياس وتقاس البيوترونات المرتدة المتشتتة بكاشف نيوتروني.



ب- مقياس كثافة المواد الهيدروكاربونية:

يمكن لهذه المقاييس التحري عن الروابط الهيدروجينية في المركبات الهيدروكاربونية حيث يمكن قياس ارتفاع و كثافة الماء، الهيدروكاربون (الزيوت) و الأبخرة في أوعية تصنيع المواد الهيدروكاربونية 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 للصخور التي يصنع منها الإسمنت فإن النيوترونات السريعة المنبعثة من الكالفورنيوم تمتص بواسطة الصخور المتنقلة في الحزام و تتحول إلى نيوترونات حرارية تتفاعل هذه النيوترونات مع مكونات الصخور باعثة أشعة جاما بطاقات تختلف باختلاف العناصر المكونة للصخور 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 الواطئة للهيدروجين أو 38 مايكرو غرام من الكالفورنيوم نشاطه الإشعاعي 22 ملي كيوري للمواد ذات الكمية الكبيرة من الهيدروجين ومن مساوئ 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 \ ساعة عند أقرب نقطة من المصدر و تكون الجرعة أقل من 0.005 ملي ســيفرت\ 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 الواطئة للهيدروجين شكل (٥ -٦ ١)

شكل (٥ - ١٦) مقياس نووي يستخدم في احد مصانع الاسمنت

د- مقاييس 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:

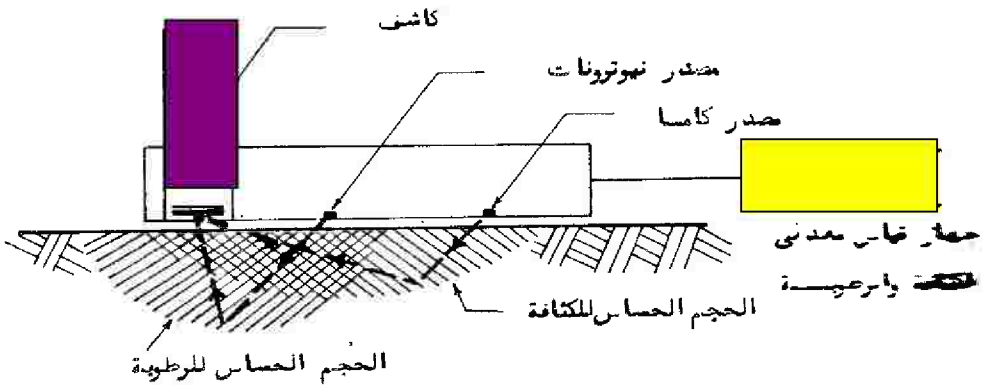
الأول: **المقياس السطحي**:

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:

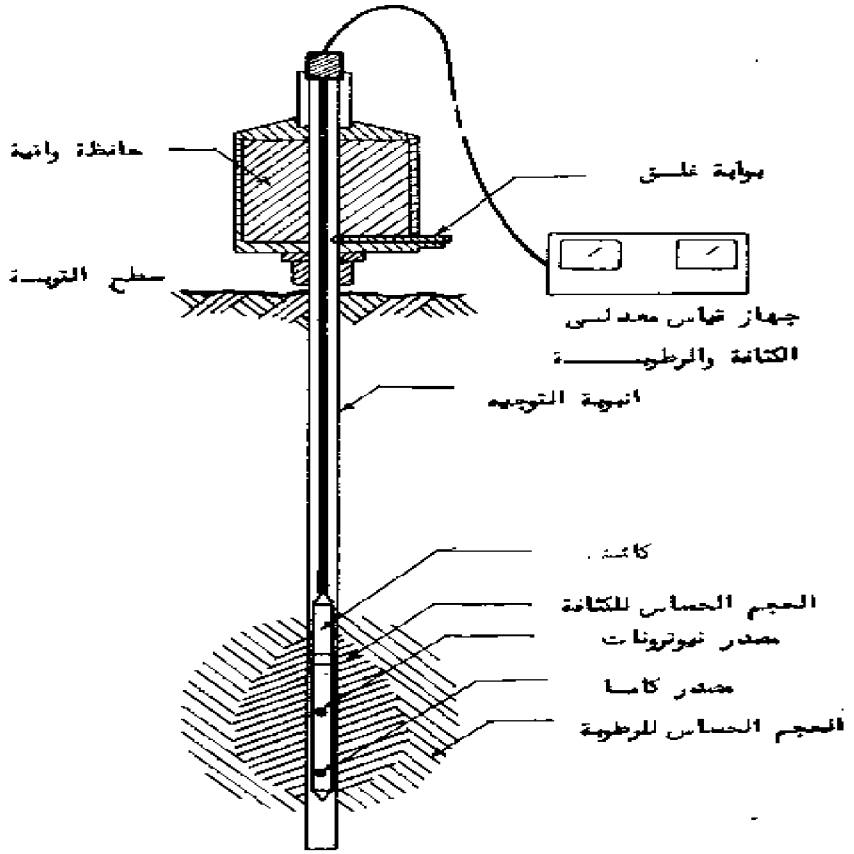
مقياس يدخل إلى داخل المادة أي يغمر في التربة لقياس الرطوبة و الكثافة معاً حيث يحتوي مصدران أحدهما مصدر للنيوترونات السريعة والآخر مصدر لأشعة جاما وعداد نيوتروني للكشف عن النيوترونات السريعة و الدالة على نسبة الرطوبة و عداد وميضي لقياس أشعة جاما بعد توهينها للدلالة على كثافة التربة وقد يمكن قياس الكميتين بمقياس واحد فقط . شكل (٥ – ٨ ١) 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 (Cs -137) المستخدم لقياس الكثافة والعداد الآخر هو عداد الديتيريوم (^{3}H) المستخدم لقياس العد من مصدر ($^{241}Am / Be$) المستخدم لقياس الرطوبة (M).يوضع مصدرا الكثافة في قضيب المصدر والذي يمكن توجيهه بأعماق مختلفة من المادة.عندما يوضع المصدر في الموقع المراد فحصه فأن كل منظومة تقوم بالعد. هذه العدادات تستخدم لقياس الكثافة الرطبة والرطوبة.

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



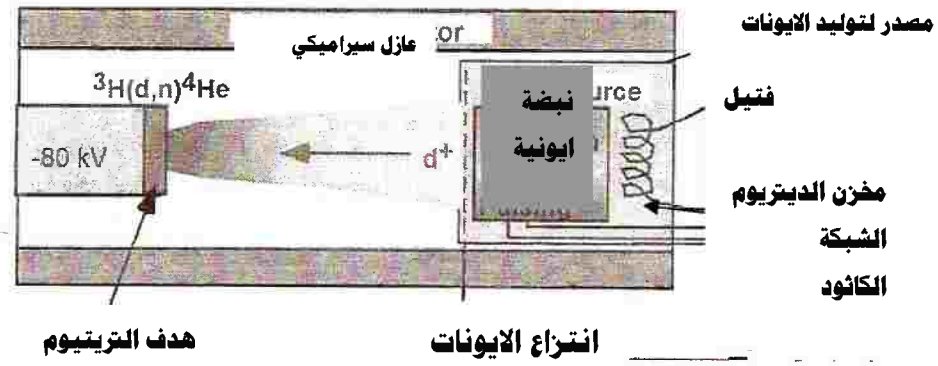
كل من الكثافتين W_D , M تستخدمان لقياس الكثافة الجافة ونسبة الرطوبة في المادة M% .جميع مصنعي هذه الأجهزة يقومون بتعيير (Calibrate) المقياس قبل استخدامه من قبل الزبائن .

نستخدم منظومة جديدة لتوليد النيترونات 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

$$^2_1H + ^3_1H \qquad ^1_0n + ^4_2He$$

تتولد نيترونات سريعة ذات طاقة 14 Mev لها القابلية العالية للاختراق أما جسيمات ألفا(^4_2He) فإنها تمتص داخل المولد النيتروني كما في الشكل (٥ – ٩ ١).

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 لايبقى فترة طويلة أو يكون غير دقيقاً للاسباب 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 عدات مصدر التعيير غير صحيحة ، ويحصل ذلك لأن المصادر النفطية للتعيير تنحل بعد فترة من الزمن يعتمد على عمر النصف.
- اختلاف درجات الحرارة التي يتعرض لها المقياس .

يوضح الجدول(٥ – ١) خلاصة لااهم المقاييس النووية المستخدمة في الصناعة

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

نوع المصدر	الإشعاع	التطبيق
^{90}Y / ^{90}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 السميكة
الكوبلت– 60	γ	ارتفاع ، كثافة ، محتوى المواد في الأفران
أمريشيوم/ بريليوم	نيوترون	معرفة الهيدروكاربون 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 التكنلوجيا النووية في صناعة النفط والغاز .

تستخدم التكنلوجيا النووية بشكل واسع في الصناعة النفطية والغاز حيث ان أي مقياس يحتوي غالبا على مصدر أو اكثر من السيزيوم ١٣٧ (النشاط الاشعاعي يصل إلى ٥– ١٠٠ كيكا بيكرل) وكاشف اشعاعي . طريقه نفوذ الاشعة للمقاييس شائعة الاستخدام بدلاً من طريقه قياس الأشعة المرتدة من المادة حيث أن المصدر في هذه الحاله يكون داخل وعاء محكم من الحديد أو الرصاص قطره حوالي ٣٠ سم يثبت على الخزانات أو أنابيب النقل . شده الإشعاع الواصل إلى الكاشف في الجهه الاخرى من المصدر يعتمد على كثافه محتويات ذلك الخزان أو الأنبوب . واذا كانت الخزانات أو الانابيب سميكة وكثافة المادة داخلة 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 تحذيريه من الإشعاع واضحة ومرئية حتى ولو كانت موضوعة على ارتفاعات عاليه. ويجب ان يثبت الوعاء مع جدران الاوعية والانابيب بطريقه دقيقه بحيث لايترك 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 (Am-Be 241) يستخدم للكشف عن وجود الماء الذي قد يتواجد بين أنابيب نقل النفط والغاز والعازل الموجود بينهما. حيث ان النيترونات السريعة المنبعثة من المصدر فإنها تهدا (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 لايحصل تأكل للانابيب الناقلة . تستخدم بعض المقاييس النووية المتنقلة لقياس دقه جوانب الانابيب حيث يوضع مصدر من (Cs-137) وكاشف على جانبي حلقة تدور بسرعه عاليه حول محور كل انبوب يمر عبر هذه الحلقه لمعرفه دقة تصنيع الانبوب وتحمله لدرجات الحراره والضغط لأنابيب النفط والغاز الداخلة في الابار. ومن اهم التطبيقات النووية المستخدمة في اكتشاف النفط والغاز هي **اجهزة سبر الابار** (**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 للتنقيب 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 **N, M, A** والتي تنزل إلى أعماق البئر ويمر التيار من القطب **A** ولقياس الجهد الكهربي 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 تماماً 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 الفوق 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 الابار 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 .بالاضافة للطرق النووية استخدمت طريقة لاتستخدم الاشعاع 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 **O، H** للماء و**H,C** للهيدروكاربونات 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 نعتمد 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:-

ا - 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 البئروهذة 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 لاينقطع عن الذراع المعلق بة .شكل (٥ – 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 بة كبيرا وضياعة داخل البئروالذي يتطلب جهود كبيرة لااصطيادة 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 التربه، والتي تغذى إلى احهزة على سطح البئر لإيجاد العلاقة بين خواص التربة ووجود الغاز أو النفط.

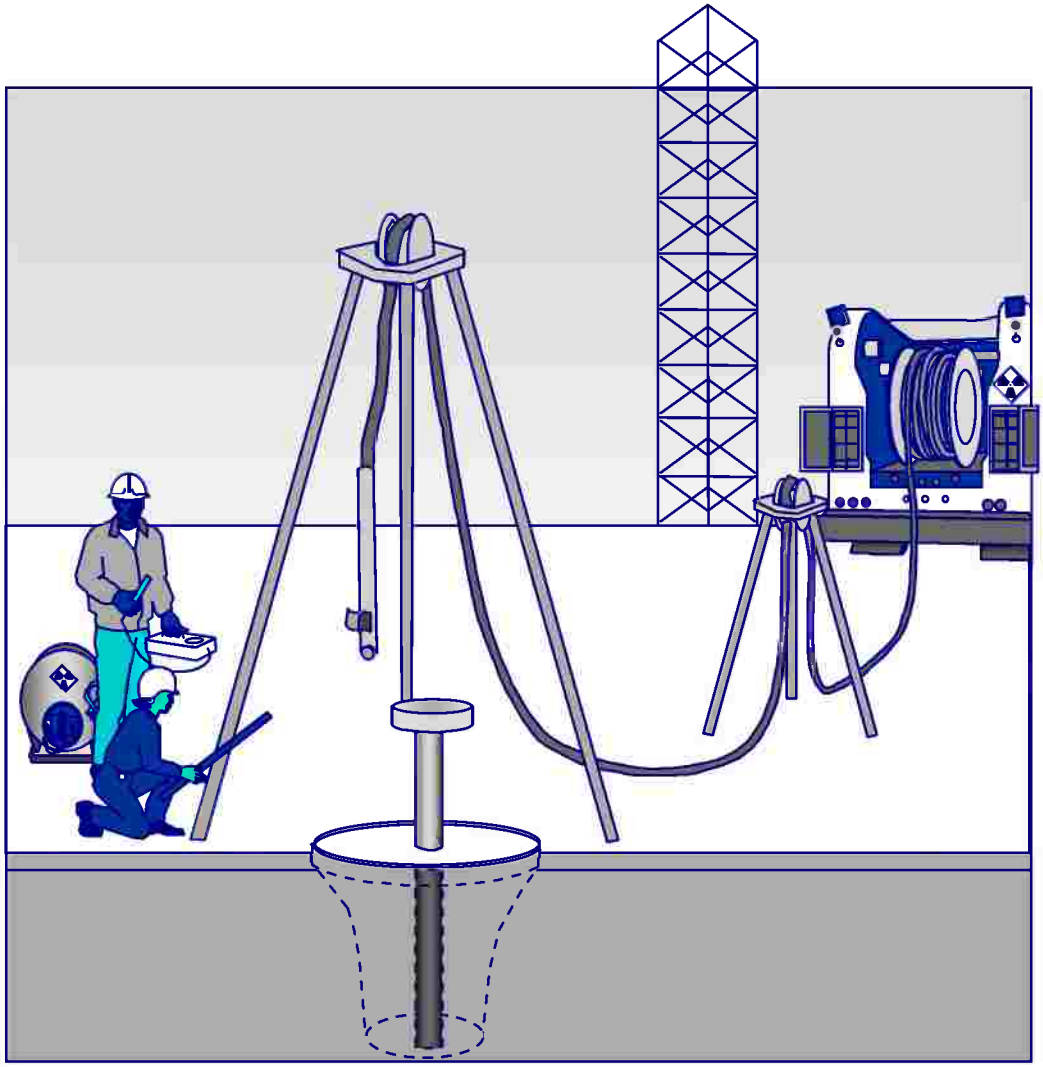
توجد أربع انواع من مقاييس سبر الابار المتعارف عليها هي :

١ - قياس اشعة جاما الطبيعية:

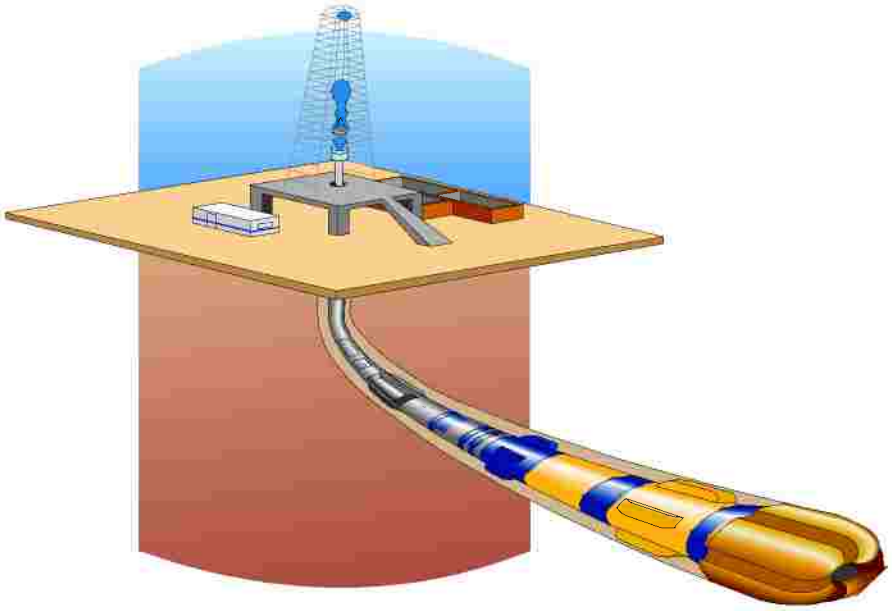
في هذه الطريقة يقوم الكاشف بقياس تركيز العناصر المشعة الطبيعية الباعثة لأشعه جاما في الصخور لغرض معرفة الطبقات الجيولوجية وتزود الجيولوجي بالمعومات عن تراكيز اليورانيوم والراديوم ونتائج انحلالهما وكذلك البوتاسيوم– 40 وهذه القياسات لاتتضمن التمييز بين النظائر المشعة وانما قياس النشاط الاشعاعي الكلي لأشعه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

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

شكل (٥ – ٢٠) سبر الابار في نوع الحفر والتوقف



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

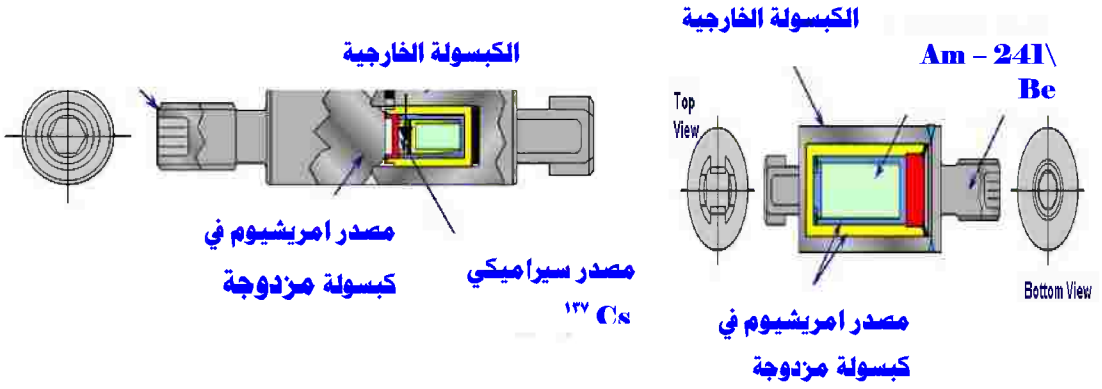


شكل (٥ - ٢٢) سبر الابار لقياس اشعة كاما الطبيعية

٢ - قياس النيوترونات:

يتم في هذه الطريقة ترتيب المصدر النيوتروني والعداد بحيث يكون العـد النـاتج كدالـه لكميـه الهيدروجين في المسامات الصخرية ويستخدم بشكل كبير في الكشف عن المياة لاحتوائهـا علـى الهيدروجين.النشاط للمصدرالنيتروني يتكون من بضع مئات من الجيجا بيكرل من الامريشـيوم- 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 التـي تهـدئ النيوترونـات 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 النيـوتروني اصـغر 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 :

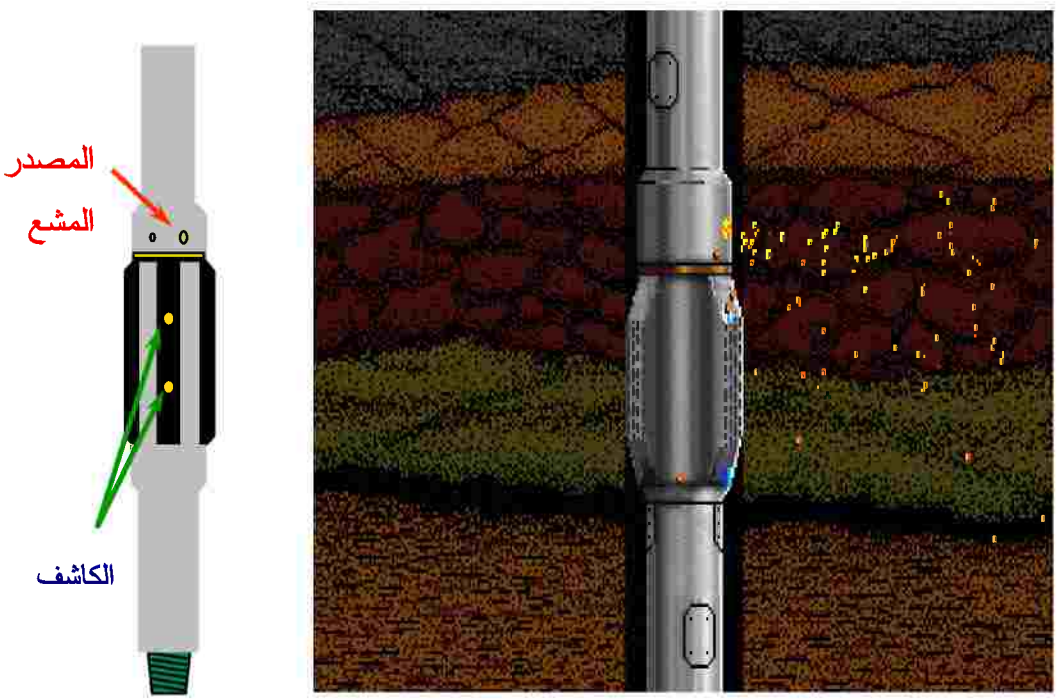
وفي هذه الطريقة نستخدم مصدر من السيزيوم –137 أوالكوبلت –60 وكاشفين للإشعاع. أشـعة جاما المنعكسة عن التركيبات الجيولوجية للصخور المختلفة داخل البئر تقيس الكثافة و النفوذية على التوالي.وهذه القياسات تشير إلى وجود الغاز أولاً، و يكون الكاشف نوع NaI(Tl) و الذي يدرع باستخدام شبكه معدنية أو قطعة رصاصية. شكل(٥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

٤- تقانة نيوترون – جاما :

وفي هذه الطريقة نستخدم معجل خطي (linear accelerator) يحتوي على هدف التريتيوم (H^3) و الباعث لجسيمات بيتا ذات الطاقة الواطئة. عندما تسلط فولطية عالية (80 kV) تتعجل ذرات الديتريوم (H^2) و التي تقصف ذرات التريتوم 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 سبرالابار في السنوات الاخيرة من خلال استخدام الحاسب ومعادلات بولتزمان ومقدار المقاطع العرضية للنيترونات أو أشعة جاما للعناصر المختلفة وأن تفسير المعلومات ليس بالأمر السهل لأن المعلومات ذات أبعاد وأطوار ثلاثية ولكن باستخدام برامج مونتي كارلو (شكل ٥ –٥ ٢) . تم التغلب على هذة المعضلات

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

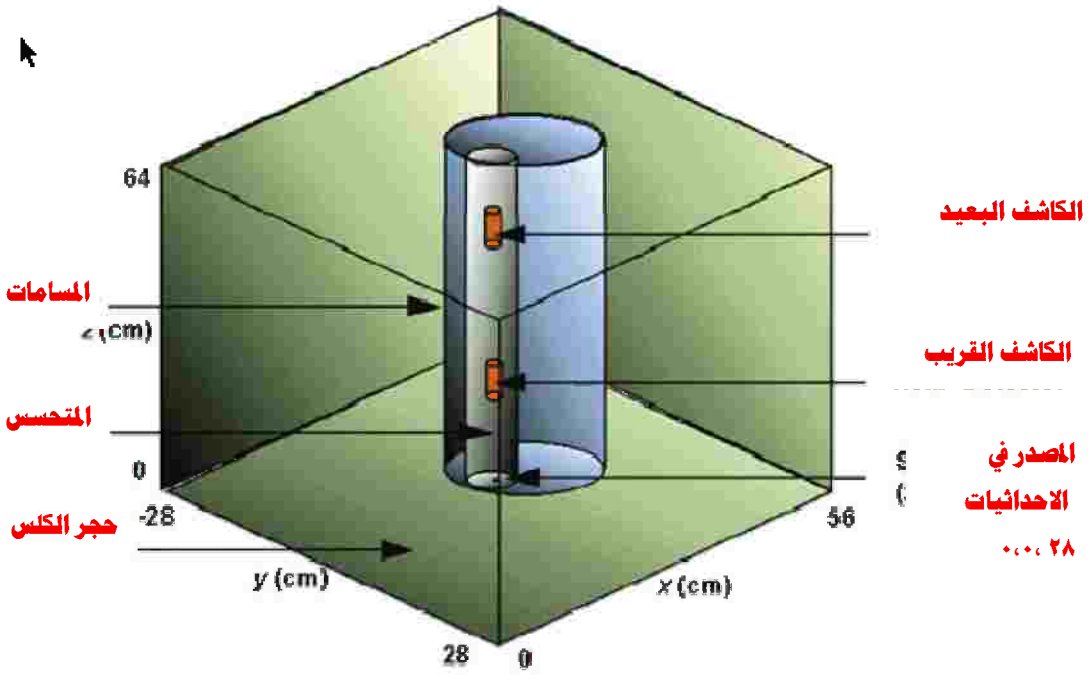


و يمكن توضيح المصادر المشعة و الكواشف المستخدمة في سبر الابار جدول (٥ –٢) .

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

الطريقة	المصدر المشع	الكاشف	القياس
أشعة كاما	ـــــ	كايكر وعداد NaI (Tl)	الطـــين و محتـــوى الطبقات
جاما – جاما	Co- 60 ، Cs-137	كايكر وعداد NaI (Tl)	النفوذية
نيوترون	Am- Be, Pu-. Be Cf-252,	كايكر وعداد NaI (Tl)	الهيدروجين
نيوترون جاما	Am Be, Cs-137	كايكر وعداد NaI (Tl)	مستوى المياه

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



٥– ١٢ تعيير وامان المصادر المشعة لسبر الابار.

١ – تعيير مصادر السبر المشعة

يتم تعيير مصادر جاما والمصادر النيوترونية باستخدام منظومة تعيير مركزية قبل استخدامها في عملية السبر. يتم نقل المصادر النيوترونية ومصادر جاما لسبر الآبار باستخدام عمود طويل إلـــى داخل منظومة التعيير أو ان منظومة التعيير توضع عليها شكل (٥ – ٢٦).

شكل (٥ – ٢٦)عملية وضع المصادر المشعة لسبر الابار خلال عملية التعيير

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

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

شكل (٥ – ٢٧ ا) منظومة التعييرتتكون 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 «يرغي» 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 مؤبنة. 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 كيكابيكرل 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 (IS0) 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 لخزن 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 مسددات من الرصاص لتحديد اتجاه حزمة الاشعاع 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 جرع 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 جرع عالية وخاصة عند عدم استخدام أجهزة المسح الإشعاعي بشكل صحيح.

٣ -فقدان المصدر:

توجد احتمالات كبيرة لفقدان مصادر السبر المشعة ومن اهم الاحتمالات:

ا – فقدان المصدر إثناء 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 دقيق كما في الجدول (٥ – ٣) لمنع حصول حوادث

التعرض المهني أو تصريف بالنسبة للمصادر المستخدمة في المنصات البحرية فان 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 المصـــدر. المصادر اليتيمة **(Orphaned)** تعتبر من المصادر ذات المخاطر الكبيرة على الجمهور والأفراد اللذين يقومون بإخراجها عن الحاوية. وتكون الخطورة اكبر عندما يكون المصدر مع السكراب من اجل عملية التدوير.

جدول(٥ - ٣) حركة المصادر المشعة

الشركة	تـــــاريخ وصـــــول المصدر	نـــــــوع المصدر	النشـــــاط الإشعاعي	الحالـــــة الفيزيائية	التسلسلي الرقم	موقـــــع الخزن	تـــــاريخ الخزن

يمكن تجنب المخاطر لفقدان المصدر باتخاذ بعض الاحتياطات. وذلك بوضع خيمة حول معـــدات السبر أو سلسلة تربط المصدر مع معدات السبر الأخرى وذلك يقلل من احتمال ســـقوط المصـــدر 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 أنحسارة (يعلق) **(snagged)** داخل فتحة في البئر. وعنـــدما يعلـــق المصدر فان المرخص له يجب عليه إخبار السلطة الرقابية وتقديم كل الإمكانيات من اجل إخراج المصدر من داخل البئر. وهناك شركات متخصصة من اجل إعادة المصادر المشعة واصـــطيادها **(fishing)** من داخل البئر باستخدام معدات خاصة بذلك. ومن المهم عدم الإخلال بتعبئة المصدر داخل غلافه نتيجة لعملية الإعادة. لان 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 فـــي الســـوائل

الراجعة من داخل البئر ،وطاقة الإشعاع، ونوعه .وعند أي زيادة للنشاط الإشعاعي في السوائل يتم إيقاف العمل فورا و تقوم الشركة المختصة ومالك البئر وشركة التنقيب باعلام السلطات الرقابية عندما تفشل عملية صيد المصدر واخذ 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 وخزنه مصممة لإعطاء التدريع 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 التدريع للحاوية.

ب- الرصد الإشعاعي وقياسات 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 دائمي داخل درع واقي يمكن استخدامه وهو في 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 في موقعها الصحيح لتتمكن من أداء مهمتها بأمان.
٤- معدل الجرعة الإشعاعية	عندما يكون المصدر مغلقاً فأن معدل الجرعة يجب ان لايتجاوز ١- 500 µ Sv/h عند نقطة تبعد 5سم من السطح الخارجي للدرع الواقي. ٢- 10 µSv/h عند نقطة تبعد 1م من الدرع الواقي.
٥- الإشارات التحذيرية	الدرع الخارجي للمصدر المشع المغلق يجب أن توضع عليه العلامات التحذيرية التالية: ١- العلامة التحذيرية للإشعاع وتكون سوداء على أرضية صفراء ٢- علامة (أحذر) ٣- كلمة أحذر من الإشعاع .
٦- المعلومات (Label)	يجب وضع المعلومات التالية على السطح الخارجي للمصدر: ١ اسم و عنوان المصنع ٢- كتابة رقم الوعاء ٣- نوع المادة المشعة /نشاطها الإشعاعي أو تاريخ الإنتاج. معدل الجرعة المعطى على بعد ١م من سطح المصدر
٧- المغلاق.	يجب إغلاق الفتحة عند الصيانة أو خزن المصدر