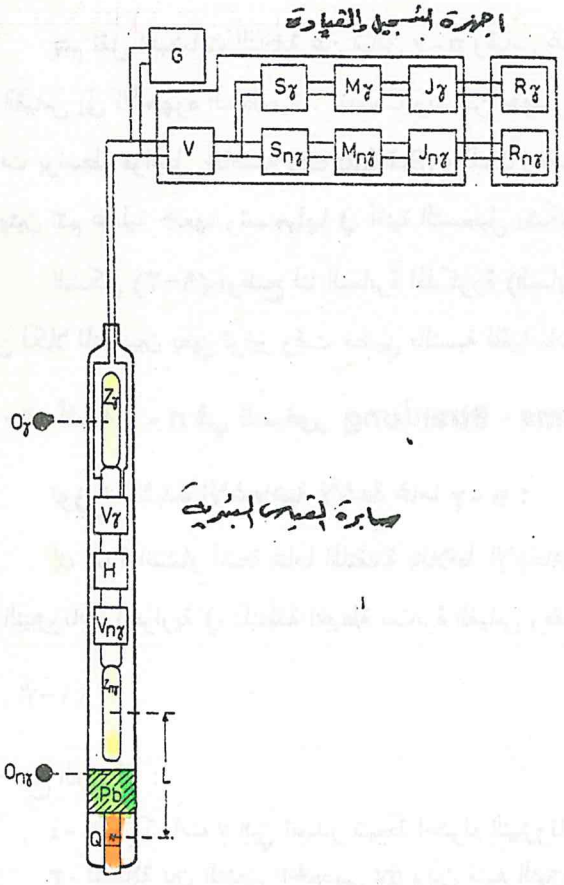
الفصل الرابع

٣-٤ قياس نيترون - غاما :

٣-٤-١ سابرة قياس نيترون - غاما :

من أجل التقاط أشعة غاما المرتدة بعد اصطدام النيترونات مع ذرات الوسط ، يتم استخدام نفس اللاقط المستخدم في قياس غاما الطبيعية، حيث يتم استخدام سابرة قياس غاما والتي تُعدل قليلاً بحيث يوضع في القسم السفلي منها منبع للنيترونات يمكن التحكم به ومفصول عن اللاقط الإشعاعي بواسطة حاجز من الرصاص وذلك لمنع وصول أشعة غاما الصادرة من المنبع النيتروني إلى اللاقط الإشعاعي الشكل (٣-٩) يمثل السابرة النموذجية .



Z- لاقط إشعاعي (زجاجة العد) .

H- مولد الجهد العالي

V- مضخم .

S- مصفاة .

M- مضاعف الاهتزاز

I- مكمل .

R- جهاز التسجيل .

G- تغذية التيار المستمر للسابرة .

O- نقطة القياس .

شكل ٣-٩: المخطط التوضيحي للجهاز المزدوج والذي يقيس أشعة غاما وأشعة نيترون - غاما بشكل متوازي. -

في الحالة العامة يتم إجراء القياسين (قياس غاما الطبيعية و قياس نيترون ـ غاما) بنفس السابرة السابقة وذلك بأن يتم القياس الأول بدون استخدام المنبع النيتروني والذي يمكن التحكم به كما أشرنا أعلاه ، أويتم إجراء القياسين بواسطة سابرة مركبة تجمع السابرتين معاً ويتم إجراء القياس بشكل متوازي . تحتوي السابرة المذكورة في جزئها السفلي على منبع للنيترونات وعلى لاقط لأشعة γ الناجمة عن تصادم النيترونات مع نوى الذرات المشكلة للصخور .

أما الجزء المتوسط منها فيشكل القسم الإلكتروني (مولد الجهد العالي ، مضخم أو مقوي) . أما الجزء العلوي والذي يبعد حوالي 2m عن المنبع النيتروني فيشكل لاقط لأشعة غاما الطبيعية .

يتم نقل النبضات الناجمة عن قياس γ - n وقياس غاما الطبيعية بقطبية متعاكسة عبر كابل القياس إلى الأجهزة السطحية . بعدها وضمن جهاز العد Detector يتم فصل هذه النبضات بواسطة فواصل خاصة (Selektoren) وذلك وفقاً لقطبيتها ويتحول إلى إشارتين متشابهتين تتم عملية جمعها وتسجيلها في أقنية التسجيل بشكل مستقل كلٍ عن الأخرى .

الشكل (٣-٩) يوضح لنا السابرة المذكورة (السابرة + الإضافات) . إن التسجيل المتزامن لكلا المنحنيين يعني توفير وقت مضني بالنسبة للقياسات الإشعاعية المملة .

٣-٤-٢ أشعة γ - n في الصخور Neutron - Gamma - Strahlung :

توزع الشدة الإشعاعية لأشعة غاما γ - n :

إن شدة انتشار أشعة غاما الملتقطة باللاقط الإشعاعي ترتبط ارتباطاً وثيقاً مع توزع كثافة النيترونات الحرارية في المنطقة المحيطة بسابرة القياس وفقاً للعلاقة التالية :

$$I_{n\gamma} = i\int N(r)\frac{e^{-\mu x}}{4\pi x^2}dv \qquad ٣-١١$$

- مع العلم أن :

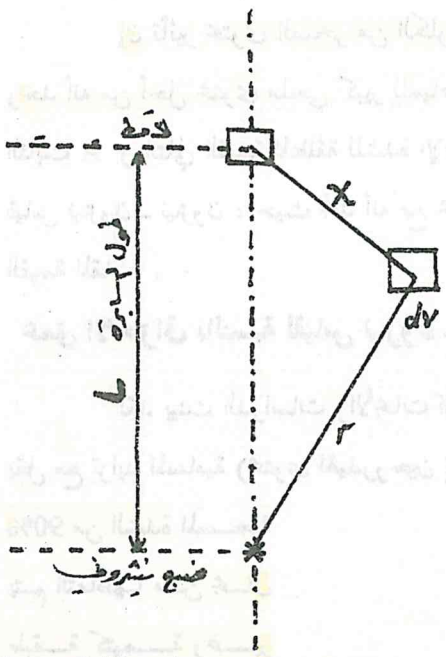
i - عدد كمات γ التي تصدر نتيجة احتواء النيترونات .

r - المسافة بين العنصر الحجمي dv وبين منبع النيترونات .

x - المسافة بين العنصر الحجمي dv وبين اللاقط .

كما في الشكل (٣-١٠) .

إن الشدة الإشعاعية المسجلة لأشعة n-γ على مسافة L من منبع النيترونات والتي تتعلق بشكل متشابه بكل من طول السابرة ومحتوى الصخر من الهيدروجين ، يمكن أن تظهر لنا بالنسبة لكثافة معينة من النيترونات الحرارية أن هذه الشدة n-γ تتزايد مع تزايد محتوى الهيدروجين وطول قياس L صغير ، بينما تتناقص مع تزايد طول سابرة القياس . فمن أجل طول سابرة قياس محددة نجد أن هذه الشدة الإشعاعية n-γ لاتتعلق فقط بالخصائص التخامدية والفرملة للنيترونات من قبل الصخور وإنما أيضاً بعدد أشعة غاما التي تصدر عن عملية الإحتواءل n-γ وأيضاً بالخصائص التخامدية μ لأشعة γ هذه من قبل هذه الصخور . وبما أن كمية الطاقة والشدة لأشعة n-γ والتي تصدر من عناصر مختلفة بسبب الإحتواء غير متساوية كما لاحظنا ذلك في الجدول (٣- ٥) ، فإن التركيب الكيميائي للصخر وبشكل خاص محتواه من الكلور الموجود في المياه الطبقية سوف يكون له تأثير كبير جداً على قيمة القياس .



شكل ٣-١٠ : وفق المعادلة (٣-١١)

العلاقة ما بين الشدة الإشعاعية لـ n-γ وبين كل من طول سابرة القياس والمسامية :

إن الشدة الإشعاعية $I_{n\gamma}$ (باستثناء سوابر القياس الصغيرة) يمكن أن تعطى وفق العلاقة التقريبية التجريبية التالية :

$$I_{n\gamma} = A.e^{-\alpha L} \qquad ٣-١٢$$

حيث أن : A - ثابت يتعلق بنشاط منبع النيترونات وبالتركيب الكيميائي للصخر (محتوى الصخر من العناصر ذات المقطع الفعال الكبير لتفاعلات n-γ وبشكل خاص محتوى الكلور) .

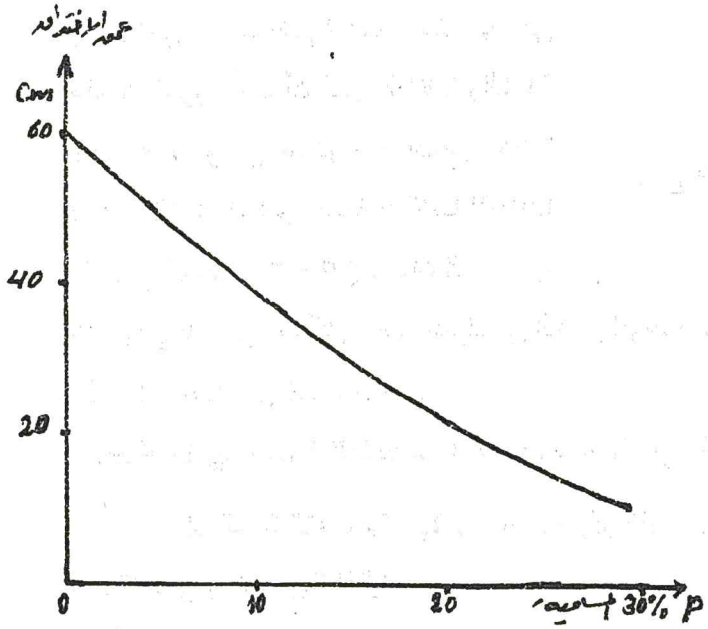
L - طول سابرة القياس .

α- معامل الامتصاص الفعال للنيترونات وهي تتعلق بمحتوى الهيدروجين وبالتالي تتعلق بكل من المسامية وبالخصائص التخامدية أي بمحتوى الصخر من الكلور .

إن تأثير محتوى الصخر من الكلور على المعامل α قليل نسبياً ويمكن إهماله ، حيث وجد أنه من أجل محتوى ملحي كبير للمياه الطبقية فإن المعامل α يبقى نفسه ، وبالمقابل فإن الثابت A وبالتالي القيمة المطلقة للشدة الإشعاعية المسجلة سوف تكون كبيرة بالمقارنة مع قياس نيترون - نيترون ، حيث نجد أنه مع محتوى عالي للملح سوف يترافق بانخفاض كبير في القيمة المقاسة .

عمق الاختراق بالنسبة لقياس نيترون - غاما :

لقد بينت الدراسات والأبحاث التجريبية على أن عمق اختراق قياس نيترون — غاما يقل مع تزايد المسامية (محتوى الهيدروجين) للصخر . فمن أجل بئر ذي قطر 15 cm نجد أن 90% من الشدة المسجلة يتم التقاطها من مجال طبقة كتيمة وغير مسامية، حيث نجد أن عمق الاختراق يصل حتى 60cm ، بينما نجد أنه في حالة طبقة مساميتها 30% أن عمق الاختراق سوف ينقص إلى 18cm كما هو ملاحظ في الشكل (٣-١١) .

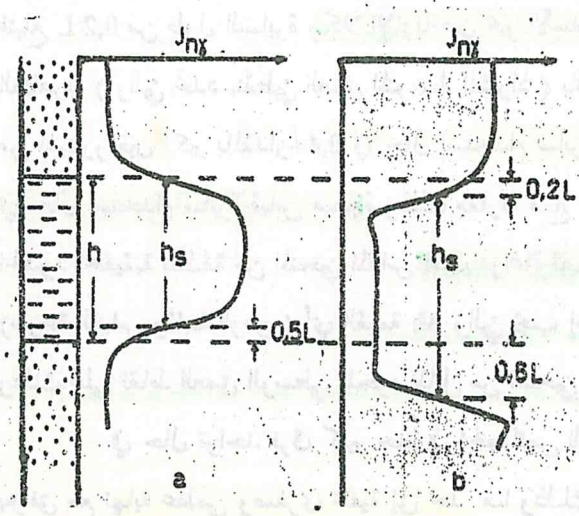


شكل ٣-١١: عمق اختراق قياس N-γ بالعلاقة مع المسامية p وفق شلومبرجير. ١٩٥٨

٣-٤-٣ منحني نيترون - غاما Neutron - Gamma - Kurve :

شكل المنحني الناتج عن القياس :

إن شكل منحني نيترون - غاما يعكس محتوى الطبقة من الهيدروجين وبالتالي مسامية الصخر ، وكذلك نسبة المواد ذات مقطع الاحتواء الكبير بالنسبة للنيترونات . وقد وجد بالتجربة أن إشارة المنحني (سالبة أو موجبة) يتبع طول سابرة القياس . كما نجد أنه من الأمور المميزة للمنحني وجود تحول أو تغير لهذا المنحني وكذلك الانحدارات عند حدود الطبقات .



شكل ٣-١٢ : صورة منحني نيترون ــ غاما مقابل طبقة حاوية على كمية عالية من الهيدروجين وذلك من أجل سابرة قياس a صغيرة وسابرة قياس b كبيرة "وفق داخنوف " .

أما بالنسبة لنقطة القياس فتحدد وفقاً للمنابع النيترونية أو تحدد وفق القاعدة الأساسية المتبعة في القياسات الإشعاعية وهي منتصف المسافة مابين اللاقط الإشعاعي والمنبع النيتروني ، والقاعدة الأخيرة هي المستعملة على الأغلب .

بالنظر إلى الشكل (٣-١٢) نجد أن هناك انزياحاً في النقطة الواقعة على منتصف القسم المائل (نقطة الانعطاف) والتي من المفترض أن تكون مقابل حدود الطبقة ، هذا الانزياح لوحظ مقابل طبقات سميكة ذات خصائص نيترونية معينة وذلك في حال سماكة الطبقة أكبر من طول القياس بثلاث مرات (h>3L) وباستخدام سرعة قياس صغيرة جداً أي $v\tau \to 0$.

هذا الانزياح في نقطة الإنعطاف وجد أنه يتبع طول السابرة من ناحية قيمته واتجاهه. وبالرجوع إلى المثال العملي الملاحظ في الشكل (٣-١٢) نجد أن هذا المنحني مقابل

الطبقة ذات المحتوى الكبير من الهيدروجين (γ-n) ، وباستعمال سابرة قياس صغيرة ، نجد أن قيمة الانزياح بالنسبة للحد السفلي للطبقة يكون باتجاه الأعلى ويساوي 0,5 L من طول السابرة أما مقابل الحد العلوي للطبقة لانجد أية إزاحة في نقطة العمق الوسطي (Halbwerts-teufe) . أما في حال استعمال سابرة قياس طويلة (شواذ إشعاعي قليل) نجد أن الإزاحة بالنسبة إلى الحد السفلي للطبقة تبلغ 0,6 L من طول السابرة ، بينما في الحد العلوي للطبقة فتبلغ 0,2 L من طول السابرة وكلا الإنزياحين نحو الأسفل . يلاحظ أيضاً أن سماكة الطبقة الظاهرية (والتي تحدد بنقطتي العمق المتوسط للشواذ) بالنسبة لطبقة حاوية على نسبة كبيرة من الهيدروجين أكبر بالمقدار 0,4 L في حال استخدام سابرة قياس كبيرة وأصغر بمقدار 0,5 L في حال استخدام سابرة قياس صغيرة وذلك مقارنة مع سماكة الطبقة الحقيقية . عند تحديد الحدود الحقيقية للطبقة من المنحني المقاس يجب مراعاة تصحيحة الانزياح الناجمة من الجداء v.τ (سرعة القياس وثابتة الزمن) أي القيمة Δh والتي يجب إضافتها وذلك في اتجاه حركة السابرة وذلك على نقاط العمق الوسطي للجزء المائل من المنحني . لاحظ الشكل (١ -١٢) .

في حال تواجد فرق كبير جداً في الخصائص النيترونية لطبقتين متتاليتين نجد أن ذلك يترافق مع نهاية عظمى وصغرى مخفية إلى حد ما وذلك عند الحد السفلي للطبقة ، وهذه النهايات تكون ضعيفة جداً إلى حد لايمكن تمييز التحول الناجم عن هذه الحالة .

تأثير أشعة غاما الطبيعية والأشعة المبعثرة الناتجة عن المنبع النيتروني :

إن أشعة غاما المسجلة بقياس نيترون ـ غاما هي حاصل جمع المصادر التالية :

١-أشعة غاما الناتجة عن احتواء النيترونات من قبل نوى الهيدروجين في الصخر ، وفي سائل الحفر ، وفي مواسير التغليف ويرمز لها ب ($I_{n\gamma}$) .

٢-أشعة غاما الطبيعية الناتجة عن الصخور (I_γ) .

٣-أشعة غاما الناتجة عن المنبع النيتروني والمنتشرة في الصخر ، وفي سائل الحفر ، وفي مواسير التغليف ويرمز لها بالرمز ($I\gamma\gamma$) .

٤-التأثير الصفري Zero effect ويتألف من أشعة غاما الصادرة عن المنبع (γ-n) والمنتشرة عبر الجدران وداخل السابرة ، وأشعة غاما التي تصل مباشرة من المنبع النيتروني وكذلك التأثير الصفري للالتقاط الإشعاعي ويرمز لهذا التأثير بـ (I_0) .

إن ما يهمنا في قياس نيترون ـ غاما هو معرفة أشعة غاما الناجمة عن احتواء النيترونات من قبل نوى الهيدروجين . أما بقية المركبات والتي ذكرناها أعلاه فهي تؤثر بشكل سلبي على نتائج القياس ويجب إبعادها أو طرحها من القيمة المقاسة وأحياناً يمكن إهمالها في حال كون القيمة المقاسة صغيرة إلى حد كافٍ .

في حال استخدام سابرة قياس صغيرة في قياس نيترون ـ غاما ومنابع نيترونية نشيطة جداً فإن قيمة شدة إشعاعات غاما الطبيعية المسجلة ، قياساً بالقيمة $I_{n\gamma}$ هي قليلة جداً ويمكن إهمالها .أما في حال استخدام سابرة قياس طويلة ومنبع نيتروني ضعيف النشاط فإن الذي يتم تسجيله في هذه الحالة هو منحني إشعاع غاما الطبيعي (I_γ) والذي يمكن طرحه من منحني نيترون ـ غاما بعد الأخذ بعين الاعتبار حساسية اللواقط المستخدمة في سابرة القياس (وبهذا الشكل نتخلص من تأثير إشعاع غاما الطبيعي) .

أما بالنسبة للتأثير الصفري Zero effect فإنه بشكل عام لايزيد عن 1-2% من شدة أشعة ($n-\gamma$) المسجلة بالقياس ويتناسب طرداً مع فعالية المنبع النيتروني ويمكن اعتباره قيمة ثابتة . إن إجراء تصحيحة التأثير الصفري بالنسبة لقياس نيترون ـ غاما صعب للغاية وغير ضروري في معظم الأحيان .

بالنسبة لأشعة غاما المبعثرة والناتجة عن المنبع النيتروني والتي تتعلق بكل من كثافة الصخور من جهة وقطر البئر من جهة أخرى ، يمكن حسابها بشكل صحيح إلى حد ما باستخدام سابرة قياس صغيرة . ومن أجل الحصول على تفسير دقيق لمنحني القياس يتطلب معرفة هذا التأثير بشكل دقيق . كذلك يمكن الحصول على قيمة شدة أشعة غاما المبعثرة بإجراء عملية المقارنة(نيترون ـ غاما مع منحني غاما-غاما)وتكون القيمة المحصول عليها إلى حد ما معقولة .

إن أشعة ($n-\gamma$) والتي تنشأ في الصخر ،في سائل الحفر وفي مواسير التغليف ، يتم تقييمها بشكل كلي ويتم إبعاد تأثير كلٍ من قطر البئر ومواسير التغليف في أثناء التفسير العملي للقياس باستخدام منحنيات التصحيح الموافقة لذلك..

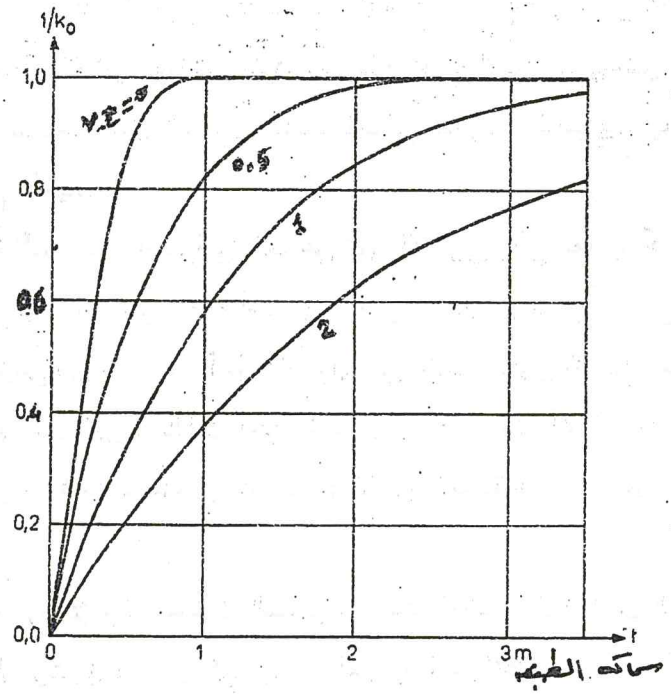
تأثير سائل الحفر على منحني قياس نيترون ـ غاما :

من المعروف أن سابرة القياس داخل البئر تكون محاطة بوسطين يختلفان اختلافاً

كبيراً من ناحية احتوائهما على الهيدروجين وهما :

- سائل الحفر حيث تكون درجة التشبع بالماء 100% .
- الصخور أو الطبقات الصخرية والتي تكون فيها درجة التشبع بالماء مابين 0و30-50% .

إن المعامل α الذي ورد في المعادلة (٣-١٢) لايتعلق في هذه الحالة بمسامية الصخور فقط $I_{\gamma,\gamma} = A.e^{-\alpha}$. وإنما بقطر البئر أيضاً، حيث يلاحظ أنه يتزايد (أي المعامل) مع تزايد سماكة غلاف سائل الحفر حول سابرة القياس . وبالمقارنة مع قياسات نيترون ـ نيترون نجد أن تأثير قطر البئر يكاد لايذكر على قياس نيترون – غاما $I_{n,\gamma}$ ، أما في حالة التغيرات الكبيرة في قطر البئر Caliber فيجب أخذه بعين الاعتبار .



شكل ٣-١٣ : دايغرام من أجل تصحيح القيمة المقاسة بالنسبة للسماكة وسرعة القياس أثناء قياس نيترون ـ غاما

من أجل التفسير الكمي لمنحني γ -n يتم حساب تصحيح قطر البئر من خلال دايغرامات التصحيح الموافقة لذلك (يراجع صب بعلي) . ويلاحظ أنه من أجل حساب

تصحيح قطر البئر فإن الموقف يكون حساساً وذلك تبعاً لموضع سابرة القياس من محور البئر أي تبعاً لمركزية سابرة القياس . وفي حال عدم وجود التكهفات الكبيرة في جدران البئر فإنه من المعروف والمألوف أن يجري القياس بحيث تكون سابرة القياس ملامسة لجدران البئر .

لابد هنا من الإشارة إلى تأثير محتوى سائل الحفر من الأملاح . حيث من المعروف أنه مع تزايد هذا المحتوى نجد أن الشدة الإشعاعية $I_{n\gamma}$ سوف تتزايد ويمكن إهمال هذا التأثير طالما أن المحتوى قليل نسبياً (محلول قلوي) ، وبشكل مشابه يمكن أن نهمل أيضاً التغيرات الطفيفة التي تحصل على كثافة سائل الحفر .

في حالة الآبار الجافة (عدم وجود سائل الحفر) فإن عملية تفسير منحني قياس نيترون ـ غاما وخاصة إذا كان قطر البئر كبير جداً $d>15cm$ ، تصبح صعبة للغاية وينصح في هذه الحالة استخدام سابرة قياس طويلة من أجل الحصول على النتائج المرجوة .

تأثير مواسير التغليف :

من المعروف أنه في المنطقة القريبة من منبع النيترونات تكون كثافة النيترونات الحرارية عالية جداً ، في هذه الحالة ، فإن الحالة المسيطرة على هذه النيترونات هو امتصاصها من قبل مواسير التغليف بالدرجة الأولى ، وإصدار أشعة γ التي يتم تسجيلها ، وهذه الحالة تقود إلى أن كمية الأشعة $n-\gamma$ المسجلة بالقياس باستخدام سابرة قياس قصيرة تكون أكبر مما هي عليه في حالة البئر المفتوح (البئر الغير مغلفة) .

أما في المناطق البعيدة عن منبع النيترونات فإن كثافة النيترونات الحرارية يكون قليل جداً ، وبالتالي في حال استخدام سابرة قياس طويلة فإن الظاهرة المسيطرة هي تخامد وتوهين أشعة ($n-\gamma$) ، أي أن أشعة $n-\gamma$ المسجلة بالقياس تكون أضعف مما هي عليه في حالة البئر المفتوح .

بشكل عام نقول إن تأثير مواسير التغليف والإسمنت المتواجد خلف مواسير التغليف يتعلق بكل من موقع المواسير وسابرة القياس في البئر ويكون من الصعب جداً معرفة هذا التأثير وتصحيحه وذلك لعدم معرفة المعاملات الهندسية لكل من مواسير التغليف والإسمنت إلا ما ندر

٣-٤-٤ طريقة تدريج منحني نيترون ـ غاما (باستخدام المعايرة) :

من المعروف أن نتائج القياس المباشرة بالنسبة لنيترون ـ غاما هي مثل بقية القياسات

الإشعاعية ، أي معدل أو عدد النبضات التي يسجلها اللاقط الإشعاعي بنوعيه .هـذا المعـدل أو العدد يتعلق بكل من العوامل التالية :

- فعالية المنبع النيتروني .
- عدد وحساسية اللواقط المستخدمة في سابرة القياس .
- تركيب السابرة نفسها (هيكل السابرة) .

من أجل جعل القيمة المقاسة قابلة للمقارنة ، فإنـه بالإمكـان معـايرة سـابرة القيـاس كما هو الحال عليه في سابرة قياس غاما أي بواحدة ميكرو روتنجن /ساعة µr/h أما الشـدة الإشعاعية المسجلة فيتم نسبها إلى واحدات الفعالية الإشعاعية للمنبع النيتروني وهـي 1 كـوري (1 curie) . أما في المجال العملي الحقلي فيفضل إجراء طريقة مغايرة لما ذكر . هذه الطريقة تتم وفق التالي :

يتم معايرة سابرة القياس وذلك بإجراء القياس في بئر اصطناعي على شكل موديل نموذجي تم بناؤه بحيث تكون فيه الخصائص النيترونية للطبقات المشكلة لهذا البـئر معروفـة. مـن هذه الخصائص على سبيل المثال المسامية وأيضاً قطر البئر . في هـذه الحالـة يتـم معـايرة القيمـة المرئية على الشاشة أو النافذة التي تظهر نتائج القياس بحيث يحدد العدد أو القيمة المناسبة لحالـة الطبقة المستخدمة في عملية المعايرة وحسب الواحدات المتفق عليها مسبقاً .

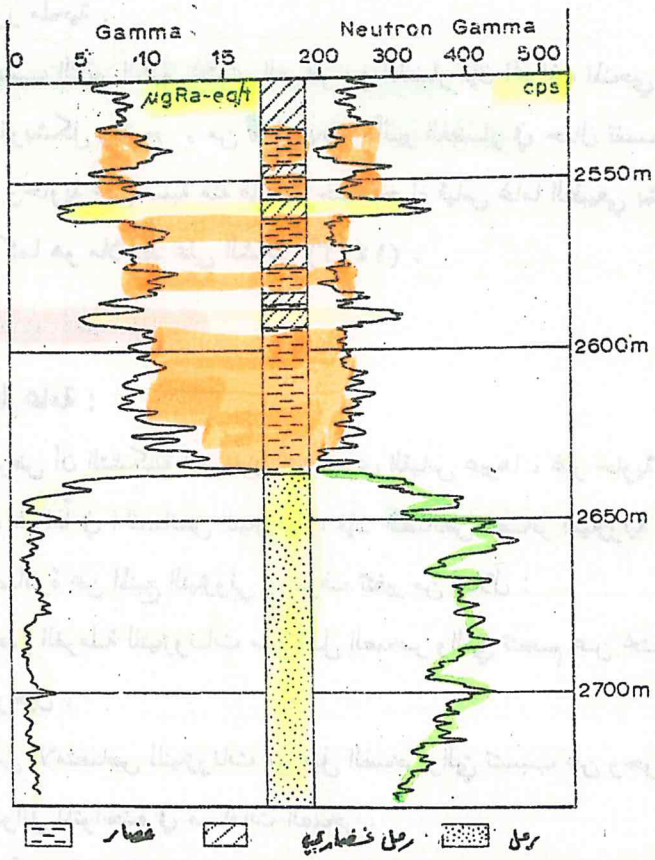
من أجل العودة إلى الواحدات النظاميـة (القياسـية) ، يتـم وضـع هـذه السابرة في وعاء حاوي على البارافين قبل كل قياس (وعاء قابل للنقل من مكان إلى آخـر مـن أجل المنبع النيتروني) ، والذي يكون محدد مسبقاً عدد الوحدات النظامية لـه ، حيث يسـمح لنا بمعايرة تدريجات الشدة الإشعاعية لجهاز القياس نفسه وفي حال عـدم مطابقـة المؤشـر علـى القيمة المحددة مسبقاً يتم العمل على تحريكها حتى الوضع الصحيح كما يحصل في معايرة جميـع الأجهزة الجيوفيزيائية . أما بالنسبة لنشاط المنبع النيتروني وحساسية الجهاز فيتم التحكم بذلـك بشكل أتوماتيكي . بعد عملية المعـايرة المشروحة أعـلاه يتـم تسـجيل الشـدة الإشعاعية γ -n نيترون ـ غاما بالوحدات المتفق عليها . في الولايات المتحدة الأمريكية يتم استخدام واحـدات API كواحدات نظامية .

وبهذه الواحدات يمكن إجراء المقارنة بين منحنيات نيترون ـ غامـا والـتي تم قياسـها

باستخدام سوابر قياس مختلفة الأنواع . وهناك بعض الواحدات الأخرى التي تستخدم في بلدان غير الولايات المتحدة وتم معايرة الأجهزة فيها بطريقة مختلفة .

٣-٤-٥ التفسير النوعي لمنحني نيترون - غاما :

يتم إجراء القياس الحقلي بشكل عام باستخدام سابرة قياس طويلة وعلى الأغلب يكون طولها 60cm (L=60 cm) . إن الصخور ذات المحتوى العالي من الهيدروجين وبشكل خاص الغضار ،الصخور المسامية الخازنة والصخور الحاوية على نسبة عالية من الغضار ، في هذه الحالة فإن منحني القياس سوف يظهر شدة منخفضة جداً(تأثير التخامد على أشعة غاما) . أما في حالة الصخور الكتيمة والصخور ذات المسامية المنخفضة يظهر ذلك بشكل قيم كبيرة في الشدة الإشعاعية (انظر الشكل ٣ -١٤) .



شكل ٣-١٤ : منحني غاما ونيترون - غاما في تشكيلة مؤلفة من الرمال والغضار .

يمكننا أن نجري التفسير النوعي لمنحني قياس نيترون ـ غاما بشكل مشابه لمنحني نيترون ـ نيترون وذلك اعتماداً على محتوى الصخر من الهيدروجين أو المسامية وفقاً لمايلي مع اعتبار أن الإنتقال من صخر إلى آخر يتم معه تزايد في الشدة الإشعاعية :

١-غضار ـ صخر غضاري ـ غضار متطبق ـ حبس .

٢-مارل ـ صخر مارلي ـ Mergel (Schluffste.n - Schluff) .

٣-رمل ـ صخر رملي مسامي .

٤-صخر كلسي مسامي ودولوميت .

٥-صخر رملي صلب .

٦-صخر كلسي قاسي وكتيم ، دولوميت ، أنهدريت – صخور مسامية مشبعة بالغاز وذات عمق احتياح قليل .

٧-صخور ملحية .

بسبب التأثير الكبير لمحتوى الصخر من الغضار فإن انحراف المنحني سوف يشذ عن القاعدة العامةوبشكل واضح ، من أجل إبعاد تأثير الغضار في حال تفسير قياس لصخور خازنة للنفط وحاوية على نسبة منه فإنه يتوجب إجراء قياس غاما الطبيعي بشكل مرافق لقياس نيترون غاما كما هو ملاحظ على الشكل (٣-١٤) .

٣-٤-٦ تحديد المسامية :

لمحة عامة :

بفرض أن التشكيلة الصخرية التي يجري القياس عبرها ، غير حاوية على عناصر أو فلزات تسبب شواذاً في الخصائص النيترونية ، فإن خصائص الصخر النيترونية (الإستجابة لدى النيترونات الصادرة عن المنبع النيتروني) سوف تتغير من خلال :

- خصائص الفرملة للنيترونات من قبل الصخر والتي تنجم عن محتوى الصخر من الهيدروجين .
- خصائص الامتصاص للنيترونات من قبل الصخر والتي تتسبب عن وجود الكلور المحلول في السوائل المتواجدة في مسامات الصخر .

من أجل تحديد المسامية من القياسات الحقلية للصخور الخازنة ،يتم الإعتماد وبشكل

رئيسي على الخاصتين المذكورتين أعلاه . ويختلف تأثير خصائص الامتصاص والفرملة على الشدة الإشعاعية لقياس نيترون ـ غاما حسب الشروط الجيولوجية والليتولوجية للتشكيلات الصخرية . ففي الحالة التي يكون فيها محتوى الملح في المياه الطبقية قليلاً ، فإن الشدة الإشعاعية في هذه الحالة سوف تتبع بشكل رئيسي محتوى الصخر الخازن من الهيدروجين . أما في الحالة العكسية أي إذا كانت المياه الطبقية حاوية على نسبة عالية من الأملاح (كلور) فإن المؤثر الرئيسي والذي يظهر بشكل واضح على القياس هو ظاهرة الامتصاص التي تنتج عن وجود الكلور . وبما أن كلا الخاصتين (خاصة الفرملة وخاصة الامتصاص) تؤثران بشكل متعاكس على منحني القياس فإنه من المفيد ومن أجل الحصول على نتائج عملية حول تحديد المسامية لهذه الصخور ،الاعتماد على إحدى هاتين الظاهرتين . أي حذف تأثير إحداهما على منحني القياس ، أي على الشدة الإشعاعية لقياس نيترون ـ غاما . وهذه العملية تتم في حال استخدام سابرة قياس طويلة والتي من خلالها يتم حذف تأثير خاصية الامتصاص للنيترونات وبالعكس .

تحديد المسامية في الصخور المشبعة بالمياه الحلوة وفي الصخور الكربوناتية :

في حالة الصخور الخازنة المشبعة بالمياه الحلوة وغير حاوية على الغضار فإن الخاصية التي سوف تسيطر على الشدة المقاسة نيترون ـ غاما هي خاصية الفرملة والتي تحصل بسبب نوى الهيدروجين ، وبالتالي فإن معرفة الشدة الإشعاعية يمكن أن يقدم لنا وبشكل مباشر مسامية الصخر .

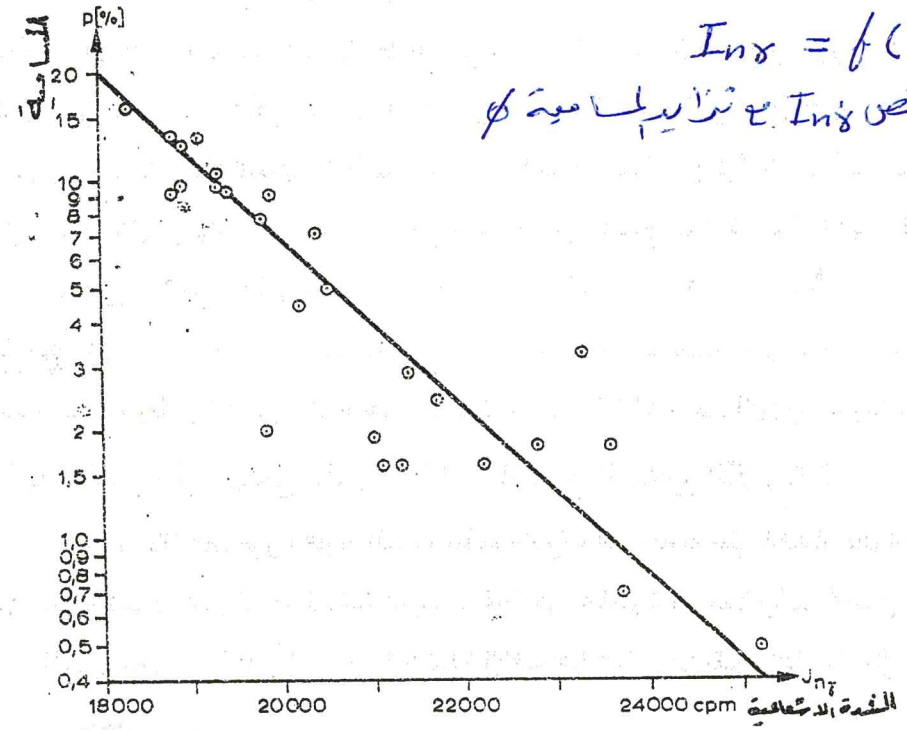
أما في حالة الصخور الكربوناتية القاسية نسبياً والتي تكون مساميتها أقل من 12% (P<12%) وأيضاً الصخور الرملية الخازنة للنفط ، فإنه بالإمكان في مثل هذه الشروط إهمال تأثير الإمتصاص الذي ينجم عن وجود الكلور في المياه الطبقية المرافقة للنفط وتحديد المسامية كما في الحالة السابقة .

للحصول على المسامية من منحني نيترون ـ غاما لابد من الحصول على منحني المعايرة والذي يمثل بالعلاقة التالية :

$$f(\phi) I_{n\gamma} = f(\phi)$$

أي المنحني الذي يمثل علاقة الشدة الإشعاعية $I_{n\gamma}$ بمسامية الصخور ϕ وذلك من اجل سوابر القياس المستخدمة في المسح ، ومن أجل شروط بئرية معروفة مسبقاً . ويتم عمل

ذلك من خلال المقارنة الإحصائية مابين نتائج القياس لشدة نيترون ــ غاما في مجالات محددة مسبقاً وبين مسامية العينات الإسطوانية التي تم تحديد مساميتها في المخبر والتي تم أخذها من نفس الأعماق التي قيست بسابرة نيترون ـ غاما كما هو موضح في الشكل (٣-١٥) .



شكل ٣-١٥ : يبين منحني المعايرة من أجل تحديد المسامية من قياسات نيترون ـ غاما وذلك عن طريق المقارنة مابين شدة أشعة $I_{\gamma\gamma}$ المسجلة بالقياس والمسامية المحددة في المخبر وفق بيكر.

من أجل استخدام منحني المعايرة السابق لقياسات نيترون ــ غاما المسجلة في آبار أخرى فإنه يتطلب إجراء معايرة للقياسات (توحيد الشروط القياسية) وهذه العملية تتطلب المزيد من التجارب والحساب والتي لامجال لذكرها هنا .

تأثير الغضار المتواجد في الصخر المسامي على تحديد المسامية بواسطة نيترون ـ غاما :

إن المسامية التي يتم تحديدها من أجل الصخور الكربوناتية الحاوية على الغضار