مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية – سلسلة العلوم الأساسية المجلد /16/ العدد /3/ 1414 هـ 1994م.

قياس توزع تدفق النترونات البطيئة باستخدام المولدات النترونية

Slow Neutron Flux Distribution Measurements Using Small Neutron Generators

د . جهاد ملحم*

□ ملخص □

إنَّ معرفة كيفية تباطؤ النترونات السريعة في أوساط مختلفة ذو أهمية كبيرة خصوصاً أثناء تصميم المفاعل النووي وأثناء عمله أيضاً. ذلك أنَّ حجم المفاعل من جهة ومقدرة الوسط على امتصاص النترونات الناتجة عن الانشطار النووي من جهة أخرى يعتمدان إلى حد كبير على كمية المادة المبطئة وعلى نوعها.

تسمح لنا المولدات النترونية دراسة تباطؤ النترونات بفضل توليدها حزمة من النترونات السريعة يُمكن التحكم بشدتها كما يُمكن اختيار نوع الوسط المُبطئ الذي تجتازه. يُوضح هذا البحث كيفية توزع النترونات حسب طاقتها خلال اجتيازها الماء العادي بتشعيع صفائح من الأنديوم لها عتبة كشف مناسبة.

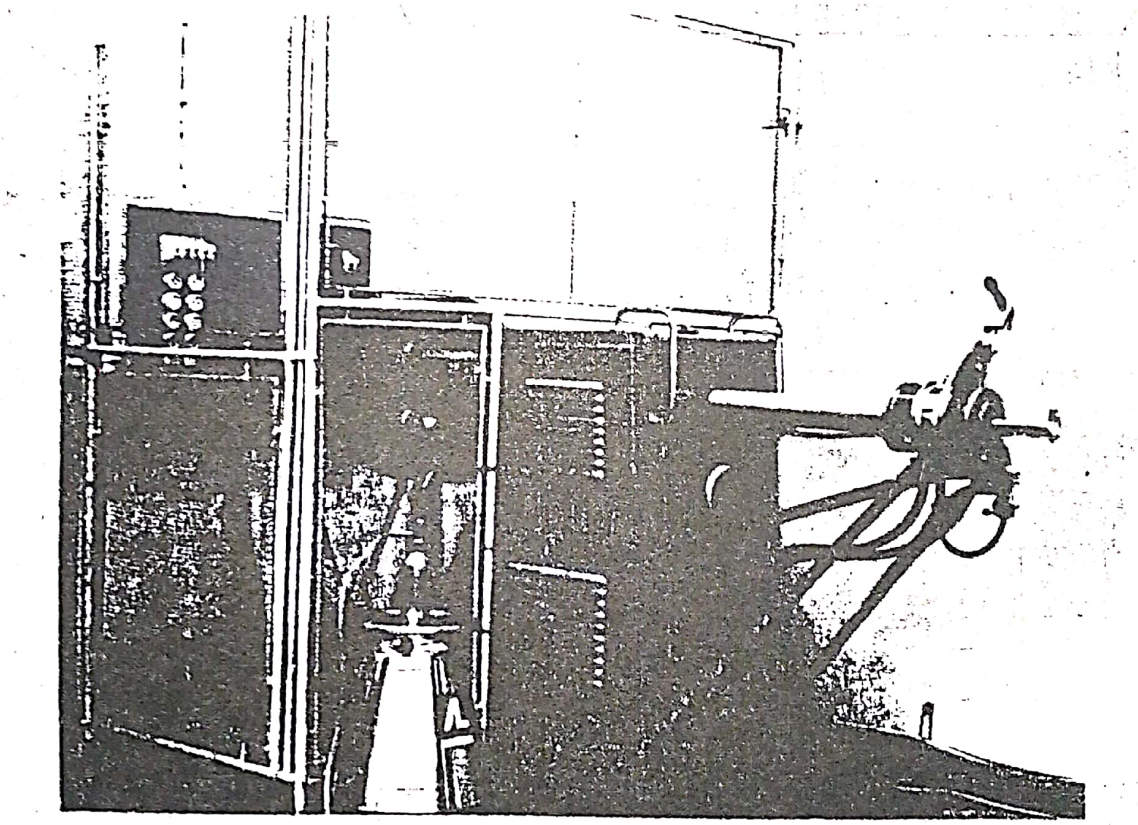
* الدكتور جهاد ملحم أستاذ مساعد في قسم الفيزياء بكلية العلوم – جامعة تشرين – اللاذقية – سورية.

1- مولد نتروني نموذج NA - 2

يُمكن باستخدام مولد نتروني الحصول على حزمة فعالة من النترونات السريعة وفق التفاعل النووي التالي:

$$ {}_{1}^{2}H + {}_{1}^{3}H \rightarrow {}_{2}^{4}He + {}_{0}^{1}n + 17.58MeV \quad (1) $$

تبلغ كثافة الحزمة النترونية الصادرة حوالي 109 n/s . يوضح الشكل (1) الاطار الخارجي لمولد نتروني نموذج NA - 2 ، ولمزيد من التفاصيل حول عمل واستخدام هذه المولدات يُمكن العودة إلى أحد المراجع التالية (1، 2، 3).



الشكل (1). صورة فوتوغرافية لمولد نتروني نموذج NA - 2

2- قياس التدفق باستخدام طريقة التحليل بالتنشيط الاشعاعي:

يتم تشعيع صفائح الأنديوم بوساطة حزمة نيوترونات صادرة عن المولد النتروني. وقد اختير عنصر الأنديوم (^{129}In) لأنَّ له مقطع عرضي اشعاعي كبير من أجل التفاعل (γ و n)، يساوي إلى $\sigma act = 145 \pm 15b$، كما يتحول بعد تشعيعه إلى مادة مشعة لها نصف عمر كلي مناسب لاجراء القياس $T_{\frac{1}{2}} = 45m$ [4].

نريد تعيين تدفق النترونات Φ من القياس عند استخدام طريقة التنشيط الاشعاعي.

نُلاحظ من تعريف المقطع العرضي، σ act (لصفيحة مساحتها $1cm^2$، ثخنها x، وتحوي N نواة) أنَّ هذه الصفيحة تأسر النترونات بمعدل مقداره R في كل ثانية، يرتبط مع التدفق وفق العلاقة:

$$\Phi \sigma \text{ act } Nx = R$$

وبالتالي:

$$\Phi = \frac{R}{\sigma \text{ act } Nx} \qquad (2)$$

يرتبط نصف عمر الانديوم المشع مع ثابتة التفكك، λ، وفق العلاقة:

$$\lambda = \frac{\ln 2}{T_{\frac{1}{2}}} \qquad (3)$$

كما أنَّ العمر الكلي T يساوي $\frac{1}{\lambda}$

ما نقوم به عملياً هو حساب تفكك المادة المشعة التي لها فعالية كلية ε. إذا عرفنا المقدار C_o بأنه عدد النبضات المسجلة من مادة أشبعت إشعاعياً فإنَّ حاصل القسمة مع الفعالية الكلية يُعطي:

$$R = \frac{C_o}{\epsilon} \qquad (4)$$

إذا كان C معدل تسجيل النبضات أثناء زمن أقل من الزمن اللازم لإشعاع الأنديوم فإنَّ قانون تحول المادة المشعة يُعطي:

$$C = C_o\left(1 - e^{-t/\tau}\right) \qquad (5)$$

حيث t: زمن التشعيع. نسجل عادة عدد الجسيمات الصادرة عن المادة المشعة خلال زمن يبدأ من t1 وهو لحظة إيقاف التشعيع، وينتهي عند زمن t2. فإذا كان، I، هو عدد النبضات المسجلة في الفترة الزمنية t2 - t1، ينتج لدينا:

$$C_o = \frac{I}{\tau\left(e^{-t_1/\tau} - e^{-t_2/\tau}\right)\left(1 - e^{-t/\tau}\right)} \qquad (6)$$

باستخدام المعادلات (2)، (4)، (6) نجد أنَّ [5]:

$$\Phi = \frac{I}{\epsilon \tau \sigma \text{act } Nx\left(e^{-t_1/\tau} - e^{-t_2/\tau}\right)\left(1 - e^{-t/\tau}\right)} \qquad (7)$$

3- قياس توزع التدفق النتروني الحراري المحوري:

تمَّ تشعيع صفائح الأنديوم على مسافات مختلفة واقعة على محور منبع المولد النتروني لمدة 20 دقيقة، باستخدام الماء العادي كمبطء لحزمة النترونات. وفي كل قياس يتم تسجيل التفكك الاشعاعي لمدة 10 دقائق.

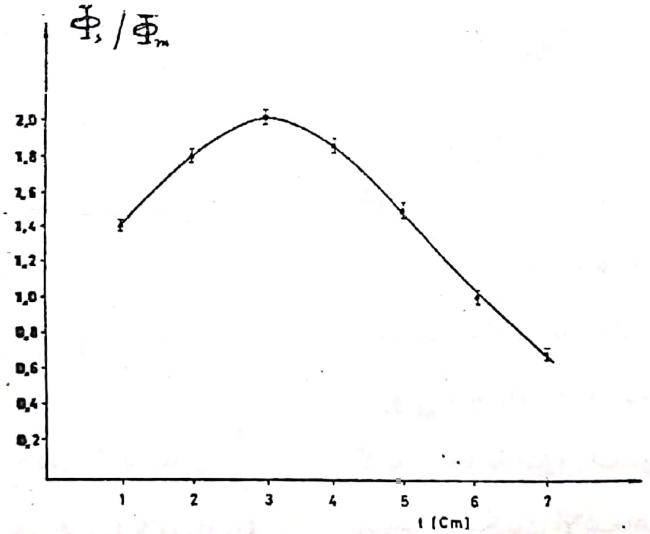
باستخدام العلاقة (7) تمَّ الحصول على النتائج المسجلة في الجدول (1):

المسافة	1cm	2cm	3cm	4cm	5cm	6cm	7cm
التدفق النسبي (Φ_s / Φ_m)	1.40	1.80	2.01	1.83	1.50	1.20	0.64
الخطأ في القياس ±	2.8%	2.6%	2.5%	2.5%	2.7%	2.9%	2.9%

الجدول (1). التدفق الحراري النسبي بدلالة المسافة.

يُعطي الشكل (2) العلاقة بين التدفق النتروني النسبي والمسافة عن فوهة المولد النتروني. ويتضح من الشكل تزايد التدفق النتروني مع تزايد المسافة عن المنبع حتى نقطة في المبطئ حيث يبلغ قيمة عظمى. وهذه النتيجة يُمكن تفسيرها على كون التدفق متناظراً من حيث المبدأ. بعد هذه النقطة في المبطئ يبدأ التدفق النتروني بالتناقص مع ازدياد المسافة بشكل مضطرد. يُوضح الشكل (2) أيضاً أنَّ التدفق النتروني يتغير ببطء في حين أنَّ تدفق النترونات السريعة يتغير بشكل أسرع وأحدّ [5].

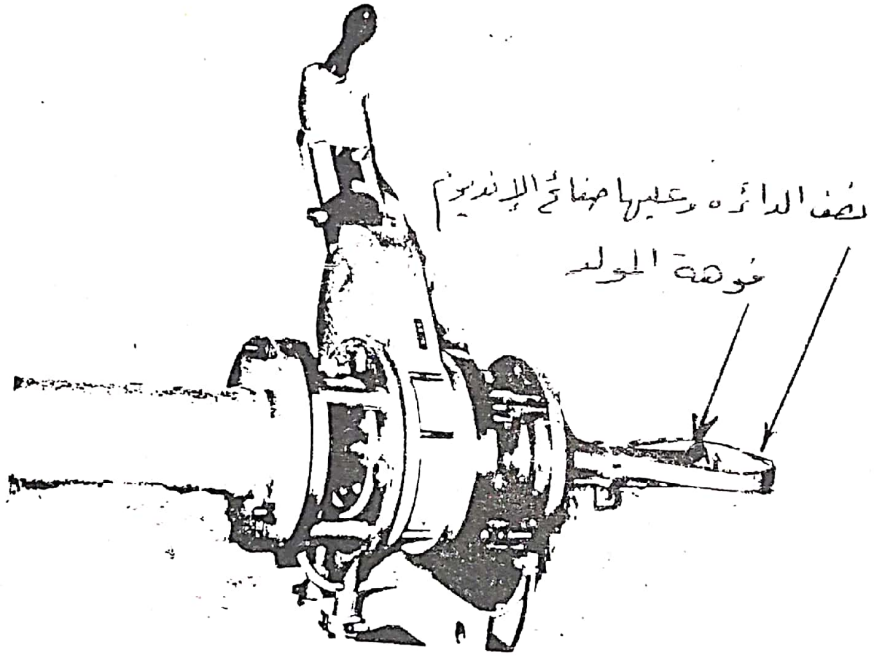
وتؤكد هذه النتيجة على أنَّ النترونات تفقد قسماً كبيراً من طاقتها في المرحلة الأولى من اجتيازها الماء، لتتباطأ بعدها متحولة إلى نيوترونات حرارية. كما تُعطي فكرة واضحة عن حجم المبطئ اللازم استخدامة في المفاعل النووي لضبط عملية تباطؤ النترونات والتحكم بمعدل حدوث تفاعلات انشطارية بين النيوترون وبين المادة القابلة للانشطار.



الشكل (2). توزع التدفق النتروني بدلالة البعد عن المنبع.

4- قياس توزع التدفق الحراري الزاوي:

تمَّ في هذه الحالة تشعيع 5 صفائح من الأنديوم نصف قطر كل منها 7 cm، بحيث وضعت على نصف دائرة، مصنوعة من الورق المقوى، حول المنبع وتصنع كل منها زاوية متساوية مع الأخرى. يُوضح الشكل (3) الترتيب الهندسي المستخدم تجريبياً. تُوضع انبوبة المولد النتروني مع صفائح الأنديوم في تنكة مملوءة بالماء العادي، بحيث أنَّ النترونات الصادرة من المولد تتباطأ حالاً في الماء. بعد تطبيق المعادلة (7) على نتائج القياسات الحاصلة واجراء التنظيمات المطلوبة حصلنا على توزع التدفق النتروني الزاوي في الإحداثيات القطبية كما في الشكل (4).

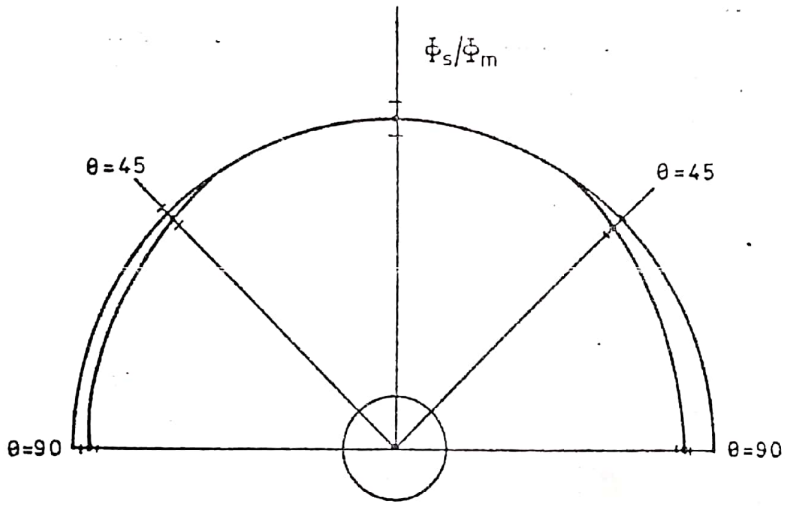


الشكل (3) الترتيب الهندسي المستخدم في القياس.

يتضح من الشكل (4) أنَّ توزع التدفق الزاوي ليس متناظراً كلية وهذا يعود لكون المولد النتروني يُعطي حزماً غير متجانسة الشدة تماماً من النترونات.

أي أنَّ كثافة التدفق النتروني تعتمد على درجة كبيرة على الكمية المستهلكة من الهدف النووي في المولد (أي على الديوتيريوم). كما نُلاحظ أنَّ هناك انحرافاً كبيراً على جانبي الخط المعامد لمحور المنبع أي عند زاوية ،وهذا يعود بالدرجة الأولى إلى أنَّ المسافة التي تقطعها النترونات في أنبوبة المولد وفق هذا الإتجاه أكبر من أجل زوايا أخرى. إذا أخذنا هذه الاعتبارات يُمكننا أن نؤكد أنَّ توزع التدفق النتروني الزاوي متناظر بشكل تقريبي ضمن حدود خطأ مقداره 3% . بكلام آخر فإنَّ التدفق النتروني الزاوي

متناظر تقريباً، بأخذ قيمة عظمى على المحور الحواف [6,7].
المركزي لأنبوبة المنبع وقيمة صغرى على



الشكل (4). توزع التدفق النتروني الزاوي للنترونات المتباطئة في الماء.

Abstract

Knowing how fast neutrons slowing down in different media is of great importtance, especially through the design of nuclear reactor and its operation. That is because the volume of reactor and the absorption of neutrons from nuclear fission, depend largly on the amount of moderator and on its kind.

The neutron generators permit us doing these studies, since they give beam of neutrons of controlled intensity, and the kind of the moderator can be chosen also. This paper explains the neutron flux distribution as a function of energy in water used as a moderator by irradiating indium foils which has suitable threshold detection.

المراجع

1- Nargolwalla & Prayblowicz, Activation analusis with Neutron Generators, Wiley - Interscience (1983).

2- J.Csikai , Use ofSmall Neutron Generators in Science & Technology ,IEAE, Vunna (1973).

3- J.H.A,laniham & S.J.Thomson<Eds.,Activation Analysis. Principle & Application, Academic Prese (1965).

4- D.Taylor.,Neutron Irradiation & Activation Analysis. D.Van Nostrand Company., Inc., New-York (1964).

5- H.E.Palmer, Instrumentation for In Vivo Activation - Analysis Nuch - Sci. Ns - 17 (1970).

6- د . جهاد ملحم –دراسة انتاج النترونات من المولدات النترونية الصغيرة ـ من مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية مجلد (14) (1992).

7- د . جهاد ملحم– قياس توزع تدفق النترونات السريعة من المولدات النترونية الصغيرة ـــ مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية مجلد (12) (1990).