

NGHIÊN CỨU PHÂN BỐ LIỀU NOTRON DO NGUỒN ^{252}Cf TRONG PHANTOM THỦY TINH HỮU CƠ

Nguyễn Hoàng¹
Nguyễn Văn Hải²
Phạm Xuân Hải³

TÓM TẮT

Trong nghiên cứu này, phân bố liều neutron từ nguồn ^{252}Cf trong phantom thủy tinh hữu cơ được xác định. Bên cạnh đó, thí nghiệm đo truyền qua với vật liệu thủy tinh hữu cơ và thí nghiệm đo suy giảm liều theo khoảng cách cũng được tiến hành nhằm so sánh và lý giải kết quả thu được trong thí nghiệm đo phân bố liều neutron. Các kết quả thu được cho thấy thành phần liều gây bởi hiệu ứng tán xạ của neutron với vật liệu phía sau liều kế có đóng góp vào liều tổng cộng tới 25%.

Từ khóa: Phân bố liều neutron, thủy tinh hữu cơ, ^{252}Cf

I. Giới thiệu

Phân bố liều neutron trong vật chất có vai trò quan trọng trong các phân tích an toàn [1]. Bên cạnh đó, số liệu thực nghiệm về phân bố liều neutron cũng rất cần thiết trong nghiên cứu đặc tính của vật liệu. Nghiên cứu phân bố liều neutron trong một số vật liệu khác nhau đã được tiến hành bằng phương pháp mô phỏng [2], tuy nhiên số liệu thực nghiệm còn thiếu và chưa đầy đủ.

Thủy tinh hữu cơ và nguồn neutron phân hạch ^{252}Cf là các đối tượng được sử dụng rất phổ biến phục vụ nhiều mục đích khác nhau như chuẩn liều cho thiết bị, nghiên cứu đặc trưng của thiết bị cũng như mục đích đào tạo. Tuy vậy, số liệu thực nghiệm về phân bố liều neutron trong thủy tinh hữu cơ còn chưa đầy đủ.

Nghiên cứu này tiến hành đo phân bố liều neutron trong thủy tinh hữu cơ với nguồn ^{252}Cf đặt trong buồng chứa parafin có chuẩn trục nón [3]. Kết quả nhận được có thể được giải thích thỏa

đáng trên cơ sở lý thuyết tương tác của neutron với vật chất. Đóng góp của thành phần tán xạ gây bởi vật liệu thủy tinh hữu cơ tới liều tổng cộng cũng được trình bày.

II. Thí nghiệm

Các thí nghiệm trong nghiên cứu này được thực hiện với nguồn ^{252}Cf [4] của Trung tâm Đào tạo – Viện Nghiên cứu hạt nhân. Nguồn có hoạt độ 429 MBq tại thời điểm sản xuất (19/05/2011), tương ứng với cường độ phát neutron $\sim 5.10^7$ n/s. Với chu kỳ bán rã 2,65 năm, cho tới thời điểm tiến hành thí nghiệm, cường độ phát neutron của nguồn đạt $1,023.10^7$ n/s. Liều neutron được đo bằng liều kế cá nhân đo neutron PDM-313 của hãng Aloka [5].

Trong nghiên cứu này, chúng tôi tiến hành 4 thí nghiệm, lần lượt được mô tả sau đây.

Trong cả bốn thí nghiệm, chúng tôi sử dụng các tấm thủy tinh hữu cơ có kích thước 20 cm x 20 cm x 1 cm. Bề

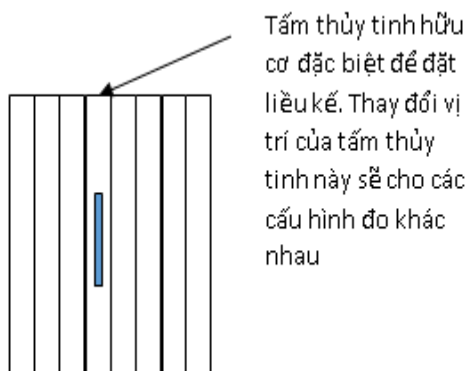
¹Trường Đại học Đà Lạt

Email: hoang29nvl@gmail.com

²Trường cao đẳng nghề Đà Lạt

³Viện Nghiên cứu hạt nhân Đà Lạt

dày lớp thủy tinh hữu cơ được thay đổi bằng cách thay đổi số tấm thủy tinh hữu cơ. Để cố định vị trí của của liều kế cũng như để đặt liều kế trong không gian nằm giữa các tấm thủy tinh hữu cơ, một tấm thủy tinh hữu cơ đặc biệt được chế tạo để đặt liều kế. Tấm thủy tinh này được khoét một lỗ rỗng ở giữa để đặt liều kế. Hình ảnh mô tả cách bố trí một cấu hình thực nghiệm được đưa ra trong hình 1.



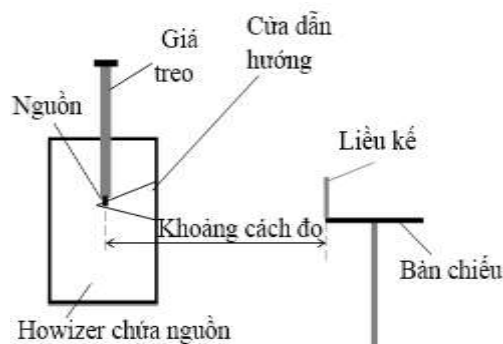
Tấm thủy tinh hữu cơ đặc biệt để đặt liều kế. Thay đổi vị trí của tấm thủy tinh này sẽ cho các cấu hình đo khác nhau

Hình 1: *Bố trí các tấm thủy tinh hữu cơ và liều kế trong thí nghiệm*

1. Thí nghiệm đo suy giảm theo khoảng cách

Hình 2 mô tả cách bố trí thí nghiệm đo liều neutron suy giảm theo khoảng cách. Suất liều được xác định bằng giá trị trung bình của ba phép đo, mỗi phép đo kéo dài 20 phút. Trong thí nghiệm này, liều kế được cố định ở sát mép bàn chiếu. Để đo liều neutron với các khoảng cách tới nguồn khác nhau, ta tiến hành dịch chuyển liều kế trên bàn chiếu ra xa dần như minh họa trong hình 2. Khoảng cách gần nhất từ liều kế tới nguồn được đo là 61 cm và khoảng cách xa nhất từ

liều kế tới nguồn được đo là 79 cm. Kết quả thu được của thí nghiệm cho ta giá trị suất liều neutron tương ứng với các khoảng cách từ nguồn tới liều kế từ 61 cm tới 79 cm.



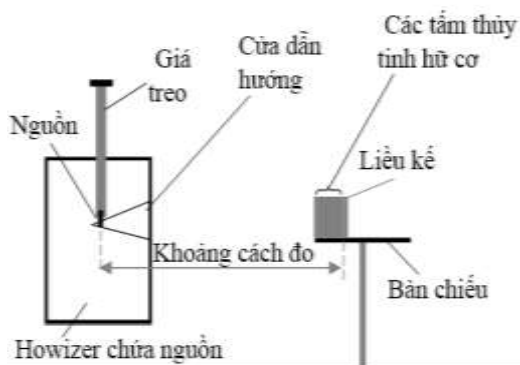
Hình 2: *Sơ đồ bố trí thí nghiệm đo liều neutron theo khoảng cách*

2. Thí nghiệm đo truyền qua

Sơ đồ bố trí thí nghiệm đo neutron truyền qua được trình bày trong hình 3. Trong thí nghiệm này, bàn chiếu được đặt cố định ở khoảng cách 61 cm tới nguồn. Phép đo đầu tiên sẽ xác định lại giá trị suất liều neutron ở khoảng cách 61 cm so với nguồn khi không có vật liệu nào đặt ở giữa. Với các phép đo tiếp theo, lần lượt bổ sung các tấm thủy tinh hữu cơ vào giữa nguồn và liều kế, đồng thời dịch liều kế lùi ra một khoảng tương ứng. Ví dụ, sau khi bổ sung 5 tấm thủy tinh hữu cơ vào giữa nguồn và liều kế, thì khoảng cách từ liều kế tới nguồn là $61 + 5 = 66$ cm. Giá trị suất liều tại mỗi vị trí được xác định bằng cách lấy trung bình giá trị đo trong 3 lần, mỗi lần kéo dài 20 phút.

Sau thí nghiệm ta thu được giá trị suất liều neutron ở các khoảng cách tới nguồn khác nhau từ 61 cm tới 79 cm, tương

ứng với bề dày thủy tinh hữu cơ giữa đầu dò và nguồn neutron tăng dần từ 0 cm tới 18 cm.



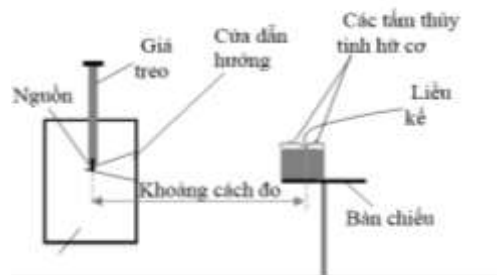
Hình 3: Sơ đồ bố trí thí nghiệm đo neutron truyền qua

3. Thí nghiệm đo phân bố liều trong thủy tinh hữu cơ

Hình 4 mô tả sơ đồ bố trí thí nghiệm phân bố liều neutron trong thủy tinh hữu cơ. Trong thí nghiệm này, bàn chiếu được đặt cố định trên ray. 18 tấm thủy tinh hữu cơ được đặt sát nhau trên bàn chiếu. Khoảng cách từ tấm gần nhất tới nguồn là 61 cm và tấm xa nhất tới nguồn là 79 cm. Ta có thể coi như đây là một phantom thủy tinh hữu cơ có bề dày 18 cm. Để đo liều neutron tại các vị trí khác nhau theo bề dày trong phantom, tấm thủy tinh hữu cơ đặc biệt được đặt vào các vị trí thích hợp như mô tả trong hình 1. Giá trị suất liều tại mỗi vị trí được xác định bằng cách lấy trung bình giá trị đo trong 3 lần, mỗi lần kéo dài 20 phút.

Như vậy, sau thí nghiệm này ta thu được liều neutron ở các khoảng cách tới nguồn từ 61 cm tới 79 cm với bề dày thủy tinh hữu cơ giữa liều kế với nguồn

tăng dần từ 1 cm tới 17 cm và bề dày thủy tinh hữu cơ phía sau liều kế giảm dần từ 17 cm tới 1 cm.



Hình 4: Bố trí thí nghiệm đo liều trong thủy tinh hữu cơ

4. Thí nghiệm đánh giá ảnh hưởng ảnh hưởng của thành phần tán xạ phía sau liều kế

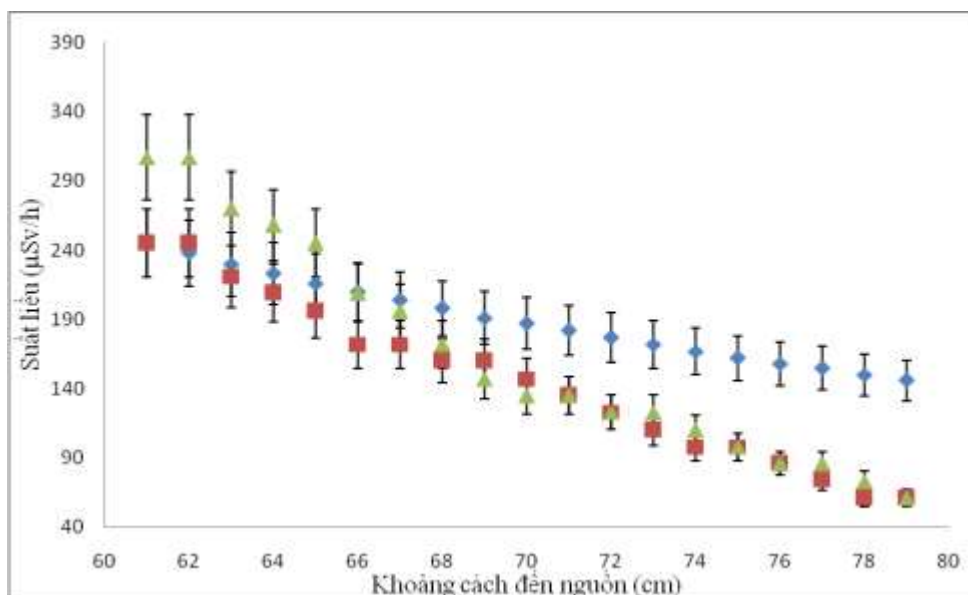
Trong thí nghiệm này, liều kế được đặt cách nguồn một khoảng bằng 61 cm như minh họa trong hình 2. Phía sau liều kế ta đặt các tấm thủy tinh hữu cơ. Ứng với mỗi bề dày thủy tinh hữu cơ, suất liều neutron được xác định. Giá trị suất liều tại mỗi vị trí được xác định bằng cách lấy trung bình giá trị đo trong 3 lần, mỗi lần kéo dài 20 phút.

Như vậy trong thí nghiệm này, ta thu được giá trị suất liều ứng với bề dày thủy tinh hữu cơ phía sau liều kế từ 1 cm tới 18 cm.

III. Kết quả và thảo luận

Phân bố liều neutron trong thủy tinh hữu cơ

Kết quả thu được từ ba thí nghiệm 1, 2 và 3 được đưa ra trong hình 5 và bảng 1.



Hình 5: Kết quả đo phân bố suất liều neutron trong thủy tinh hữu cơ (tam giác), neutron truyền qua vật liệu thủy tinh hữu cơ (vuông) và suy giảm suất liều neutron theo khoảng cách trong không khí (thoi)

Bảng 1: Bảng giá trị suất liều neutron trong các thí nghiệm

Khoảng cách đến nguồn (cm)	Đo suất liều neutron theo khoảng cách (μSv/h)	Đo truyền qua thủy tinh hữu cơ (μSv/h)	Đo phân bố trong thủy tinh hữu cơ (μSv/h)
61	245	245	307
62	238	245	307
63	230	221	270
64	223	209	258
65	216	196	245
66	210	172	209
67	204	172	196
68	198	160	172
69	191	160	147
70	187	147	135
71	182	135	135
72	177	123	123
73	172	110	123
74	167	98	110
75	162	98	98
76	158	86	86
77	155	74	86
78	150	61	73
79	146	61	61

Số liệu trong thí nghiệm đo suy giảm liều neutron theo khoảng cách trong không khí được biểu diễn bằng các điểm hình thoi. Số liệu đo neutron truyền qua vật liệu thủy tinh hữu cơ được biểu diễn bằng hình vuông. Số liệu đo phân bố liều neutron trong thủy tinh hữu cơ được biểu diễn bằng hình tam giác. Ta gọi phân bố liều neutron theo khoảng cách từ vị trí đo tới nguồn trong ba thí nghiệm trên lần lượt là $f_1(r)$, $f_2(r)$, $f_3(r)$. Để thấy $f_1(r)$ có thể biểu diễn như sau:

$$f_1(r) = A * \left(\frac{r_0}{r}\right)^2 \quad (1)$$

Với A là suất liều tại vị trí r_0 , r_0 là khoảng cách gần nhất từ nguồn mà suất liều được tiến hành đo. Trong nghiên cứu này $r_0 = 61$ cm. Trong thí nghiệm hai, phân bố liều neutron thu được bị ảnh hưởng bởi hiệu ứng truyền qua, và do đó có thể mô tả theo biểu thức sau đây:

$$f_2(r) = A * \left(\frac{r_0}{r}\right)^2 e^{-\mu(r-r_0)} + S_b \quad (2)$$

Với μ là hệ số suy giảm neutron trong vật liệu thủy tinh hữu cơ, và S_b là thành phần liều gây bởi các neutron tán xạ vào vật liệu thủy tinh hữu cơ đặt trước liều kế.

Trong thí nghiệm thứ 3, liều tổng cộng thu được được đóng góp bởi các thành phần như trong thí nghiệm thứ hai

cộng thêm thành phần gây bởi các neutron tán xạ lên lớp vật liệu phía sau liều kế. Ta gọi thành phần này là S_a , và $f_2(r)$ có thể được biểu diễn như sau:

$$f_3(r) = A * \left(\frac{r_0}{r}\right)^2 e^{-\mu(r-r_0)} + S_b + S_a \quad (3)$$

Quan sát hình 5, ta thấy rằng, do ảnh hưởng của hiệu ứng suy giảm $f_2(r)$ luôn nhỏ hơn $f_1(r)$ trên toàn bộ vùng khảo sát.

So sánh giữa $f_1(r)$ và $f_3(r)$, trong khoảng từ $r = 61 - 65$ cm, $f_3(r)$ lớn hơn $f_1(r)$. Trong khi đó liều $f_3(r)$ và $f_2(r)$ tương đương nhau trong khoảng $r > 68$ cm. Hiện tượng này có thể được lý giải như sau. Trong vùng $r = 61 - 65$ cm bề dày lớp thủy tinh hữu cơ phía sau liều kế lớn, do đó S_a , thành phần này đóng góp liều lớn hơn thành phần liều bị mất đi do hiệu ứng suy giảm trong thủy tinh hữu cơ. S_a giảm dần khi bề dày lớp vật liệu phía sau liều kế giảm dần.

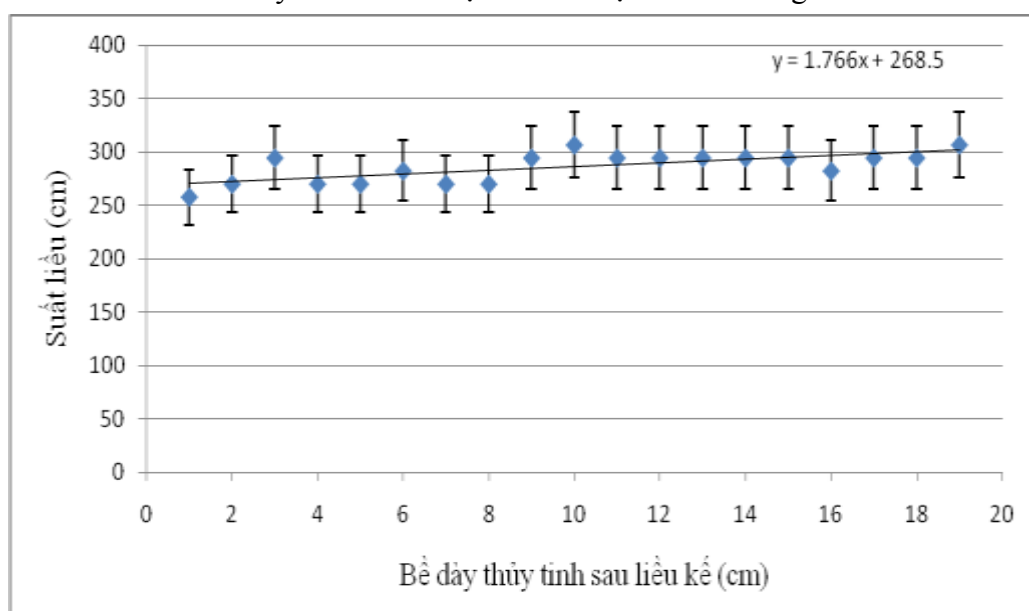
Với việc $f_3(r)$ lớn hơn $f_2(r)$ trong khoảng $r < 68$ cm và tiến tới tương đương nhau trong khoảng $r > 68$ cm. Ta có thể nhận thấy rằng thành phần liều do neutron tán xạ với vật liệu phía sau liều kế chỉ đáng kể khi bề dày thủy tinh hữu cơ phía sau liều kế lớn hơn 12 cm. Đóng góp của thành phần tán xạ với vật liệu phía sau vào suất liều tổng

cộng trong trường hợp cực đại có thể lên tới 25%.

Đánh giá chiều dày bão hòa của thủy tinh hữu cơ phía sau liều kế trong trường hợp tán xạ một lần.

Kết quả của các thí nghiệm 1, 2 và 3 đã đi tới kết luận, thành phần liều do neutron tán xạ với vật liệu phía sau liều kế chỉ đáng kể khi bề dày thủy tinh hữu cơ lớn hơn 12 cm. Tuy nhiên kết luận

này chỉ đúng trong trường hợp liều kế được đặt giữa môi trường thủy tinh hữu cơ, khi đó các neutron có thể bị tán xạ nhiều lần trong môi trường. Trong thí nghiệm số 4, phía trước liều kế chỉ là không khí, do đó ta có thể đánh giá được đóng góp liều của các neutron tán xạ một lần với vật liệu thủy tinh hữu cơ phía sau liều kế. Kết quả của thí nghiệm 4 được đưa ra trong hình 6.



Hình 6: Phân bố suất liều neutron với bề dày thủy tinh hữu cơ phía sau liều kế thay đổi

Quan sát hình 6 ta nhận thấy rằng suất liều gây bởi thành phần tán xạ một lần nhanh chóng bão hòa chỉ sau 1 cm bề dày vật liệu. Điểm bão hòa không thể được xác định chính xác do các giới hạn trong thực nghiệm này. Tuy nhiên có thể khẳng định rằng bề dày bão hòa tương ứng với liều gây bởi neutron tán xạ một lần sẽ nhỏ hơn 10 mm.

Khi bề dày vật liệu tăng dần, ta nhận thấy liều tăng nhẹ, điều này có thể lý giải là do khi bề dày vật liệu tăng, thành phần tán xạ nhiều lần có khả năng xuất hiện nhiều hơn, và do đó đóng góp vào liều đo được.

IV. Kết luận

Phân bố liều neutron gây bởi nguồn ^{252}Cf trong phantom thủy tinh hữu cơ đã được xác định. Liều tổng cộng bị ảnh

hường mạnh do neutron tán xạ với thủy tinh hữu cơ đặt sau liều kế khi bề dày lớp thủy tinh hữu cơ lớn hơn 12 cm. Đóng góp của thành phần tán xạ gây bởi vật liệu ở phía sau liều kế có thể lên đến 25% giá trị tổng liều.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. S. Hiroki (2005), "Measurement of Neutron and Gamma-Ray Absorbed Doses inside Human Body in Criticality Accident Situations using Phantom and Tissue-equivalent dosimeters", in *JAERI*
2. Y. Yamaguchi and A. Endo (2003), "Analysis of dose distribution for heavily exposed workers in the first criticality accident in Japan", *Radiat. Res.*, no. 159, p. 535
3. T. Minh et al, "Design and evaluation of neutron howitzer design for research and education in training center at Dalat nuclear research institute using MCNP5 program", T5-2016, Science & technology development journal
4. "Californium-252 neutron source, Certificate No. 19744 for sealed radionuclide source, JSC State Scientific Centre, Research Institute of Atomic Reactors"
5. [Online]. Available: <http://www.hitachi.com/businesses/healthcare/products-support/radiation/dosemeter/pdm313/index.html>

STUDY ON NEUTRON DOSE DISTRIBUTION CAUSED BY ^{252}Cf SOURCE INSIDE ORGANIC GLASS PHANTOM

ABSTRACT

In this paper, the neutron dose distribution caused by a ^{252}Cf source inside an organic glass phantom was determined. In addition, the transmission of the neutron dose through the organic glass material and the dose attenuation via distance-to-source were also experimented in order to provide additional information to analyze the measured neutron dose distribution. The results of these experiments show that the contribution of the material positioned behind the dosimeter to the total neutron dose is maximally 25%.

Keywords: Neutron dose distribution, organic glass, ^{252}Cf

(Received: 17/8/2017, Revised: 25/9/2017, Accepted for publication: 28/5/2018)