

Trần Mạnh Toán,
Nguyễn Triệu Tú

HỆ SỐ SUY GIẢM GAMMA TỰ NHIÊN 1,46 MEV VÀ LÝ THUYẾT TÍNH SƠ CẤP BUỒNG PHÒNG THẤP

Phổ kế gamma tự nhiên toàn thân hiện đang được sử dụng tại quân y viện V103 để giám định sức khỏe của người. Phần quan trọng trong phổ kế là buồng phòng thấp (BFT) đã được làm chủ yếu bằng thép thanh lý cầu Phùng (có trước năm 1945). Công việc xây dựng buồng gồm 3 phần đoạn: Chế tạo mô hình buồng đo (MHBD) thể tích 8 dm³, đánh giá MHBD, xây dựng BFT thể tích 10 m³.

Trong công trình này chúng tôi tóm tắt kết quả đánh giá phẩm chất MHBD bằng hệ số suy giảm tốc độ đếm gamma tự nhiên 1,46 Mev và đề xuất một lý thuyết bán thực nghiệm dựa vào MHBD để tính toán với BFT.

1. HỆ SỐ SUY GIẢM GAMMA TỰ NHIÊN ĐỐI VỚI ĐỈNH 1,46 MEV

MHBD có tường che chắn được làm bằng thép thanh lý cầu Phùng, bề dày thay đổi từ 0 đến 20 Cm. Phẩm chất MHBD được đánh giá bằng sự khảo sát phổ phòng gamma tự nhiên khu vực thị xã Hà Đông và hệ số suy giảm tốc độ đếm đối với đỉnh 1,46 Mev trong phổ. Phổ kế ĐK-1024 mô tả ở [1] đã được sử dụng trong công trình này.

Phổ gamma thu được hoàn toàn phù hợp với dạng phổ phòng gamma tự nhiên khu vực Hà Nội ghi bằng detector Ge siêu tinh khiết của VKHVN. Đỉnh 1,46 Mev có trong phổ khi độ dày MHBD bằng 18 Cm chứng tỏ rằng thép để làm MHBD là loại sạch phóng xạ.

Sự phụ thuộc vào độ dày MHBD đối với các hệ số K1, K2, K3, K4, K5 và K6 đã được khảo sát. Trong đó K1 là tỷ số thành phần Gauss của tốc độ đếm trong và ngoài buồng đo tại đỉnh 1,46 Mev; K2 - tỷ số tốc độ đếm toàn phần trong và ngoài buồng đo tại 1,46 Mev; K3 - tỷ số tốc độ đếm tại kênh trung tâm trong và ngoài buồng đo cũng tại đỉnh 1,46 Mev; K4 - tỷ số tốc độ đếm tích phân trong khoảng năng lượng 95-2000 Kev trong và ngoài buồng đo; K5 - hệ số suy giảm cường độ tra cứu [2] đối với chùm gamma song song năng lượng 1,46 Mev của thép có tỷ trọng 7,89 g/cm³; K6 - hệ số suy giảm tốc độ đếm gamma tự nhiên tại đỉnh 1,46 Mev tính theo lý thuyết được đề xuất trong công trình này. Tốc độ đếm tại kênh trung tâm của đỉnh 1,46 Mev khi độ dày MHBD bằng 20 Cm là 0,05 xung/min.

II. LÝ THUYẾT TÍNH SƠ CẤP BFT

Tiếp theo ta sẽ ký hiệu :

1. $K_0 = n_{ng}/n_{dv}$ là hệ số suy giảm tốc độ đếm lý thuyết của gamma tự nhiên tại năng lượng E . Trong đó n_{ng} , n_{dv} là các thành phần Gaus của tốc độ đếm trong BFT có độ dày che chắn θ và tương ứng tại năng lượng được xét.

2. Dòng pha $\bar{J}(E, \bar{r}, \bar{\Omega}, \bar{v}, t)$ là số hạt phóng xạ trong một đơn vị thể tích gần tọa độ \bar{r} , trong một đơn vị thời gian gần thời điểm t , có năng lượng trong một đơn vị năng lượng gần giá trị E , có vận tốc \bar{v} định hướng trong một đơn vị góc khối gần $\bar{\Omega}$ [3].

3. Dòng pha bản $\bar{J}_b(E, \bar{r}, \bar{\Omega}, \bar{v}, t)$ là dòng pha của phóng xạ dò đi qua tường che chắn và bản vật liệu kết cấu trong buồng đo.

4. Các đại lượng V , S_{tr} , S_{ng} , μ là thể tích buồng đo, diện tích mặt giới hạn trong, ngoài buồng đo và hệ số hấp thụ tuyến tính đối với chùm gamma song song của vật liệu.

Mục đích bài toán đối với BFT là thiết lập sự phụ thuộc giải tích của K_0 vào các đại lượng kể trên. Do lời giải chính xác rất phức tạp và không có ứng dụng thực tiễn ta sẽ hạn chế giải bài toán với các điều kiện gần đúng sau đây : 1. Các dòng pha là đồng nhất, đẳng hướng và ổn định, tức là $\bar{J} = J(E)$; 2. Xem trường phóng xạ trong và ngoài buồng đo như khi lý tưởng có phương trình trạng thái $P/N = \text{const}$, có chênh lệch áp suất trong và ngoài buồng đo $P_{tr}/P_{ng} = \exp(\mu d)$; 3. Các mặt giới hạn trong và ngoài tường che chắn là tròn, tức là tiếp tuyến tại điểm bất kỳ với mặt cong không cắt chính nó ; 4. Độ dày tường che chắn là đồng nhất. Trong trường hợp này ta sẽ có :

Tốc độ thâm nhập của phóng xạ vào BFT qua phần tử bề mặt $\bar{n} \cdot dS_{ng}$ là :

$$dN_1 = 2\pi \int_0^{\pi/2} \cos \theta \cdot \exp(-\mu d / \cos \theta) \cdot \sin \theta \cdot d\theta \cdot J_{ng}(E) \cdot dS_{ng}; \quad \theta = (\widehat{\bar{J}_{ng}}, \bar{n}).$$

Tốc độ thoát biến của phóng xạ khỏi BFT qua phần tử bề mặt $\bar{n} \cdot dS_{tr}$ là :

$$dN_2 = 2\pi \int_0^{\pi/2} \cos \theta \cdot \sin \theta \cdot d\theta \cdot J_{tr}(E) \cdot dS_{tr}; \quad \theta = (\widehat{\bar{J}_{tr}}, \bar{n}).$$

Dùng phương trình trạng thái $P/N = \text{const}$, điều kiện $P_{ng}/P_{tr} = \exp(\mu d)$ ta có :

$$K_0 = J_{ng}(E)/J_{tr}(E) = I(\mu, d) \cdot \exp(\mu, d) \cdot S_{tr}/2S_{ng}, \\ I(\mu, d) = \mu d \cdot \exp(\mu d) / [1 + (\exp(-\mu d) - 1)/\mu d].$$

Hệ số suy giảm cần tìm sẽ là :

$$K_0 = J_{ng}/[J_{tr} + J_b] = K_0/[1 + K_0 \cdot J_b/J_{ng}]; \quad (1)$$

Từ (1) ta thấy với mỗi giá trị J_b/J_{ng} cho trước ta có độ dày che chắn tới hạn d và các gần đúng :

$$K_0 \approx K \text{ đối với } d \leq d_{th}; \quad K_0 \approx J_{ng}/J_b \text{ đối với } d > d_{th}. \quad (2)$$

Như vậy để tiếp tục tăng K6 khi $d > d_{th}$, các biện pháp giảm tới mức tối thiểu độ bắn phóng xạ của vật liệu che chắn và sự dò rỉ qua tường che chắn sẽ đóng vai trò quyết định.

Trong lý thuyết tính đối với BFT này, tỷ số J_{ng}/J_{tr} sẽ được xác định bán thực nghiệm vào tỷ số J_b/J_{ng} của MHBD kích thước nhỏ. Ta sẽ giả thiết :

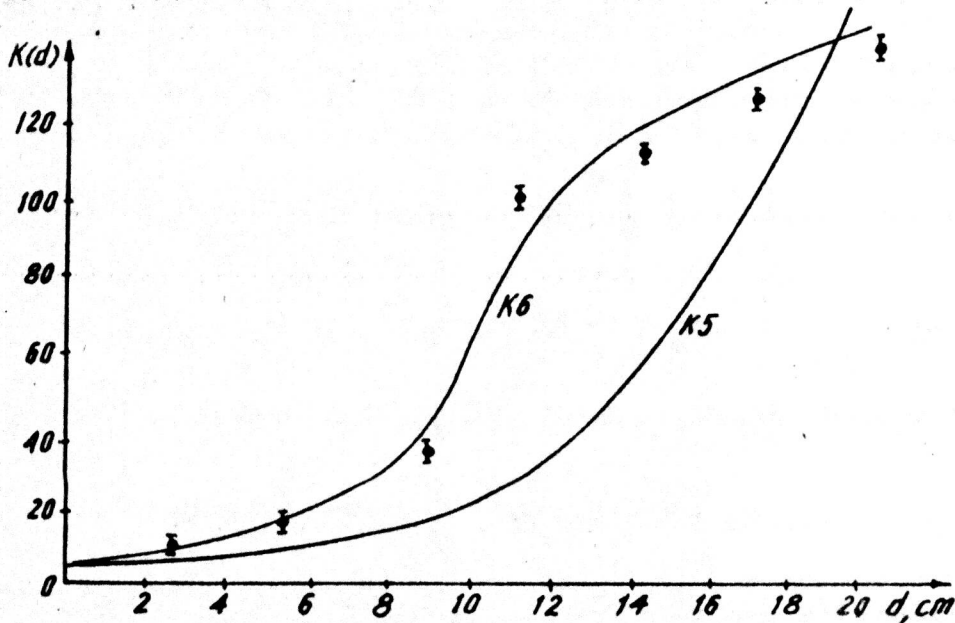
$$(J_b/J_{ng})_{BFT} = (J_b/J_{ng})_{MHBD} \cdot (V \cdot S_{db})_{BFT} / (V \cdot S_{db})_{MHBD}; \quad (3)$$

Từ 8 giá trị của K1(d) đối với MHBD ta có hệ thức sau :

$$(J_{ng}/J_b)_{MHBD} = \begin{cases} 300 \cdot \exp(-\mu d), & 0 \leq d \leq 12 \text{ Cm}, \\ 100 + 4,357 \cdot (d - 12), & d \geq 12 \text{ Cm}. \end{cases} \quad (4)$$

Ở hình vẽ dưới, trình bày các giá trị thực nghiệm của K1(d), sự phụ thuộc vào bề dày che chắn của MHBD của hệ số K5 tính cho chùm tia gamma song song đối với thép có tỷ trọng 7,89 g/cm³ và K6 tính theo các hệ thức (1),(2),(3) và (4).

Phụ thuộc K5(d), K6(d) và các giá trị thực nghiệm K1(d)



III. ĐÁNH GIÁ KẾT QUẢ ĐO VÀ LÝ THUYẾT THEO TIÊU CHUẨN THỐNG KÊ PHÒNG THẤP DEMENTIEV

Sai số thống kê tương đối của tốc độ đếm n và hệ số suy giảm K đã được tính theo phương pháp bán thực nghiệm Dementiev [4] như sau :

$$\delta_n^{tn} = \frac{1}{\sqrt{N_d}}; \quad \delta_K^{tn} = \sqrt{\frac{1}{N_0} + \frac{1}{N_d}}.$$

Trong các phép ghi nhận phổ, số đếm N tại đỉnh 1,46 Mev được chọn sao cho :

$$\delta_n^{tn} \leq 1\%, \quad \delta_K^{tn} \leq 1,4\%.$$

Để so sánh kết quả tính $K6(d)$ lý thuyết với kết quả đo $K1(d)$ đối với MHBD, đã sử dụng tiêu chuẩn đạt thô theo điều kiện thống kê Dementiev như sau :

$$|\chi| = \sqrt{\sum_{i=1}^q [K6(d) - K1(d)]^2 / (\sigma_{K1}^{in})^2} < 3 \sqrt{q}; \quad \sigma_{K1}^{in} = \delta_{K1}^{in} \cdot K1.$$

Phép so sánh cho thấy : Đối với nhóm giá trị $d = 3, 6, 9, 12$ Cm, tham số $|\chi| = 3,05 < 3 \cdot \sqrt{4}$ và đối với nhóm giá trị $d = 12, 15, 18, 20$ Cm, tham số $|\chi| = 4,62 < 3 \cdot \sqrt{4}$. Như vậy lý thuyết tính trên đối với BFT áp dụng cho MHBD thỏa mãn tiêu chuẩn trên.

Phép so sánh các hệ số $K2, K3, K4$ với $K1$ theo tiêu chuẩn đạt thô đã cho thấy các tham số $|\chi|$ không đạt yêu cầu. Như vậy tất cả các phương pháp đo gần đúng $K1$ theo các hệ thức cho $K2, K3, K4$ đều không thể chấp nhận.

Cuối cùng các tác giả chân thành cảm ơn PGS, PTS Phạm Quốc Hùng đã góp ý cho trình bày công trình này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Trần Mạnh Toàn, Nguyễn Triệu Tú. Tạp chí Khoa học, Vật lý. ĐHTHNN, 3/1990.Tr.3.
2. Голубев Б. П. Дозиметрия и защита от ионизирующих излучений, М. Атом., 1967, с. 363.
3. Бурьяк В. И. и др. Основы теории измерения, М. Атом., 1967, с. 27.
4. Деметьев В. А. Измерения малых активностей радшактивных препаратов, М. Атом., 1967, с. 2-5.

Tran Manh Toan, Nguyen Trieu Tu

THE 1,46 MEV NATURAL GAMMA-ATTENUANT AND THE HALF-EMPIRICAL CALCULATION THEORY FOR LOW-LEVEL CAMERAS

The 1,46 Mev natural gamma attenuant of the whole body irradiation low-level camera's simulator made by more than 50 years old steel has been measured. The half-empirical theory for calculation low-level cameras has been proposed.

Khoa Vật lý - ĐHTH Hà Nội