

# Phương pháp xác định nhanh bề dày ống thép bằng kỹ thuật tán xạ gamma

Võ Hoàng Nguyên<sup>1,2</sup>, Huỳnh Đình Chương<sup>2,3</sup>, Nguyễn Duy Thông<sup>1,2</sup>, Huỳnh Thanh Nhân<sup>1,2</sup>, Nguyễn Hữu Bảo<sup>1,2</sup>, Lê Thị Thu Thảo<sup>1,2</sup>, Trần Thiện Thanh<sup>1,2,3,\*</sup>, Châu Văn Tạo<sup>1,2,3</sup>



Use your smartphone to scan this QR code and download this article

<sup>1</sup>Bộ môn Vật lý Hạt nhân, Khoa Vật lý-Vật lý kỹ thuật, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam

<sup>2</sup>Đại học Quốc gia Thành Phố Hồ Chí Minh, Việt Nam

<sup>3</sup>Phòng thí nghiệm Kỹ thuật Hạt nhân, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam

## Liên hệ

**Trần Thiện Thanh**, Bộ môn Vật lý Hạt nhân, Khoa Vật lý-Vật lý kỹ thuật, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam

Đại học Quốc gia Thành Phố Hồ Chí Minh, Việt Nam

Phòng thí nghiệm Kỹ thuật Hạt nhân, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam

Email: tttthanh@hcmus.edu.vn

## Lịch sử

- Ngày nhận: 05-9-2021
- Ngày chấp nhận: 29-10-2021
- Ngày đăng: 20-11-2021

DOI: 10.32508/stdjns.v5i4.1126



## Bản quyền

© ĐHQG Tp.HCM. Đây là bài báo công bố mở được phát hành theo các điều khoản của the Creative Commons Attribution 4.0 International license.



## TÓM TẮT

Trong các phép đo nhằm phát hiện khuyết tật bên trong vật liệu bằng kỹ thuật gamma tán xạ, cường độ tán xạ một lần thường được chú ý. Tuy nhiên, việc xử lý phổ để xác định cường độ tán xạ một lần cần có thời gian, gây bất lợi đối với những phép kiểm tra nhanh. Nghiên cứu này hướng đến việc sử dụng cường độ tán xạ tổng để xác định bề dày của vật liệu. Trong các phép đo thực nghiệm, cường độ tán xạ tổng có thể được xác định một cách trực tiếp mà không cần xử lý phổ, nhờ đó thời gian kiểm tra mẫu được rút ngắn. Để tính toán bề dày của vật liệu, tỉ số cường độ tán xạ tổng  $R = I_x/I_{Ref}$  được sử dụng. Một đường chuẩn của R theo bề dày vật liệu được xây dựng bằng số liệu mô phỏng sử dụng MCNP6. Hệ đo tán xạ gamma sử dụng đầu dò NaI(Tl), nguồn phóng xạ  $^{137}\text{Cs}$ , bia tán xạ là các ống thép có đường kính ngoài 273 mm, góc tán xạ  $120^\circ$ . Dựa vào đường chuẩn R, bề dày của các ống thép thực tế được xác định bằng thực nghiệm đo tán xạ gamma. Kết quả tính toán cho thấy bề dày của các ống thép được xác định với độ sai biệt dưới 4% so với thực tế. Ngoài ra, các tính toán cũng cho thấy bề dày bảo hòa của thép đối với cường độ tán xạ tổng là lớn hơn đáng kể so với cường độ tán xạ một lần, nhờ đó có thể mở rộng giới hạn về bề dày của mẫu cần đo đạc.

**Từ khóa:** tán xạ gamma, ống thép, xác định bề dày của vật liệu

## MỞ ĐẦU

Hướng nghiên cứu ứng dụng kỹ thuật đo gamma tán xạ vào việc kiểm tra không phá hủy nhằm đánh giá các đặc trưng của vật liệu đã và đang thu hút được sự quan tâm của các nhà khoa học trong và ngoài nước. Nhiều công trình nghiên cứu được công bố trên các tạp chí khoa học uy tín đã chứng minh tính khả thi và độ chính xác của kỹ thuật đo này trong các ứng dụng như: đo bề dày của vật liệu<sup>1-3</sup>, phát hiện và đánh giá ăn mòn, khuyết tật trên bề mặt vật liệu kim loại<sup>4-7</sup>; kiểm tra vết nứt, lỗ rỗng trong bê tông xây dựng<sup>8</sup>; đo mật độ khối lượng và xác định mặt phân cách giữa hai môi trường có mật độ khác nhau<sup>9-11</sup>. Trong đó, một số nghiên cứu đã chỉ ra kỹ thuật gamma tán xạ cho kết quả phân tích có độ chính xác tương đương hoặc tốt hơn so với các kỹ thuật gamma truyền qua, chụp ảnh phóng xạ và chụp gamma cắt lớp<sup>12,13</sup>. Bên cạnh đó, một vài nghiên cứu gần đây cũng đang hướng đến việc ứng dụng kỹ thuật gamma tán xạ trong kiểm tra không phá hủy với nguồn phóng xạ có hoạt độ thấp, nhằm hạn chế sự ảnh hưởng của các tia bức xạ đối với người sử dụng<sup>6,14-16</sup>. Những kết quả ban đầu cũng đã cho thấy tính khả thi của việc dùng nguồn phóng xạ hoạt độ thấp. Điều này chứng minh rằng, kỹ thuật gamma tán xạ là một công cụ hiệu quả trong kiểm tra

không phá hủy cần được tiếp tục nghiên cứu để hoàn thiện.

Trong các phép đo gamma tán xạ nhằm phát hiện khuyết tật bên trong vật liệu, thành phần tán xạ một lần thường được chú ý hơn các thành phần tán xạ nhiều lần<sup>2,3,15</sup>. Nguyên nhân là do thể tích tán xạ của thành phần tán xạ một lần (vùng không gian giao cắt bên trong bề dày của bia giữa trường chiếu của nguồn phóng xạ và trường thu của đầu dò) nhỏ hơn đáng kể so với các thành phần tán xạ nhiều lần. Tuy nhiên, các tính toán dựa trên cường độ tán xạ một lần thường yêu cầu một quá trình xử lý phổ tương đối phức tạp. Trong những trường hợp cần xác định bề dày của những vật thể có độ dày đồng đều thì thể tích tán xạ nhỏ không còn là một lựa chọn ưu tiên. Do đó, việc xác định bề dày bằng cường độ tán xạ tổng mang lại lợi thế về thời gian tính toán. Huỳnh Đình Chương và cộng sự<sup>16</sup> đã đề xuất một phương pháp tính bề dày các tấm vật liệu phẳng dựa trên tỉ số cường độ tán xạ tổng. Các tác giả đã tính toán bề dày của các tấm nhôm phẳng dày 7,0–35,2 mm. Theo đó, sai lệch lớn nhất so với thực tế là 6,2%. Trong các hệ thống công nghiệp, các đường ống dẫn thường có đường kính lớn và trong nhiều trường hợp là đủ lớn để có thể bỏ qua độ cong của thành ống và xem thành ống như một

**Trích dẫn bài báo này:** Nguyên V H, Chương H D, Thông N D, Nhân H T, Bảo N H, Thảo L T T, Thanh T T, Tạo C V. **Phương pháp xác định nhanh bề dày ống thép bằng kỹ thuật tán xạ gamma.** *Sci. Tech. Dev. J. - Nat. Sci.*; 5(4):1686-1693.

tấm phẳng đối với các phép đo tán xạ gamma. Ngoài ra các ăn mòn phổ biến trên thành ống cũng có kích thước lớn và khiến bề dày thành ống tại vị trí ăn mòn giảm đi một cách đồng đều thay vì tạo thành các vết nứt có kích thước nhỏ. Do đó, phương pháp sử dụng tỉ số cường độ tán xạ tổng nói trên có thể áp dụng để xác định các vị trí bị ăn mòn trên thành ống. Nghiên cứu này nhằm đánh giá khả năng áp dụng của phương pháp nói trên đối với các đối tượng hình ống có đường kính lớn, được dùng rất nhiều trong các đường ống công nghiệp. Bên cạnh đó, các khảo sát đối với các kích thước khác nhau của ống chuẩn trực đầu dò cũng được xem xét.

## VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP

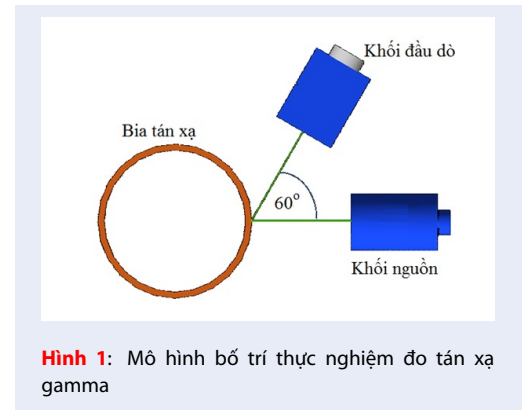
### Chương trình mô phỏng

Chương trình MCNP là phần mềm sử dụng phương pháp Monte Carlo để mô phỏng các quá trình vật lý hạt nhân đối với các hạt sơ cấp như neutron, photon và electron. Chương trình mô phỏng các quá trình tương tác của bức xạ với vật chất và được nghiên cứu và phát triển bởi Trung tâm thí nghiệm quốc gia Los Alamos. Phần mềm MCNP6 là phiên bản hợp nhất của MCNP và MCNPX, có thể mô tả được 37 loại hạt được sử dụng. Kết quả mô phỏng là một phổ tán xạ tổng và không thể tách được các thành phần tán xạ đơn thành phần<sup>17</sup>. Trong khi đó, chương trình mô phỏng GEANT4 lại có thể tách được các phổ thành phần như tán xạ một lần, hai lần và trên hai lần, từ đó có thể đánh giá được ảnh hưởng của các phổ tán xạ tổng. Chương trình GEANT4 tiến hành tạo lớp xác định tương tác của các hạt: có vai trò thiết lập các thông tin cần ghi nhận, cụ thể là xác định loại tương tác của hạt tới trên bia tán xạ trong mỗi sự kiện mô phỏng, từ đó ghi nhận những sự kiện có xảy ra tán xạ của hạt tới trên bia. Việc theo dõi quá trình tương tác của hạt tới được thiết lập ở lớp này thông qua bởi một mã lệnh thực hiện chức năng ghi nhận tương tác của người dùng từ đó thu được phổ tán xạ riêng biệt được ghi nhận bởi đầu dò<sup>18</sup>.

### Thực nghiệm

Hệ đo tán xạ gamma được sử dụng trong nghiên cứu này gồm một nguồn phóng xạ <sup>137</sup>Cs hoạt độ 5 mCi, một đầu dò NaI(Tl) có kích thước tinh thể 7,62 cm × 7,62 cm và các bia tán xạ là các ống thép C45 có đường kính ngoài 273 mm (đây là loại ống thương mại có kích thước lớn nhất có thể tiếp cận và vận chuyển một cách đơn giản). Các phép đo được bố trí với góc tán xạ 120°. Ở góc tán xạ này, tuy cường độ tán xạ tổng không được tối ưu nhưng về mặt bố trí hệ đo lại tương đối dễ dàng. Do đó, cách bố trí hệ đo mang tính ngẫu

nhiên càng cho thấy ý nghĩa của việc sử dụng cường độ tán xạ tổng để tính toán nếu kết quả đủ tốt so với dùng tán xạ một lần. Đầu dò được đặt bên trong các ống chuẩn trực có đường kính chuẩn trực lần lượt là 20 mm, 30 mm và 40 mm. Hình 1 mô tả bố trí thực nghiệm của hệ đo tán xạ gamma.



Hình 1: Mô hình bố trí thực nghiệm đo tán xạ gamma

Trước khi tiến hành các phép đo thực nghiệm cũng như các tính toán liên quan đến bề dày của bia tán xạ, tiến hành so sánh giữa cường độ tán xạ một lần và cường độ tán xạ tổng về sự biến thiên theo độ dày của bia tán xạ. Để có được thông tin về cường độ tán xạ một lần và cường độ tán xạ tổng, chương trình GEANT4 được sử dụng để mô phỏng hệ đo nói trên. Nhờ đặc điểm của chương trình GEANT4, đã có thể thu được cường độ tán xạ một lần, nhiều lần và tổng một cách trực tiếp mà không qua xử lý phổ. Từ so sánh này có thể thấy được những ưu thế khi sử dụng cường độ tán xạ tổng để tính bề dày vật liệu so với cường độ tán xạ một lần.

Để tính toán bề dày của vật liệu, sử dụng tỉ số  $R$ <sup>16</sup>:

$$R = \frac{I_x}{I_{Ref}} \quad (1)$$

trong đó:  $I_x$  là cường độ tán xạ tổng của bia có độ dày  $x$

$I_{Ref}$  là cường độ tán xạ tổng của bia chuẩn

Một đường chuẩn của  $R$  theo bề dày vật liệu  $x$  được xây dựng bằng số liệu mô phỏng sử dụng chương trình MCNP6. Phương trình đường chuẩn có dạng:

$$R = A (1 - e^{-B \cdot x}) \quad (2)$$

Để xây dựng đường chuẩn,  $x$  được thay đổi từ 2 mm tới 22mm. Các hệ số  $A$  và  $B$  thu được từ quá trình làm khớp đường chuẩn  $R$  bằng dữ liệu mô phỏng bằng chương trình MCNP6. Dựa vào đường chuẩn đó để tính bề dày của các ống thép thực tế bằng thực nghiệm đo tán xạ gamma. Các ống thép thực tế có độ dày từ

1,94 mm đến 12,0 mm, trong đó bia 12,0 mm được chọn làm bia chuẩn. Bề dày 12,0 mm được chọn làm chuẩn để thỏa mãn 2 điều kiện: phải nhỏ hơn bề dày bảo hòa và cường độ tán xạ trên bề dày chuẩn phải đủ tốt về mặt thống kê.

Phương trình (2) có thể viết lại như sau:

$$x = \frac{-1}{B} \cdot \ln \left( 1 - \frac{R}{A} \right) \quad (3)$$

Công thức (3) được sử dụng để tính bề dày của các ống thép thực tế sau khi đo được cường độ tán xạ tổng và suy ra  $R$  tương ứng. Sai số bề dày được xác định bởi công thức:

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\ln^2 \left( 1 - \frac{R}{A} \right) \cdot \sigma_B^2}{B^4} + \frac{\sigma_B^2 + \frac{R^2 \cdot \sigma_A^2}{A^2}}{B^2 \cdot (A - R)^2}}$$

Trong đó,  $\sigma_x$  là sai số tại bề dày  $x$ ;  $\sigma_R$  là sai số của tỉ số  $R$ .

## KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

### Kết quả khảo sát và so sánh bằng GEANT4

Bảng 1 trình bày dữ liệu khảo sát cường độ tán xạ một lần và cường độ tán xạ tổng bằng GEANT4. Dữ liệu này được dùng để xây dựng các đường cong bão hòa<sup>3,15</sup> được trình bày trong Hình 2.

Phương trình đường cong bão hòa có dạng<sup>3,15</sup>:

$$I = I_S \cdot (1 - e^{-\mu_S \cdot x}) \quad (5)$$

Theo đó, phương trình đường cong bão hòa của tán xạ một lần và tán xạ tổng lần lượt là:

$$I_{Single} = 74399 \cdot [1 - \exp(-0,24105 \cdot x)] \quad (6)$$

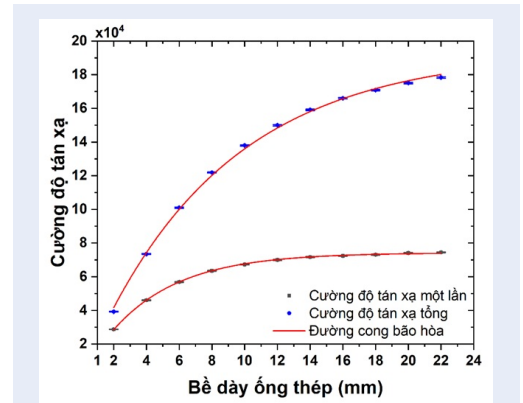
$$I_{Total} = 191448 \cdot [1 - \exp(-0,12365 \cdot x)] \quad (7)$$

Từ phương trình đường cong bão hòa, bề dày bão hòa được tính theo công thức<sup>15</sup>:

$$T_0 = -\frac{1}{\mu_S} \ln \left[ 1 - \left( 1 - \frac{k}{\sqrt{I_S}} \right)^2 \right] \quad (8)$$

Kết quả tính được các bề dày bão hòa tương ứng là:  $T_{o-single} = 17,6$  mm và  $T_{total} = 38,2$  mm.

Các phương trình (6) và (7) cho thấy đường cong bão hòa của cường độ tán xạ tổng có độ dốc lớn hơn hẳn cường độ tán xạ một lần. Do đó, việc tính bề dày của vật liệu bằng cường độ tán xạ tổng sẽ giảm thiểu được ảnh hưởng của sai số thống kê. Ngoài ra, kết quả tính các bề dày bão hòa cũng cho thấy cường độ tán xạ tổng có bề dày bão hòa lớn hơn so với tán xạ một lần. Bề dày bão hòa lớn hơn sẽ cho phép mở rộng giới hạn đo của các phép đo kiểm tra bề dày vật liệu.



Hình 2: Đường cong bão hòa của các thành phần tán xạ khảo sát bằng GEANT4

### Xây dựng đường chuẩn $R$ sử dụng cường độ tán xạ tổng bằng MCNP6

Các kết quả từ Bảng 2 trình bày quy luật thay đổi của tỉ số  $R$  theo bề dày thành ống, được thể hiện qua 3 phương trình (9), (10) và (11). Theo đó,  $R$  tăng dần theo bề dày thành ống như một quy luật. Tuy nhiên tỉ số  $R$  của mỗi bề dày ở 3 kích thước ống chuẩn trực lại không có sự thay đổi rõ rệt. Các hệ số của các phương trình đường chuẩn (9), (10), (11) cũng có sự tương đồng nhất định. Điều này dự báo về tính ổn định của tỉ số  $R$  khi thay đổi kích thước của ống chuẩn trực đầu dò. Trong các nghiên cứu tiếp theo, sẽ tiến hành các thí nghiệm để kiểm chứng nhận định này.

Dựa vào Bảng 2, phương trình đường chuẩn  $R$  đối với các ống chuẩn trực 20 mm, 30 mm, 40 mm được xác định lần lượt là:

$$R_{20} = 1,2775 \cdot (1 - e^{-0,1252 \cdot x}) \quad (9)$$

$$R_{30} = 1,2612 \cdot (1 - e^{-0,1291 \cdot x}) \quad (10)$$

$$R_{40} = 1,2888 \cdot (1 - e^{-0,1339 \cdot x}) \quad (11)$$

### Kết quả tính bề dày các ống thép thực tế

Sau khi có được các phương trình đường chuẩn  $R$ , các phép đo thực nghiệm được tiến hành trên các ống thép để thu được cường độ tán xạ tổng và lập tỉ số với ống thép dày 12,0 mm để tính tỉ số  $R$ , từ đó tính toán lại bề dày của các ống thép và so sánh với thực tế sử dụng thước kẹp điện tử có sai số là 0,01 mm. Các kết quả tính được trình bày trong Bảng 3. Kết quả tính toán trong Bảng 3 cho thấy phương pháp được sử dụng trong nghiên cứu này có khả năng xác định bề dày các ống thép với sai số và độ sai biệt rất nhỏ so với thực tế. Sai biệt lớn nhất được ghi nhận là 4% với duy nhất một trường hợp bia dày 1,94 mm với ống chuẩn trực 20 mm, các trường hợp còn lại đều có sai biệt dưới 2,5%.

**Bảng 1:** Cường độ tán xạ một lần và cường độ tán xạ tổng khảo sát bằng GEANT4

Bề dày bia (mm)	Cường độ tán xạ một lần (Số đếm)	Cường độ tán xạ tổng (Số đếm)
2	28751 ± 170	39244 ± 198
4	46067 ± 215	73509 ± 271
6	56891 ± 239	100994 ± 318
8	63442 ± 252	121917 ± 349
10	67261 ± 259	137946 ± 371
12	69958 ± 264	149960 ± 387
14	71683 ± 268	159138 ± 399
16	72413 ± 269	166022 ± 407
18	73103 ± 270	170840 ± 413
20	74124 ± 272	175033 ± 418
22	74501 ± 273	178276 ± 422

## KẾT LUẬN

Nghiên cứu này đã cho thấy khả năng ứng dụng phương pháp tính bề dày vật liệu dựa vào cường độ tán xạ tổng và tỉ số  $R$  có thể áp dụng cho các ống thép. Điều này đặc biệt có ý nghĩa trong các phép đo khảo sát tại hiện trường nhờ vào lợi điểm không cần xử lý phổ tán xạ gamma, cường độ tán xạ tổng có thể thu được một cách dễ dàng bằng cách sử dụng một bộ phân tích đơn kênh. Nhờ đó, kết quả thu được nhanh chóng, đơn giản và có chi phí thấp.

## DANH MỤC CÁC TỪ VIẾT TẮT

MCNP6: Monte Carlo N Particles version 6  
GEANT4: Geometry And Tracking version 4

## XUNG ĐỘNG LỢI ÍCH

Nhóm tác giả cam kết không mâu thuẫn quyền lợi và nghĩa vụ của các thành viên.

## ĐÓNG GÓP CỦA CÁC TÁC GIẢ

Võ Hoàng Nguyên thiết kế nghiên cứu, viết bài báo.  
Huỳnh Đình Chương, Huỳnh Thanh Nhân, Lê Thị Thu Thảo chế tạo các thiết bị và đo đạc thực nghiệm.  
Nguyễn Hữu Bảo, Nguyễn Duy Thông viết tập tin mô phỏng và chương trình làm khớp số liệu.  
Trần Thiện Thanh tìm kiếm nguồn tài trợ, chỉnh sửa bài báo.  
Châu Văn Tạo chỉnh sửa bài báo.

## LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu được tài trợ bởi Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh (ĐHQG-HCM) trong khuôn khổ

Đề tài mã số VL2020-18-02.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Nghiep TD, Khai NT, Cong NT, Minh DTN. Characterization of a material by probability of linear scattering using effect of target thickness. J Radioanal Nucl Chem 295:1039-1042. 2013; Available from: <https://doi.org/10.1007/s10967-012-2290-0>.
2. Tam HD, Chuong HD, Thanh TT. Advanced gamma spectrum processing technique applied to the analysis of scattering spectra for determining material thickness. J Radioanal Nucl Chem 303:693-699. 2015; Available from: <https://doi.org/10.1007/s10967-014-3378-5>.
3. Nguyen VH, Tam HD, Tran LBI. A semi-empirical method for measuring thickness of pipe-wall using gamma scattering technique. J Radioanal Nucl Chem 308:1011-1016. 2016; Available from: <https://doi.org/10.1007/s10967-015-4579-2>.
4. Silva ILM, Lopes RT, De Jesus EFO. Tube defects inspection technique by using Compton gamma-rays backscattering. Nucl Instruments Methods Phys Res Sect A Accel Spectrometers, Detect Assoc Equip 422:957-963. 1999; Available from: [https://doi.org/10.1016/S0168-9002\(98\)01052-3](https://doi.org/10.1016/S0168-9002(98)01052-3).
5. Gouveia MAG, Lopes RT, De Jesus EFO, Camerini CS. Materials characterization in petroleum pipeline using Compton Scattering technique. Nucl Instruments Methods Phys Res Sect A Accel Spectrometers, Detect Assoc Equip 505:540-543. 2003; Available from: [https://doi.org/10.1016/S0168-9002\(03\)01142-2](https://doi.org/10.1016/S0168-9002(03)01142-2).
6. Abdul-Majid S, Balamesh A, Al Othmany D. Corrosion imaging and thickness determination using micro-curie radiation sources based on gamma-ray backscattering: Experiments and MCNP simulation. Res Nondestruct Eval 26:43-59. 2015; Available from: <https://doi.org/10.1080/09349847.2014.967899>.
7. Margret M, Menaka M, Subramanian V. Non-destructive inspection of hidden corrosion through Compton backscattering technique. Radiat Phys Chem 152:158-164. 2018; Available from: <https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2018.07.015>.
8. Akar TU, Ozmutlu EN, Gurler O. Monte Carlo modelling of single and multiple Compton scattering profiles in a concrete material. Radiat Phys Chem 85:12-17. 2013; Available from: <https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2012.10.018>.

**Bảng 2: Kết quả khảo sát R theo bề dày vật liệu bằng MCNP6**

Bề dày ống thép (mm)	Đường kính chuẩn trực 20 mm		Đường kính chuẩn trực 30 mm		Đường kính chuẩn trực 40 mm	
	Cường độ tán xạ tổng	R	Cường độ tán xạ tổng	R	Cường độ tán xạ tổng	R
2	77667 ± 279	0,2689 ± 0,0028	105572 ± 325	0,2771 ± 0,0025	134654 ± 367	0,2949 ± 0,0024
3	114840 ± 339	0,3975 ± 0,0036	151485 ± 389	0,3976 ± 0,0031	191845 ± 438	0,4202 ± 0,0029
4	147021 ± 383	0,5089 ± 0,0042	192622 ± 439	0,5056 ± 0,0036	242811 ± 493	0,5318 ± 0,0034
5	170992 ± 414	0,5919 ± 0,0047	228815 ± 478	0,6006 ± 0,0041	287687 ± 536	0,6301 ± 0,0039
6	195222 ± 442	0,6758 ± 0,0051	260685 ± 511	0,6843 ± 0,0045	326799 ± 572	0,7157 ± 0,0042
7	216589 ± 465	0,7498 ± 0,0055	288655 ± 537	0,7577 ± 0,0048	360840 ± 601	0,7903 ± 0,0045
8	235174 ± 485	0,8141 ± 0,0058	312669 ± 559	0,8207 ± 0,0051	390329 ± 625	0,8549 ± 0,0048
9	251565 ± 502	0,8708 ± 0,0061	333681 ± 578	0,8759 ± 0,0054	415785 ± 645	0,9106 ± 0,0050
10	266022 ± 516	0,9209 ± 0,0064	351789 ± 593	0,9234 ± 0,0056	437719 ± 662	0,9587 ± 0,0052
11	278322 ± 528	0,9635 ± 0,0066	367466 ± 606	0,9645 ± 0,0058	456583 ± 676	1,0000 ± 0,0054
12	288876 ± 537	1,0000 ± 0,0068	380979 ± 617	1,0000 ± 0,0059	456589 ± 676	1,0000 ± 0,0054
13	297385 ± 545	1,0295 ± 0,0069	392671 ± 627	1,0307 ± 0,0060	487172 ± 698	1,0670 ± 0,0057
14	306287 ± 553	1,0603 ± 0,0071	403022 ± 635	1,0579 ± 0,0062	499435 ± 707	1,0938 ± 0,0058
15	313321 ± 560	1,0846 ± 0,0072	411829 ± 642	1,0810 ± 0,0063	510120 ± 714	1,1172 ± 0,0059
16	319508 ± 565	1,1060 ± 0,0073	419629 ± 648	1,1014 ± 0,0064	519332 ± 721	1,1374 ± 0,0060
17	324829 ± 570	1,1245 ± 0,0074	426324 ± 653	1,1190 ± 0,0064	527419 ± 726	1,1551 ± 0,0060
18	329392 ± 574	1,1403 ± 0,0075	432073 ± 657	1,1341 ± 0,0065	534320 ± 731	1,1702 ± 0,0061
19	333142 ± 577	1,1532 ± 0,0076	437098 ± 661	1,1473 ± 0,0066	540272 ± 735	1,1833 ± 0,0061
20	337026 ± 581	1,1667 ± 0,0076	441463 ± 664	1,1588 ± 0,0066	545565 ± 739	1,1949 ± 0,0062
21	339977 ± 583	1,1769 ± 0,0077	445204 ± 667	1,1686 ± 0,0067	550067 ± 742	1,2047 ± 0,0062
22	342587 ± 585	1,1859 ± 0,0077	448449 ± 670	1,1771 ± 0,0067	554086 ± 744	1,2135 ± 0,0063

**Bảng 3: Kết quả xác định bề dày các ống thép bằng thực nghiệm**

Đường kính ống chuẩn trực	Bề dày thực tế (mm)	R	Bề dày tính toán (mm)	Độ sai biệt (%)	Độ sai biệt trung bình (%)
20 mm	1,94 ± 0,01	0,2850 ± 0,0031	2,02 ± 0,04	4,0	1,2
	3,82 ± 0,01	0,4836 ± 0,0043	3,80 ± 0,07	0,5	
	4,91 ± 0,01	0,5893 ± 0,0049	4,94 ± 0,09	0,7	
	5,86 ± 0,01	0,6607 ± 0,0053	5,82 ± 0,11	0,7	
	6,98 ± 0,01	0,7519 ± 0,0058	7,09 ± 0,14	1,6	
	7,97 ± 0,01	0,8091 ± 0,0061	8,01 ± 0,16	0,6	
	8,96 ± 0,01	0,8669 ± 0,0065	9,07 ± 0,19	1,2	
	9,91 ± 0,01	0,9097 ± 0,0067	9,95 ± 0,22	0,4	
30 mm	1,94 ± 0,01	0,2742 ± 0,0026	1,90 ± 0,03	2,1	1,1
	3,82 ± 0,01	0,4957 ± 0,0038	3,87 ± 0,06	1,2	
	4,91 ± 0,01	0,5921 ± 0,0042	4,91 ± 0,08	0,0	
	5,86 ± 0,01	0,6751 ± 0,0046	5,94 ± 0,10	1,3	
	6,98 ± 0,01	0,7597 ± 0,0050	7,14 ± 0,12	2,3	
	7,97 ± 0,01	0,8119 ± 0,0053	7,99 ± 0,14	0,3	
	8,96 ± 0,01	0,8593 ± 0,0055	8,86 ± 0,16	1,2	
	9,91 ± 0,01	0,9083 ± 0,0057	9,86 ± 0,19	0,5	
40 mm	1,94 ± 0,01	0,3002 ± 0,0025	1,98 ± 0,03	2,1	1,4
	3,82 ± 0,01	0,5219 ± 0,0035	3,88 ± 0,05	1,5	
	4,91 ± 0,01	0,6148 ± 0,0039	4,84 ± 0,06	1,4	
	5,86 ± 0,01	0,7074 ± 0,0043	5,94 ± 0,08	1,4	
	6,98 ± 0,01	0,7738 ± 0,0046	6,85 ± 0,10	1,9	
	7,97 ± 0,01	0,8375 ± 0,0049	7,84 ± 0,12	1,7	
	8,96 ± 0,01	0,8973 ± 0,0051	8,90 ± 0,14	0,7	
	9,91 ± 0,01	0,9500 ± 0,0054	9,98 ± 0,16	0,7	

- Tondon A, Singh M, Sandhu BS, Singh B. A Compton scattering technique for concentration and fluid-fluid interface measurements using NaI(Tl) detector. Nucl Instruments Methods Phys Res Sect B Beam Interact with Mater Atoms 403:21-27. 2017; Available from: <https://doi.org/10.1016/j.nimb.2017.04.080>.
- Chuong HD, Kim Anh NT, Sang TT. A study on the sensitivity of the measurement of liquid density at different scattering angles using a gamma scattering technique. Appl Radiat Isot 176:109897. 2021; Available from: <https://doi.org/10.1016/j.apradiso.2021.109897>.
- Mohamed NMA. Dual displacer-gamma ray system for level measurement of fluids-interface in oil separator. Radiat Phys Chem 184:109453. 2021; Available from: <https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2021.109453>.
- Priyada P, Margret M, Ramar R, Shivaramu. Intercomparison of gamma ray scattering and transmission techniques for fluid-fluid and fluid-air interface levels detection and density measurements. Appl Radiat Isot 70:462-469. 2012; Available from: <https://doi.org/10.1016/j.apradiso.2011.10.019>.
- Priyada P, Margret M, Ramar R, et al. Intercomparison of gamma scattering, gammatography, and radiography techniques for mild steel nonuniform corrosion detection. Rev Sci Instrum 82. 2011; Available from: <https://doi.org/10.1063/1.3562893>.
- Tam HD, Le NTM. An improved method for liquid density measurement using NaI(Tl) detector and low-strength source. J Radioanal Nucl Chem 317:161-168. 2018; Available from: <https://doi.org/10.1007/s10967-018-5878-1>.
- Nguyen VH, Chuong HD, Thanh TT, Van TC. New method for processing gamma backscattering spectra to estimate saturation depth and to determine thickness of aluminum and steel materials. J Radioanal Nucl Chem 315:293-298. 2018; Available from: <https://doi.org/10.1007/s10967-017-5671-6>.
- Chuong HD, Ngoc Trang LT, Tam HD. A new approach for determining the thickness of material plate using gamma backscattering method. NDT E Int 113:102281. 2020; Available from: <https://doi.org/10.1016/j.ndteint.2020.102281>.
- Goorley T, James M, Booth T, et al. Features of MCNP6. Ann Nucl Energy 87:772-783. 2016; Available from: <https://doi.org/>

[10.1016/j.anucene.2015.02.020](https://doi.org/10.1016/j.anucene.2015.02.020).

18. Agostinelli S, Allison J, Amako K, et al. GEANT4 - A simulation toolkit. Nucl Instruments Methods Phys Res Sect A Accel

Spectrometers, Detect Assoc Equip 506:250-303. 2003;Available from: [https://doi.org/10.1016/S0168-9002\(03\)01368-8](https://doi.org/10.1016/S0168-9002(03)01368-8).



# A rapid method using the gamma scattering technique to estimate the pipe-line thickness

Vo Hoang Nguyen<sup>1,2</sup>, Huynh Dinh Chuong<sup>2,3</sup>, Nguyen Duy Thong<sup>1,2</sup>, Huynh Thanh Nhan<sup>1,2</sup>,  
Nguyen Huu Bao<sup>1,2</sup>, Le Thi Thu Thao<sup>1,2</sup>, Tran Thien Thanh<sup>1,2,3,\*</sup>, Chau Van Tao<sup>1,2,3</sup>



Use your smartphone to scan this QR code and download this article

<sup>1</sup>Department of Nuclear Physics, Faculty of Physics and Engineering Physics, University of Science, Ho Chi Minh city, Vietnam

<sup>2</sup>Vietnam National University, Ho Chi Minh city, Vietnam

<sup>3</sup>Nuclear Technique Laboratory, University of Science, Ho Chi Minh city, Vietnam

## Correspondence

**Tran Thien Thanh**, Department of Nuclear Physics, Faculty of Physics and Engineering Physics, University of Science, Ho Chi Minh city, Vietnam

Vietnam National University, Ho Chi Minh city, Vietnam

Nuclear Technique Laboratory, University of Science, Ho Chi Minh city, Vietnam

Email: tttanh@hcmus.edu.vn

## History

- Received: 05-9-2021
- Accepted: 29-10-2021
- Published: 20-11-2021

DOI : 10.32508/stdjns.v5i4.1126



## Copyright

© VNU-HCM Press. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International license.



## ABSTRACT

In measurements to detect defects inside the materials by gamma-scattered technique, the single scattering intensity was often noticed. However, the spectrum processing to determine single scattering intensities was time consuming, which was detrimental to quick tests. This study aimed to use the total scattering intensity to determine the thickness of the material. In experimental measurements, the total scattering intensity can be determined directly without spectrum processing, thereby shortening the sample inspection time. To calculate the thickness of the material, the total scattering intensity ratio  $R = I_x/I_{Ref}$  was used. A standard curve of R against the material thickness was built from simulation data using MCNP6. The gamma scattering measurement system used a NaI(Tl) detector, a radioactive source  $^{137}\text{Cs}$ , the scattering targets were steel pipes with an outer diameter of 273 mm, a scattering angle of  $120^\circ$ . Based on the standard curve of R, the thickness of the real steel pipes was determined by experimental gamma scattering. The results showed that the thickness of steel pipes was determined with a deviation of less than 4% compared to reality. In addition, the calculations also showed that the saturation thickness of steel for the total scattering intensity was significantly larger than that of the single scattering intensity, thereby extending the limit on the thickness of the samples to be measured.

**Key words:** gamma scattering, steel pipes, estimate the thickness

**Cite this article :** Nguyen V H, Chuong H D, Thong N D, Nhan H T, Bao N H, Thao L T T, Thanh T T, Tao C V. **A rapid method using the gamma scattering technique to estimate the pipe-line thickness.** *Sci. Tech. Dev. J. - Nat. Sci.*; 5(4):1686-1693.