

XÁC ĐỊNH HỆ SỐ HẤP THỤ BỨC XẠ CỦA NHÔM ĐỐI VỚI BETA BẰNG HỆ ĐẾM ST-360

Trương Văn Minh¹
Trần Huy Dũng¹
Nguyễn Thị Thùy Trang¹

TÓM TẮT

Hệ số hấp thụ của bức xạ đối vật liệu là thông số rất quan trọng tính toán che chắn an toàn. Nó liên quan đến tính chất của loại bức xạ, năng lượng bức xạ, bản chất và mật độ của vật liệu che chắn. Việc xác định hệ số hấp thụ bức xạ của vật liệu là cần thiết nó phục vụ cho vấn đề an toàn bức xạ. Bài báo thiết lập hệ đo hệ số hấp thụ bức xạ của nhôm đối với bức xạ beta nhằm kiểm tra đánh giá kết quả tính toán lý thuyết và số liệu thực nghiệm. Thực nghiệm đo đặc hệ số hấp thụ của nhôm đối với bức xạ beta bằng hệ đếm ST-360 do Mỹ sản xuất. Kết quả cho thấy có sự phù hợp giữa lý thuyết và thực nghiệm với sai số nhỏ và độ chính xác cao.

Từ khóa: Hệ số hấp thụ bức xạ, bức xạ beta, hệ đếm ST-360

1. Tổng quan

Trong quá trình tương tác của bức xạ như alpha và beta, các tia gamma và tia X với vật chất, tùy thuộc vào loại và năng lượng của bức xạ cũng như bản chất của môi trường hấp thụ mà xảy ra các hiệu ứng khác nhau. Tuy nhiên các hiệu ứng chung khi tương tác của bức xạ với vật chất là kích thích và ion hóa nguyên tử của môi trường hấp thụ [1, 2, 3]. Trong khuôn khổ của bài viết này chúng tôi trình bày quá trình tương tác của hạt beta với vật chất.

Do hạt beta mang điện tích nên cơ chế tương tác của hạt beta là tương tác tĩnh điện với các electron quỹ đạo làm kích thích và ion hóa môi trường. Hạt beta mất một phần năng lượng E_t để bứt một electron ra ngoài. Trong nhiều trường hợp electron bị bứt ra có động năng đủ lớn để có thể ion hóa nguyên tử

tiếp theo gọi là electron thứ cấp hay delta electron. Do hạt beta chỉ mất một phần năng lượng để ion hóa nguyên tử nên dọc theo đường đi của mình, nó có thể gây ra một số lớn cặp ion [3].

Do hạt beta mất năng lượng dọc theo đường đi của mình nên nó chỉ đi được một quãng đường hữu hạn. Như vậy, khi đi qua vật chất chùm tia này bị dừng lại sau một quãng đường đi nào đó. Khoảng đường đi này gọi là quãng chạy của hạt beta, quãng chạy của hạt beta phụ thuộc vào năng lượng tia beta và mật độ vật chất của môi trường hấp thụ. Biết được quãng chạy của hạt beta với năng lượng cho trước có thể tính được độ dày của vật che chắn làm từ vật liệu cho trước. Một đại lượng thường dùng khi tính toán thiết kế che chắn là độ dày hấp thụ một nửa, tức là độ dày của chất hấp thụ làm giảm số hạt beta

¹Trường Đại học Đồng Nai
Email: truongminhdnu@gmail.com

ban đầu còn lại 1/2 sau khi đi qua bản hấp thụ [3, 4].

Ngoài bề dày tuyến tính $d(\text{cm})$ người ta còn dùng bề dày mật độ $d_m(\text{g}/\text{cm}^2)$, được xác định như sau:

$$d_m \left(\frac{\text{g}}{\text{cm}^2} \right) = \rho \left(\frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \right) \cdot d(\text{cm}) \quad (1)$$

Trong đó ρ là mật độ khối của chất hấp thụ tính theo g/cm^3 .

2. Cơ sở lý thuyết và thiết bị thực nghiệm

2.1. Cơ sở lý thuyết

Đo đạc thực nghiệm dựa trên cơ sở lý thuyết về sự suy giảm của bức xạ khi đi qua vật chất. Để tính toán độ hấp thụ của beta, ta sử dụng công thức:

$$I = I_0 \cdot e^{-\mu x} \quad (2)$$

Với μ là hệ hấp thụ tuyến tính, x là bề dày của vật liệu (cm), I là cường độ bức xạ sau khi qua vật liệu che chắn, I_0 là cường độ bức xạ ban đầu. Khi đo đạc thực nghiệm chúng ta có thể đo đạc sự suy giảm của số đếm mà hệ ghi nhận được sau khi bức xạ qua vật liệu thay vì đo độ suy giảm về cường độ bức xạ. Như vậy, ta có thể sử dụng công thức tính sự suy giảm bức xạ theo số đếm ghi nhận được khi đi qua vật liệu như sau:

$$N = N_0 \cdot e^{-\mu d} \quad (3)$$

$$\mu = -\frac{\ln\left(\frac{N}{N_0}\right)}{d} \quad (4)$$

Trong đó:

N : Số đếm ghi nhận được khi có vật liệu che chắn giữa nguồn và máy đo.

N_0 : Số đếm ghi nhận được khi không có vật liệu che chắn giữa nguồn và máy đo.

Như vậy, ta tiến hành đo đạc thực nghiệm để xác định số đếm N , số đếm N_0 ứng với các vật liệu nhôm có bề dày d khác nhau. Từ đó sẽ tính được hệ số hấp thụ bức xạ của nhôm đối với bức xạ beta.

2.2. Thiết bị thực nghiệm

Hệ ST-360 bao gồm các đầu nối BNC và MHV, nguồn nuôi thế cao có độ ổn định cao, mức thay đổi điện áp từ 0 tới +1200V, dòng 0.5mA ứng với điện thế 1200V phù hợp với ống đếm Geiger Muller (GM) sử dụng đầu dò nhấp nháy.

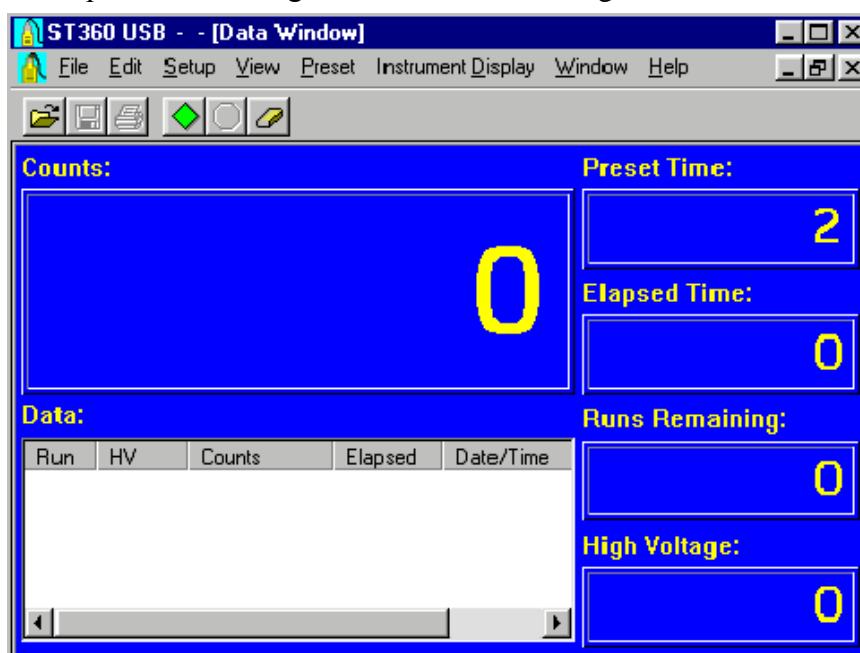
Quá trình tiến hành thí nghiệm được thực hiện thông qua việc kết nối với máy tính trên hệ điều hành Microsoft Windows qua cổng RS232 hoặc USB. Phần mềm LABLINK hỗ trợ tất cả các điều khiển của ST-360 và cho phép truyền dữ liệu theo thời gian thực vào máy tính. Dữ liệu này có thể được lưu trong các tập tin tương thích dạng bảng nên dễ dàng phân tích dữ liệu và biểu diễn các đồ thị khi xử lý bằng những phần mềm khác.



Hình 1: Hệ đếm ST-360 [5, 7]

Phần mềm có thể thực hiện việc đếm lặp lại số lần đếm và thời gian định trước, đồng thời có chế độ lặp cho phép tự động đếm lặp theo bước tăng của cao

thế sau mỗi chu trình đếm. Phần mềm đã hỗ trợ đầy đủ phần điều khiển hệ phổ kế ST-360 tương thích PC chạy trong môi trường Windows XP, Windows 7.



Hình 2: Giao diện phần mềm LABLINK của hệ ST-360 [5, 7]

3. Kết quả thực nghiệm

Chúng tôi tiến hành đo mẫu khi có vật liệu che chắn để xác định số đếm

ghi nhận được của nguồn phát khi bị hấp thụ bởi các vật liệu che chắn. Nguồn được sử dụng trong thí nghiệm

là nguồn ^{90}Sr có chu kỳ bán rã 28,90 năm, nguồn ^{90}Sr phát tia beta với các đỉnh năng lượng beta lớn nhất là 2274keV chiếm 99,98% và 513keV chiếm 0,02%. Ngoài ra còn phát bức xạ gamma 1761keV [6]. Cố định vị trí đặt nguồn, khoảng cách từ vị trí đặt nguồn

đến detector 2cm và cố định vị trí detector và nguồn trong suốt quá trình đo. Đặt khoảng cách cố định ở giữa nguồn và detector tấm vật liệu hấp thụ nhôm là 1 cm. Tiến hành đo 20 lần và kết quả đo được trình bày trong bảng 1.

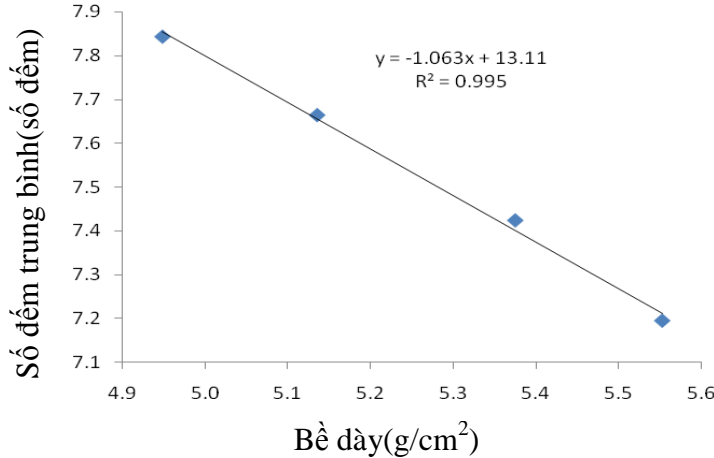
Bảng 1: Kết quả đo có vật liệu nhôm che chắn với độ dày d khác nhau

Số lần đo	N_1 (số đếm) $d = 141 \text{ g/cm}^2$	N_2 (số đếm) $d = 170 \text{ g/cm}^2$	N_3 (số đếm) $d = 216 \text{ g/cm}^2$	N_4 (số đếm) $d = 258 \text{ g/cm}^2$
1	2564 ± 16	2090 ± 40	1678 ± 3	1342 ± 10
2	2564 ± 16	2121 ± 9	1691 ± 16	1360 ± 28
3	2548 ± 0	2091 ± 39	1679 ± 4	1362 ± 30
4	2513 ± 35	2103 ± 27	1614 ± 61	1398 ± 66
5	2521 ± 27	2146 ± 16	1657 ± 18	1328 ± 4
6	2628 ± 80	2135 ± 5	1641 ± 34	1378 ± 46
7	2457 ± 91	2145 ± 15	1655 ± 20	1288 ± 44
8	2615 ± 67	2113 ± 17	1716 ± 41	1299 ± 33
9	2518 ± 30	2133 ± 3	1652 ± 23	1349 ± 17
10	2498 ± 50	2208 ± 78	1690 ± 15	1347 ± 15
11	2536 ± 12	2108 ± 22	1724 ± 49	1365 ± 33
12	2545 ± 3	2200 ± 70	1698 ± 23	1358 ± 26
13	2545 ± 53	2062 ± 68	1677 ± 2	1311 ± 21
14	2579 ± 31	2136 ± 6	1667 ± 8	1310 ± 22
15	2643 ± 95	2147 ± 17	1612 ± 63	1340 ± 8
16	2623 ± 75	2029 ± 101	1694 ± 19	1310 ± 22
17	2457 ± 91	2148 ± 18	1682 ± 7	1326 ± 6
18	2476 ± 72	2209 ± 79	1646 ± 29	1302 ± 30
19	2543 ± 5	2131 ± 1	1665 ± 10	1268 ± 64
20	2539 ± 9	2160 ± 30	1762 ± 87	1299 ± 33
Số đếm TB	2548 ± 43	2130 ± 34	1675 ± 27	1332 ± 28

3.1. Sự phụ thuộc hấp thụ bức xạ vào bề dày vật liệu

Sau khi tính toán số liệu từ hệ đếm ST-360, ta thiết lập được đồ thị biểu

diễn sự phụ thuộc hấp thụ bức xạ vào bề dày vật liệu như hình 3.



Hình 3: Sự phụ thuộc của cường độ hấp thụ vào bề dày vật liệu

Ta thấy rằng số đếm giảm khi bề dày vật liệu nhôm tăng, nghĩa là độ dày vật liệu càng lớn thì khả năng che chắn bức xạ beta của vật liệu nhôm càng tốt.

3.2. Hệ số hấp thụ

Độ hấp thụ bức xạ beta của nhôm với những độ dày khác nhau, được trình bày ở bảng trên. Hệ số hấp thụ trung bình của từng bề dày được tính như sau:

- Hằng số hấp thụ beta của nhôm có độ dày $d = 141 \text{ mg/cm}^2$

$$\mu_{c1} = -\frac{\ln\left(\frac{N_{c1}-N_p}{N_0-N_p}\right)}{d} = 0,43 \pm 0,04$$

- Hằng số hấp thụ Beta của nhôm có độ dày $d = 170 \text{ mg/cm}^2$

$$\mu_{c2} = -\frac{\ln\left(\frac{N_{c2}-N_p}{N_0-N_p}\right)}{d} = 0,47 \pm 0,02$$

- Hằng số hấp thụ Beta của nhôm có độ dày $d = 216 \text{ mg/cm}^2$

$$\mu_{c3} = -\frac{\ln\left(\frac{N_{c3}-N_p}{N_0-N_p}\right)}{d} = 0,48 \pm 0,01$$

- Hằng số hấp thụ Beta của nhôm có độ dày $d = 258 \text{ mg/cm}^2$

$$\mu_{c4} = -\frac{\ln\left(\frac{N_{c4}-N_p}{N_0-N_p}\right)}{d} = 0,49 \pm 0,02$$

- Hằng số hấp thụ trung bình bức xạ beta của nhôm được xác định như sau:

$$\bar{\mu} = \frac{\mu_{c1} + \mu_{c2} + \mu_{c3} + \mu_{c4}}{4} \approx 0,47 \pm 0,023$$

Kết quả cho trên cho thấy với cách thiết lập thực nghiệm để xác định số liệu của hệ số hấp thụ beta của nhôm đo được $\bar{\mu} \approx 0,47 \pm 0,012$.

Kết quả đo được trong thực nghiệm này phù hợp với kết quả đã được đo đạc trước đây là 0,4818 [4].

Kết quả của thực nghiệm có độ lệch nhỏ so với kết quả trước đây [4], điều này cho thấy việc thiết kế thí nghiệm

này và số liệu thu được đáng tin cậy, có độ chính xác cao.

4. Kết luận

Kết quả này cho thấy có sự phù hợp tốt giữa số liệu công bố trước đây với số liệu đo thực nghiệm. Kết quả cho thấy đã thiết lập đúng cho cấu hình của hệ đo định hệ số hấp thụ bức xạ của nhôm đối

với bức xạ beta, số liệu đo đặc đáng tin cậy, có độ chính xác cao.

Việc thiết lập hệ đo đơn giản giúp người làm thực nghiệm dễ sử dụng. Với cách tính toán dễ hiểu, giúp sinh viên các chuyên ngành Vật lý và chuyên ngành Hạt nhân ở bậc đại học có thêm cơ hội thực nghiệm và kiểm chứng lý thuyết.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Ngô Quang Huy (2006), *Cơ sở vật lý hạt nhân*, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội
2. Nguyễn An sơn (2016), *Cơ sở vật lý hạt nhân*, Nhà xuất bản Đại học Quốc gia thành Phố Hồ Chí Minh
3. Glenn F, Knoll (2000), *Radiation Detection and Measurement*, John Wiley & Sons, Inc, 3rd Edition
4. <http://visco.com.vn>
5. Model ST360 Radiation Counter, June 2002
6. Table of Isotopes CD- ROM Edition, Version 1.0, March 1996
7. www.SpectrumTechniques.com, Spectrum Techniques - Lab Manual Teacher's Version, Revised, March 2011

DETERMINING OF RADIATION ABSORPTION COEFFICIENT OF BETA PARTICLES FOR ALUMINUM BY USING THE ST-360 COUNTER

ABSTRACT

The absorption of radiation for materials is a very important to radiation shielding calculation. It relates to the properties, energy of the radiation and to the nature, density of the shielding material. Determining radiation absorption coefficient for material is necessary to calculate radiation safety. This report setup for ST-360 Counter with Geiger Muller(GM) Tube to measure absorption of radiation for Aluminum, in order to evaluate results of theoretical calculations and empirical data. Experimental measurement absorption coefficient of beta particles for Aluminum by using the ST-360 Radiation Counter. The results show that there is a correspondence between theory and experiment with small error and high precision.

Keywords: Absorption coefficient of radiation, beta particles, ST-360 Radiation Counting

(Received: 10/10/2017, Revised: 29/1/2018, Accepted for publication: 12/3/2018)