

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH
KHOA VẬT LÝ



NGUYỄN THỊ ÁNH TUYẾT

Đề tài:

**TỔNG QUAN CÁC PHƯƠNG PHÁP PHÂN
TÍCH ^{210}Po TRONG MẪU MÔI TRƯỜNG
BẰNG HỆ PHỔ KẾ ALPHA**

Ngành: Sư Phạm Vật Lý

Mã số : 102

GIẢNG VIÊN HƯỚNG DẪN: ThS. LÊ CÔNG HẢO

THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH - 2013

Lời cảm ơn

Trong suốt quá trình học tập và hoàn thành luận văn này, em đã nhận được sự hướng dẫn, giúp đỡ quý báu của ba mẹ, thầy cô, các chị, em và các bạn.

Con xin gửi lời cảm ơn sâu sắc đến ba mẹ cùng toàn thể gia đình đã luôn bên con trong thời gian qua, ủng hộ động viên con trong quá trình thực hiện luận văn.

Em xin chân thành cảm ơn Ban Giám Hiệu trường Đại học Sư Phạm thành phố Hồ Chí Minh đã tạo điều kiện thuận lợi để em học tập và hoàn thành tốt khóa học.

Em xin gửi lời cảm ơn đến quý thầy cô trong khoa Vật lý trường Đại học Sư Phạm thành phố Hồ Chí Minh đã truyền đạt kiến thức cơ bản để em có đủ cơ sở để thực hiện đề tài luận văn này.

Và nhất là em xin chân thành cảm ơn thầy Lê Công Hảo, thầy đã trực tiếp hướng dẫn em thực hiện luận văn, giúp em những kiến thức chuyên môn cũng như kiến thức thực tế trong quá trình thực hiện khóa luận.

Em cũng xin cảm ơn đến các thầy cô phản biện đã dành thời gian đọc và đóng góp ý kiến cho bài luận văn này được hoàn thành tốt hơn.

Cảm ơn tất cả các bạn bè đã quan tâm, chia sẻ, động viên, giúp đỡ tôi trong quá trình học tập và làm luận văn.

Mặc dù đã cố gắng rất nhiều trong quá trình làm luận văn nhưng chắc chắn sẽ không tránh khỏi thiếu sót, kính mong quý thầy cô tận tình chỉ bảo. Em xin chân thành cảm ơn quý thầy cô.

MỤC LỤC

MỤC LỤC.....	2
DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU, CHỮ VIẾT TẮT	5
DANH MỤC CÁC BẢNG.....	8
DANH MỤC CÁC HÌNH ẢNH	9
LỜI MỞ ĐẦU	10
CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN VỀ BỨC XẠ ALPHA VÀ POLONIUM.....	12
1.1 Cơ sở lý thuyết về bức xạ alpha	12
1.1.1 Giới thiệu về phân rã alpha.....	12
1.1.2 Tính chất của phân rã alpha.....	13
1.1.2.1 Các đặc trưng của phân rã alpha	13
1.1.2.2 Cấu trúc tinh thể của phổ năng lượng alpha	14
1.1.2.3 Điều kiện về năng lượng đối với phân rã alpha.....	14
1.1.2.4 Cơ chế phân rã alpha.....	15
1.1.2.5 Vai trò của bờ thế li tâm	16
1.2 Tổng quan về polonium	17
1.2.1 Giới thiệu về polonium.....	17
1.2.1.1 Nguồn gốc của polonium.....	17
1.2.1.2 Sơ đồ phân rã và các đồng vị phóng xạ của ^{210}Po	17
1.2.2 Tính hóa lý của polonium.....	20
1.2.2.1 Polonium kim loại.....	20
1.2.2.2 Trạng thái oxi hóa	21
1.2.2.3 Những muối hòa tan và không hòa tan trong polonium	21
1.2.2.4 Những hợp chất polonium không hòa tan	21
1.2.3 Lắng đọng polonium trên các đĩa kim loại bằng phương pháp lắng đọng tự phát và điện phân	21
1.2.3.1 Kỹ thuật lắng đọng tự phát polonium lên bề mặt kim loại	21
1.2.3.2 Kỹ thuật điện phân polonium lên bề mặt kim loại.....	23
1.2.4 ^{210}Po trong các mẫu môi trường.....	24

1.2.4.1 Nguồn gốc của ^{210}Po trong môi trường.....	24
1.2.4.2 Bụi phóng xạ ^{210}Po trong khí quyển	25
1.2.4.3 ^{210}Po trong nước ngầm và nước uống	26
1.2.4.4 ^{210}Po trong đất	26
1.2.4.5 ^{210}Po trong thực vật	27
1.2.4.6 ^{210}Po trong thuốc lá	27
1.2.4.7 ^{210}Po trong thực phẩm nói chung	28
CHƯƠNG 2: GIỚI THIỆU HỆ ĐO ALPHA ANALYST.....	30
2.1 Tiện ích.....	30
2.2 Buồng chân không.....	31
2.3 Detector	32
2.3.1 Detector PIPS	32
2.3.2 Detector Alpha PIPS.....	33
2.4 Bộ tiền khuếch đại.....	34
2.5 Bộ khuếch đại.....	35
2.6 Bộ ADC (bộ biến đổi tương tự thành số).....	36
2.7 Máy phân tích biên độ đa kênh MCA	36
CHƯƠNG 3: PHƯƠNG PHÁP XÁC ĐỊNH ^{210}Po TRONG MẪU NƯỚC BẰNG HỆ PHỔ KẾ ALPHA.....	38
3.1 Mục đích.....	38
3.2 Nguyên tắc	39
3.3 Hóa chất và thiết bị	40
3.3.1 Tracers	40
3.3.2 Thiết bị.....	41
3.3.3 Hóa chất.....	41
3.4 Phương pháp.....	42
3.4.1 Chuẩn bị mẫu bằng phương pháp kết tủa mangan đioxit (MnO_2)	42
3.4.2 Tách hóa học.....	42
3.4.2.1 Chiết bằng dung môi DDTC.....	43

3.4.2.2 Chiết suất sắc ký sử dụng nhựa trao đổi ion Sr	45
3.4.3 Chuẩn bị nguồn.....	47
3.5 Đo lường.....	48
3.6 Biểu thức kết quả.....	48
3.6.1 Nồng độ hoạt độ của ^{210}Po vào ngày tách và sai số.....	48
3.6.2 Nồng độ hoạt độ của ^{210}Po vào ngày lấy mẫu và sai số	51
3.6.3 Giới hạn phát hiện	56
3.7 Kiểm soát chất lượng phép đo.....	58
3.7.1 Sai số tương đối của phương pháp	58
3.7.2 Giới hạn lặp lại	58
KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ.....	59
TÀI LIỆU THAM KHẢO.....	61
PHỤ LỤC 1: CHUẨN BỊ HÓA CHẤT.....	62
PHỤ LỤC 2: CÁC CÔNG THỨC TÍNH SAI SỐ.....	63

DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU, CHỮ VIẾT TẮT

Multi Channel Analyzer (MCA)	Máy phân tích biên độ đa kênh
Multi Channel Buffer (MCB)	Tầng đệm biên độ đa kênh
Passivated Implanted Planar Silicon (PIPS)	Detector silic nuôi cấy ion thụ động
Silicon Surface Barrier (SSB)	Detector hàng rào mặt
Diffused Junction (DJ)	Mặt nối khuếch tán
Analog to Digital Coverter (ADC)	Bộ biến đổi tương tự thành số
Genie – 2000 Alpha Acquisition & Analyst	Phần mềm ứng dụng trên máy tính
FWHM	Độ phân giải năng lượng
Torr	Đơn vị đo áp suất (1 torr = $1,3158 \times 10^{-3}$ atm)
$C_6H_8O_6$	Axit ascorbic
CH_3COOH	Axit axetic
U	Uranium
Th	Thorium
Ac	Actinium
Ra	Radium
Rn	Radon
$a^\#$	Giới hạn phát hiện [Bq/L]
f_T	Hệ số điều chỉnh sự phân rã của chất đánh dấu ^{209}Po

	trong khoảng thời gian giữa ngày tham chiếu chất đánh dấu và ngày tách polonium
f_{2-Po}	Hệ số điều chỉnh sự phân rã của ^{210}Po trong khoảng thời gian giữa lúc tách polonium và lúc bắt đầu đo lường
f_{3-Po}	Hệ số điều chỉnh sự phân rã của ^{210}Po trong thời gian đo
m_T	Khối lượng của dung dịch chất đánh dấu ^{209}Po được thêm vào [g]
V_S	Thể tích mẫu [L]
R	Hiệu suất tách hóa polonium
c	Nồng độ hoạt độ được ghi nhận của ^{210}Po trong mẫu [Bq/L]
r_L	Giới hạn lặp lại [Bq/L]
R_n	Tốc độ đếm thực ^{210}Po [s^{-1}]
R_{nt}	Tốc độ đếm thực ^{209}Po [s^{-1}]
R_g	Tốc độ đếm tổng cộng ^{210}Po [s^{-1}]
r_{gt}	Tốc độ đếm tổng cộng ^{209}Po [s^{-1}]
r_0	Tốc độ đếm thông của ^{210}Po [s^{-1}]
r_{0t}	Tốc độ đếm thông của ^{209}Po [s^{-1}]
t_0	Thời gian đếm thông [s]
t_T	Khoảng thời gian giữa ngày tham chiếu chất đánh dấu ^{209}Po và ngày tách [ngày]
t_{1-Po}	Khoảng thời gian giữa ngày lấy mẫu và ngày tách [ngày]
t_{2-Po}	Khoảng thời gian giữa ngày tách ^{210}Po và ngày bắt đầu đo lường [ngày]
t_{3-Po}	Thời gian đếm mẫu [ngày]
$\overline{X_r}$	Giá trị đo lường trung bình của các phép đo [Bq/L]
X_i	Giá trị đo lường riêng của phép đo thứ i [Bq/L]

λ_{Pb}	Hằng số phân rã của ^{210}Pb [d^{-1}]
λ_T	Hằng số phân rã của chất đánh dấu ^{209}Po [d^{-1}]
λ_{Po}	Hằng số phân rã của ^{210}Po [d^{-1}]
Δ	Sai số tương đối của phương pháp kiểm tra [%]
E	Hiệu suất ghi nhận của detector
Bq/L	Đơn vị của nồng độ hoạt độ
Bq/m ²	Đơn vị của nồng độ hoạt độ
Bq/m ³	Đơn vị của nồng độ hoạt độ
Sv/năm	Đơn vị của liều hiệu dụng hằng năm

DANH MỤC CÁC BẢNG

Bảng 1.1	Bảng đồng vị phóng xạ của polonium.....	17
Bảng 2.1	Bề dày cửa sổ detector PIPS, SSB	32
Bảng 2.2	Một số detector Alpha PIPS do hãng CANBERRA sản xuất	32
Bảng 2.3	Hai loại tiền khuếch đại Si của hãng CANBERRA	34
Bảng 2.4	Đặc tính của bộ tiền khuếch đại 2004	34
Bảng 3.1	Kết quả phân tích định lượng các nguyên tố có trong nước máy lấy từ các phòng thí nghiệm của IAEA, Seibersdorf, Áo	37
Bảng 3.2	Kết quả kiểm tra độ lặp lại và hiệu suất thu hồi.....	56

DANH MỤC CÁC HÌNH ẢNH

Hình 1.1 Phân rã alpha	11
Hình 1.2 Sơ đồ phân rã alpha của ^{226}Ra	12
Hình 1.3 Thế tương tác hạt nhân và thế Coulomb đối với hạt alpha	14
Hình 1.4 Chuỗi phân rã uranium	16
Hình 2.1 Sơ đồ khối của hệ Alpha Analyst	29
Hình 2.2 Phổ kế alpha	30
Hình 2.3 Bơm hút chân không.....	30
Hình 2.4 Buồng đo hệ alpha	30
Hình 2.5 Detector PIPS	31
Hình 3.1 Sơ đồ khối diễn tả quá trình tách hóa học polonium bằng phương pháp chiết sử dụng dung môi DDTC	43
Hình 3.2 Sơ đồ khối diễn tả quá trình tách hóa học polonium bằng phương pháp chiết suất sắc ký sử dụng nhựa trao đổi ion	45
Hình 3.3 Sơ đồ của một bộ dụng cụ lắng tự động	46
Hình 3.4 Phổ năng lượng alpha của ^{210}Po và chất đánh dấu ^{209}Po	47
Hình 3.5 Khoảng thời gian giữa ngày tham chiếu, ngày lấy mẫu, ngày tách hóa polonium và ngày đo lường	47

LỜI MỞ ĐẦU

Trong không gian, bức xạ alpha không truyền đi được xa và bị cản lại toàn bộ bởi một tờ giấy hoặc bởi lớp màng ngoài của da. Tuy nhiên, nếu một chất phát tia alpha được đưa vào trong cơ thể, nó sẽ phát năng lượng ra các tế bào xung quanh. Các bức xạ hạt nhân có năng lượng đủ lớn để gây ion hóa. Sự ion hóa nguyên tử hay phân tử làm thay đổi tính chất hóa học hay sinh học - làm tổn thương tới các phân tử sinh học. Tổn thương gây ra bởi bức xạ là hệ quả của các tổn thương ở nhiều mức độ liên tục diễn ra trong cơ thể sống từ tổn thương phân tử, tế bào, mô đến tổn thương các cơ quan và các hệ thống của cơ thể. Hậu quả của các tổn thương này làm phát sinh những triệu chứng lâm sàng, có thể dẫn đến tử vong. Khi bức xạ alpha chiếu vào tế bào trong bất cứ giai đoạn nào của chu trình tế bào thì tế bào cũng bị tổn thương. Các tế bào tạo nên các mô và các cơ quan hoạt động một cách có hệ thống. Nếu tế bào mất khả năng sinh sôi hoặc các chức năng của tế bào bị hạn chế thì các mô và các cơ quan cũng bị thay đổi, gây nên các bệnh về hệ thống tạo máu, đường ruột, thần kinh, các bệnh ung thư... Ngoài ra, bức xạ alpha là một trong những tác nhân gây đột biến các thông tin di truyền. Nó làm đứt gãy các dây gốc trong phân tử ADN. Khi thông tin của tế bào giống bị biến đổi và tế bào giống được thụ tinh thì thế hệ con cháu của người bị chiếu xạ sẽ có khuyết tật di truyền do đột biến.

^{210}Po là một nguồn bức xạ alpha. Nó được coi là một trong những hạt nhân phóng xạ tự nhiên quan trọng và độc hại nhất. ^{210}Po là chất cực kỳ nguy hiểm, một lượng bột ^{210}Po có khối lượng nhỏ hơn 1 gram có thể làm cho một người tử vong. Nghiên cứu do Cơ quan Bảo vệ Sức khỏe Anh thực hiện vào năm 2007 cho thấy một khi ^{210}Po xâm nhập vào máu của một người thì khả năng cứu sống người đó gần như bằng không. Nguyên nhân dẫn đến tử vong là do các hạt alpha bắn phá nên các cơ quan nội tạng, phổi, thận và tủy xương của nạn nhân sẽ bị hủy hoại từ bên trong.

^{210}Po phân bố rộng rãi trong các môi trường. Nó có khả năng tiếp xúc với con người thông qua đường tiêu hóa và đường hô hấp. Để tránh những tác hại của bức

xạ alpha thì việc tiếp xúc với bức xạ vượt quá giới hạn bình thường nên được giữ ở mức độ càng thấp càng tốt. Vì vậy, phân tích ^{210}Po trong các mẫu môi trường là một việc làm rất cần thiết. Hiện nay, một số phòng thí nghiệm đang gặp khó khăn để có được kết quả đáng tin cậy trong việc xác định ^{210}Po . Nên yêu cầu đặt ra là phải phát triển một tập hợp các phương pháp để xác định ^{210}Po trong các mẫu môi trường.

Một trong những phương pháp xác định hoạt độ của ^{210}Po là sử dụng bước tách hóa ^{210}Po và tiến hành đo lường bằng hệ phổ kế alpha. Việc chọn đề tài **“Tổng quan các phương pháp phân tích ^{210}Po trong mẫu môi trường bằng hệ phổ kế alpha”** nhằm đưa ra phương pháp tổng quát để xác định hoạt độ phóng xạ của ^{210}Po trong các mẫu môi trường với độ chính xác cao hơn. Qua đó, chúng ta có thể đánh giá được mức độ nguy hại của ^{210}Po trong các môi trường có thể gây ra cho con người và kịp thời đưa ra những biện pháp để giảm thiểu việc tiếp xúc, hấp thụ bức xạ alpha sinh ra do sự phân rã của ^{210}Po .

Luận văn được chia làm 3 chương với các nội dung như sau:

Chương 1: Tổng quan về bức xạ alpha và polonium. Chương này trình bày về quá trình phân rã alpha và các tính chất của polonium.

Chương 2: Giới thiệu về hệ đo Alpha Analyst tại phòng thí nghiệm bộ môn Vật lý Hạt nhân trường Đại học Khoa học Tự nhiên thành phố Hồ Chí Minh. Phần này mô tả các thiết bị có trong hệ đo giúp cho người đo có thể sử dụng máy được dễ dàng.

Chương 3: Trình bày tổng quan về phương pháp phân tích ^{210}Po trong mẫu nước bằng hệ phổ kế alpha.

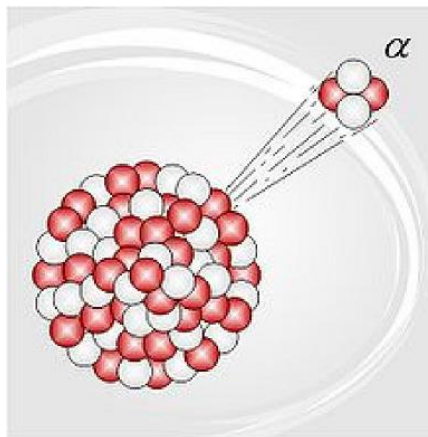
CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN VỀ BỨC XẠ ALPHA VÀ POLONIUM

1.1 Cơ sở lý thuyết về bức xạ alpha

1.1.1 Giới thiệu về phân rã alpha

Hạt alpha gồm hai proton và hai neutron liên kết với nhau giống như hạt nhân helium, do đó có thể viết là ${}^4_2\text{He}$, có điện tích bằng $+2e$ và có khối lượng gần bằng 4 lần khối lượng nucleon. Hạt alpha xuất hiện trong quá trình phân rã của các hạt nhân phóng xạ nặng như uranium, radium,...đôi khi quá trình phân rã alpha làm hạt nhân ở trạng thái kích thích do đó sẽ kèm theo phân rã gamma để giải phóng năng lượng.

Phân rã alpha xảy ra khi hạt nhân phóng xạ có tỉ số N/Z quá thấp. Khi xảy ra phân rã alpha, hạt nhân ban đầu ${}^A_Z\text{X}$ chuyển thành hạt nhân ${}^{A-4}_{Z-2}\text{X}$ và phát ra hạt alpha.



Hình 1.1 Phân rã alpha

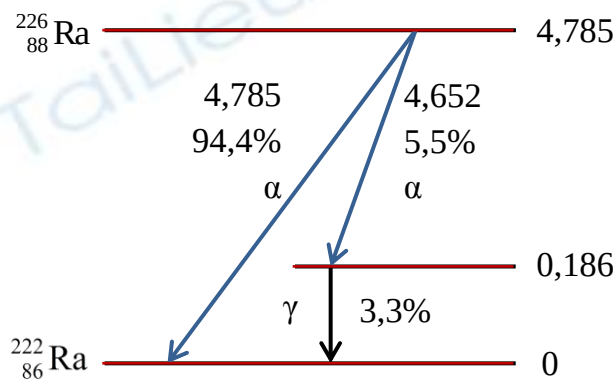
Phân rã alpha thỏa mãn điều kiện sau [1]:

$$M_m = M_e + m_\alpha + 2m_e + Q \quad (1.2)$$

Trong đó M_m , M_e , m_α và m_e tương ứng với khối lượng các nguyên tử mẹ, nguyên tử con, hạt nhân alpha và hạt electron.

Q là khối lượng tương đương với năng lượng tổng cộng giải phóng khi phân rã, bằng tổng động năng của hạt nhân con và hạt alpha. Hai hạt electron quỹ đạo bị mất đi khi hạt nhân mẹ phân rã ra hạt nhân con có số nguyên tử thấp hơn.

Hạt alpha phát ra với năng lượng xác định và suất ra cố định, có năng lượng là dạng phổ vạch. Theo sau quá trình phân rã alpha thường kèm theo sự phân rã gamma. Hình 1.2 là sơ đồ phân rã alpha và gamma của hạt nhân $^{226}_{88}\text{Ra}$ với 94,3% hạt alpha có động năng 4,8MeV và 5,7% có động năng 4,6MeV [3]. Ở nhánh phát alpha năng lượng thấp 4,6MeV hạt nhân con vẫn ở trạng thái kích thích và phát tiếp bức xạ gamma bằng 0,2MeV trở về trạng thái cơ bản [3].



Hình 1.2 Sơ đồ phân rã alpha của ^{226}Ra

Hiện nay có hơn 200 hạt nhân phân rã alpha. Phân rã alpha chủ yếu xảy ra đối với các hạt nhân nặng có $Z > 83$ [1]. Ngoài ra có một lượng nhỏ hạt nhân vùng đất hiếm cũng phân rã alpha với số khối $A = 140$ đến 160 [1].

1.1.2 Tính chất của phân rã alpha

1.1.2.1 Các đặc trưng của phân rã alpha

Các đặc trưng quan trọng của phân rã alpha là thời gian bán rã $T_{1/2}$ của hạt nhân trước phân rã, động năng E và quãng chạy R của hạt alpha.

Thời gian bán rã $T_{1/2}$ được xác định trực tiếp nhờ phép đo độ suy giảm hoạt độ theo thời gian hoặc được xác định theo số phân rã trong một đơn vị thời gian hay từ quy luật cân bằng thế kỷ. Thời gian bán rã của các hạt nhân phân rã alpha thay đổi trong một dãy rất rộng từ vài giây đến vài tỉ năm như $^{204}_{82}\text{Pb}$ có $T_{1/2} = 1,4 \cdot 10^7$ năm còn $^{215}_{86}\text{Rn}$ có $T_{1/2} = 10^{-6}$ s.

Năng lượng hạt alpha có thể xác định bằng phổ kế từ hay buồng ion hóa. Năng lượng các hạt bay ra thay đổi trong một dãy rất hẹp, đối với các hạt nhân nặng thì năng lượng thay đổi từ 4 đến 9MeV, với nhóm đất hiếm từ 2 đến 4,5MeV [1].

Quãng chạy của hạt alpha được xác định bằng buồng bọt Wilson hay nhũ tương ảnh. Dựa vào hệ thức liên hệ giữa năng lượng và quãng chạy, ta có công thức tính quãng chạy trong không khí 3 – 7cm là $R_{kk} = 0,318.E^{3/2}$, còn trong môi trường với hạt nhân có số khối A thì tính theo công thức $R = 0,56.R_{kk}.A^{1/3}$ [1].

Tính chất quan trọng nhất của các hạt nhân phân rã alpha là sự phụ thuộc của thời gian bán rã $T_{1/2}$ vào năng lượng E của hạt alpha bay ra. Chẳng hạn như nếu giảm 1% năng lượng thì có thể làm tăng thời gian bán rã lên một bậc, nếu giảm 10% năng lượng thì $T_{1/2}$ thay đổi từ 2 đến 3 bậc.

Sự phụ thuộc của $T_{1/2}$ vào E tuân theo định luật Geiger - Nuttall như sau:

$$\lg T_{1/2} = C + \frac{D}{\sqrt{E}} \quad (1.3)$$

Với C và D là hằng số không phụ thuộc vào số khối A.

1.1.2.2 Cấu trúc tinh tế của phổ năng lượng alpha

Dựa vào việc năng lượng giảm đều đặn khi tăng số khối cho phép ta xác định được năng lượng các hạt alpha đối với đồng vị khác của một nguyên tố nào đó.

Các hạt alpha phát ra từ cùng một đồng vị sẽ có năng lượng như nhau. Khi đó, phổ năng lượng là phổ đơn sắc. Trong thực tế, một số hạt nhân chỉ có một nhóm ứng với một giá trị năng lượng nhưng cũng có một số hạt nhân phát ra nhiều hạt alpha với năng lượng khác nhau. Đó chính là cấu trúc tinh tế của phổ alpha.

1.1.2.3 Điều kiện về năng lượng đối với phân rã alpha

Xét quá trình phân rã alpha theo công thức (1.1). Để phân rã alpha xảy ra thì năng lượng liên kết của hạt nhân mẹ $E_{A,Z}$ phải nhỏ hơn tổng năng lượng liên kết của hạt nhân con $E_{A-4,Z-2}$ và hạt alpha E_α . Tức là:

$$\Delta E = E_{lk,A-4,Z-2} + E_{lk} - E_{lk,A,Z} > 0 \quad (1.4)$$

Hạt alpha có năng lượng liên kết là 28MeV do đó năng lượng liên kết riêng trên một nucleon là 7MeV. Như vậy để phân rã alpha xảy ra thì năng lượng liên kết

riêng của hạt nhân mẹ phải nhỏ hơn 7MeV. Vì vậy các hạt nhân nhẹ không thể phân rã alpha vì năng lượng liên kết riêng của chúng cỡ 8MeV.

1.1.2.4 Cơ chế phân rã alpha

Ba yếu tố cần tính đến trong cơ chế phân rã alpha là trường thế Coulomb quanh hạt nhân, lực ly tâm và cấu trúc hạt nhân.

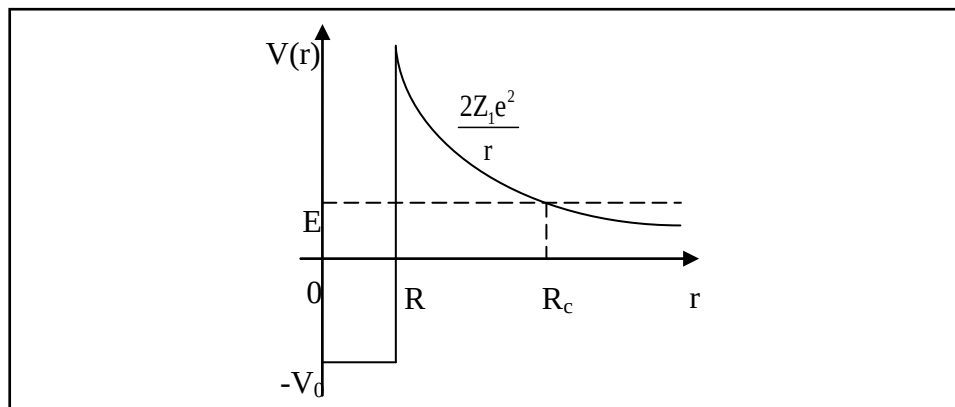
- Trường thế Coulomb và hiệu ứng đường ngầm

Để giải thích sự phụ thuộc mạnh của thời gian bán rã hạt nhân vào năng lượng hạt alpha thì cần phải xem xét cơ chế để hạt alpha thoát ra khỏi hạt nhân. Giả thuyết gần đúng nhất được xem xét đến là coi hạt alpha hình thành và tồn tại trong hạt nhân trước khi thoát khỏi hạt nhân. Hạt alpha là hạt mang điện nên ngoài lực tương tác hạt nhân còn chịu tác dụng của lực Coulomb.

Để giải bài toán tương tác này, ta giả sử hạt alpha đi từ ngoài vào. Thế Coulomb do hạt nhân tương tác lên tỉ lệ nghịch với khoảng cách r theo biểu thức:

$$U_{\text{Coulomb}} = \frac{2Ze^2}{r} \quad (1.5)$$

Hàm này được thể hiện qua hình 1.3.



Hình 1.3 Thế tương tác hạt nhân và thế Coulomb đối với hạt alpha

Thế tăng dần trong miền ngoài bán kính hạt nhân, tại đó lực hạt nhân bằng 0. Đến biên hạt nhân $r = R$ thì lực hạt nhân đóng vai trò quan trọng và đường biểu diễn tăng giảm đột ngột theo đường thẳng đứng. Dạng bên trong hạt nhân $r < R$ chưa được biết tường tận [1]. Ở đây, giả thuyết thế có dạng hố hình chữ nhật với thế

không đối bên trong hạt nhân, chiều cao bờ thế Coulomb tại $r = R = 10^{-12}\text{cm}$ với $Z = 100$ là:

$$U_{\text{Coulomb}} = \frac{2Ze^2}{r} = 30\text{MeV} \quad (1.6)$$

Hạt alpha phân rã từ các hạt nhân nặng có năng lượng từ 4 đến 9MeV, tức là nhỏ hơn chiều cao hàng rào thế. Theo cơ học cổ điển thì hạt alpha không thể vượt ra rào thế để ra ngoài, tức là không thể xảy ra quá trình phân rã alpha. Tuy nhiên, theo cơ lượng tử thì hạt alpha có thể truyền qua hàng rào thế Coulomb theo hiệu ứng đường ngầm.

Giải bài toán về hiệu ứng đường ngầm ta thu được hệ số truyền qua D là [1]:

$$D = \exp \left[- \int \sqrt{\frac{2m}{\hbar^2} (U - E)} dr \right] \quad (1.7)$$

Nếu hạt alpha trong hạt nhân có vận tốc v thì nó đi đến bờ thế trung bình v/R lần trong 1 giây [3]. Như vậy hằng số phân rã alpha bằng:

$$\lambda = \frac{v}{R} D = \frac{v}{R} \exp \left[- \int \sqrt{\frac{2m}{\hbar^2} (U - E)} dr \right] \quad (1.8)$$

Mà $T_{1/2} = \frac{0,693}{\lambda}$ nên thời gian bán rã phụ thuộc nhiều vào bán kính hạt nhân R.

Để đánh giá bậc của thời gian bán rã ta coi $U_0 - E = 20\text{MeV}$, $d = 2.10^{-12}\text{cm}$. Khi đó $D = e^{-84} \approx 10^{-36}$. Do đó $T_{1/2} = \frac{1}{\lambda} = 10^{16}\text{s} \approx 10^9$ năm. Thời gian này là hợp lý vì nó vào cỡ thời gian bán rã của ^{238}U .

1.1.2.5 Vai trò của bờ thế li tâm

Nếu hạt alpha bay ra với $l \neq 0$ thì nó phải vượt qua bờ thế ly tâm bổ sung ngoài thế Coulomb:

$$U_{\text{lt}} = \frac{\hbar^2 l(l+1)}{2mr^2} \quad (1.9)$$

Bờ thế ly tâm này không lớn lắm do giảm theo hàm $\frac{1}{r^2}$ trong lúc bờ thế Coulomb giảm chậm hơn theo hàm $\frac{1}{r}$, nhưng do độ thay đổi này còn chia cho hằng số Planck trong hàm số mũ nên nó làm tăng đáng kể thời gian bán rã của hạt alpha [1].

1.2 Tổng quan về polonium

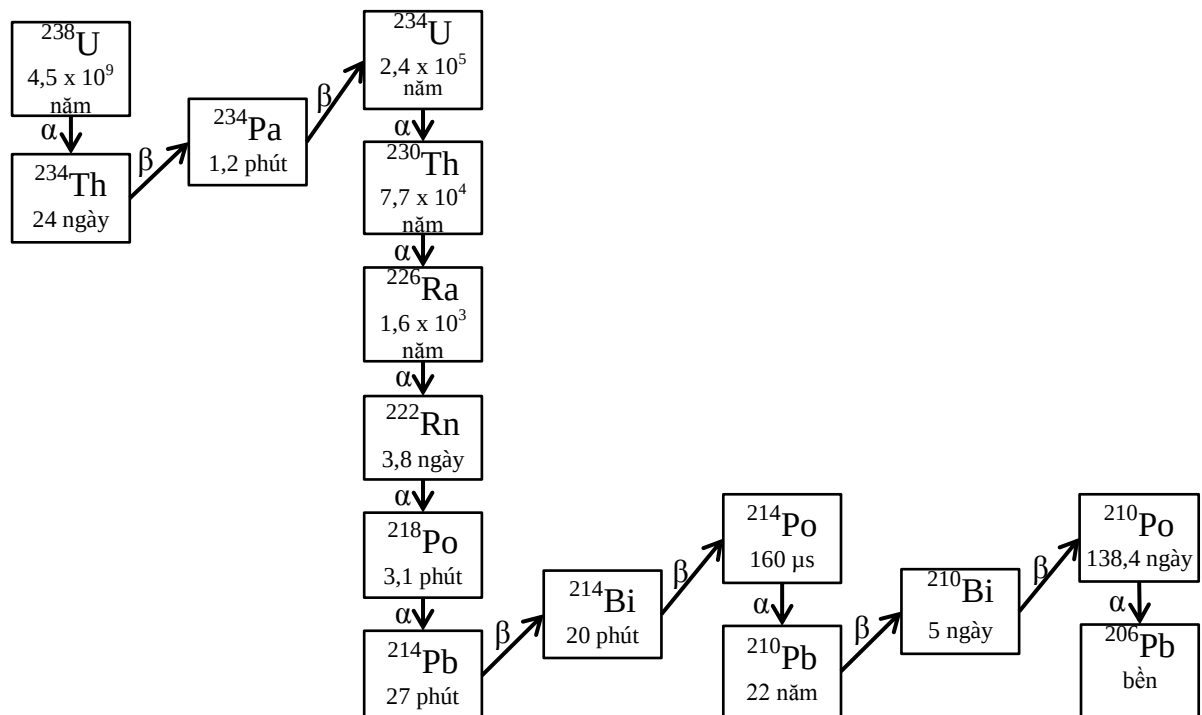
1.2.1 Giới thiệu về polonium

1.2.1.1 Nguồn gốc của polonium

Polonium đã được tìm ra bởi Pierre và Marie Curie vào năm 1898 khi tìm kiếm hoạt độ phóng xạ trong khoáng chất uranium và thorium. Họ thấy rằng polonium tương tự với bitmut và sau đó polonium đã được tách ra từ bitmut bằng sự thăng hoa chân không.

^{210}Po (RaF) có trong tự nhiên trong chuỗi phóng xạ uranium - radium, tỷ số cân bằng của uranium với polonium là $1,19 \cdot 10^{10}$ nên sự tập trung của polonium trong quặng uranium là dưới 0,1mg/tấn.

1.2.1.2 Sơ đồ phân rã và các đồng vị phóng xạ của ^{210}Po



Hình 1.4 Chuỗi phân rã uranium

Các đồng vị phóng xạ của ^{210}Po được cho trong bảng 1.1.

Bảng 1.1 Bảng đồng vị phóng xạ của polonium

Đồng vị	Chu kì bán rã	Phân rã	Năng lượng phóng xạ (MeV)	Phương pháp chuẩn
^{196}Po	1,9 phút	α	6,14	
^{197}Po	4 phút	α	6,040	
^{198}Po	6 phút	α	5,935	
^{199}Po	11 phút	α	5,846	
^{200}Po	11 phút	α EC	5,770	
^{201}Po	18 phút	α EC	5,671	
^{202}Po	51 phút	99% EC 1% α	5,575	Nhân con của ^{206}Rn
^{203}Po	42 phút	EC		
^{204}Po	3,8 giờ	99% EC 1% α	5,370	Nhân con của ^{208}Rn Nhân con của ^{204}At
^{205}Po	1,8 giờ	99+% EC 0,74% α	5,2	$^{204}\text{Pb} (\alpha, 3n)$
^{206}Po	8,8 ngày	95% EC 5% α γ	5,218	Nhân con của ^{210}Rn Nhân con của ^{206}At
^{207}Po	5,7 giờ	99+% EC $10^{-2}\%$ α	5,10	$^{206}\text{Pb} (\alpha, 3n)$

		γ		
^{208}Po	2,897 năm	α EC γ	5,108	$^{207}\text{Pb} (\alpha, 3n)$ $^{209}\text{Bi} (p, 2n)$ $^{209}\text{Bi} (d, 3n)$
^{209}Po	103 năm	0,5% EC 99+% α	4,877	Nhân con của ^{209}At $^{209}\text{Bi} (p, 2n)$ $^{209}\text{Bi} (d, n)$
^{210}Po (RaF)	138,401 ngày	99+% α $10^{-3}\%$ α	5,305 4,5	$^{209}\text{Bi} (n, \gamma)$ $^{210}\text{Bi} \rightarrow ^{210}\text{Po}$ Nhân con của ^{210}Bi (RaE)
$^{211\text{m}}\text{Po}$	25 giây	α	7,14 7,85 8,70	
^{211}Po (AcC')	0,52 giây	α	7,442	Nhân con của ^{211}Bi
^{212}Po (ThC')	$3 \cdot 10^{-7}$ giây	α	8,780	Nhân con của ^{212}Bi
^{213}Po	$4,2 \cdot 10^{-6}$ giây	α	8,35	Nhân con của ^{213}Bi Nhân con của ^{217}Rn
^{214}Po (RaC')	$1,64 \cdot 10^{-4}$ giây	α	7,68	Nhân con của ^{214}Bi
^{215}Po (AcA)	$1,83 \cdot 10^{-3}$ giây	α	7,36	Nhân con của ^{215}Bi Nhân con