บทที่ 2

ทฤษฎีการวิเคราะห์แบบนิวตรอนแอคติเวชั่น

2.1 การวิเคราะห์แบบนิวตรอนแอคติเวชั่น

การวิเคราะห์แบบนิวตรอนแอคติเวชั่น หมายถึง การวิเคราะห์ธาตุโดยการยิง (bombard) ธาตุด้วยอนุภาคนิวตรอน ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงภายในนิวเคลียส (nuclear transformation) ของอะตอมของธาตุนั้นเกิดเป็นสารกัมมันตรังสีหรือเรดิโอไอโซโทป ซึ่งมีคุณสมบัติเฉพาะตัว คือ ครึ่งชีวิต ชนิดของรังสี และพลังงานที่ปลดปล่อยออกมา คุณสมบัติเฉพาะตัวจะทำให้ทราบได้ว่าเป็นเรดิโอไอโซโทปของธาตุใด และจากปริมาณรังสีที่วัดได้เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับปริมาณรังสีของสารมาตรฐานของธาตุนั้น ๆ ที่ทราบน้ำหนักแน่นอน จะสามารถคำนวณปริมาณของธาตุที่วิเคราะห์ได้

องค์ประกอบสำคัญของการวิเคราะห์แบบนิวตรอนแอคติเวชั่น มีดังนี้คือ

2.1.1 แหล่งกำเนิดนิวตรอน (neutron source) อนุภาคนิวตรอนที่ใช้ในการทดลองนี้ได้จากเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณู (reactor) ซึ่งเกิดจากปฏิกริยาฟิชชั่น (fission) ของเชื้อเพลิงปรมาณูยูเรเนียม-235 ในการฟิชชั่นแต่ละครั้งจะมีการปลดปล่อยนิวตรอนออกมา 2-3 อนุภาค และขณะเดียวกันจะเกิดพลังงานจำนวนมาก เนื่องจากอนุภาคนิวตรอนที่เกิดขึ้นในเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูมีพลังงานต่าง ๆ กัน จึงอาจจำแนกอนุภาคนิวตรอนออกตามขนาดของพลังงานได้เป็น 2 ชนิดคือ

2.1.1.1 เทอร์มัลนิวตรอน (thermal neutron) หมายถึง อนุภาคนิวตรอนที่มีพลังงานต่ำ คือ 0.025 อิเล็กตรอนโวลท์ (electron volt, ev.) ซึ่งสามารถทำให้เกิดปฏิกริยานิวเคลียร์กับธาตุได้แทบทุกชนิด เนื่องจากธาตุส่วนมากมีความสามารถในการเกิดปฏิกริยานิวเคลียร์จากนิวตรอนชนิดนี้สูง (thermal neutron cross-section) ปฏิกริยาที่เกิดเป็นแบบ นิวตรอนแกมม่า (n, γ)

2.1.1.2 อีพิเทอร์มัลนิวตรอน (epithermal neutron) หมายถึง อนุภาคนิวตรอนที่มีพลังงานสูงกว่าเทอร์มัลนิวตรอน ส่วนนิวตรอนเร็ว (fast neutron) มีพลังงานสูงกว่า 0.1 มิลเลียนอิเล็คตรอนโวลท์ (million electron volt, MeV.) ซึ่งทำให้เกิดปฏิกริยานิวเคลียร์แบบ นิวตรอน-โปรตอน (n, p) หรือนิวตรอน-อัลฟา (n, α) หรือนิวตรอน-นิวตรอน (n, 2n) หรือนิวตรอนฟิชชั่น (n, f) เป็นต้น

2.1.2 ปฏิกริยานิวเคลียร์ (nuclear reaction)

เมื่อยิงอนุภาคนิวตรอนเข้าไปในนิวเคลียสของธาตุ ปฏิกริยานิวเคลียร์ที่เกิดขึ้นมีดังนี้ คือ

2.1.2.1 ปฏิกริยานิวตรอน-แกมม่า (n, γ) คือ ปฏิกริยาที่เกิดจากการยิงอนุภาคนิวตรอนเข้าไปในนิวเคลียสของธาตุ แล้วอะตอมของธาตุเปลี่ยนไปเป็นเรดิโอไอโซโทปของธาตุเดิมพร้อมกับปล่อยรังสีแกมม่าออกมา

ตัวอย่างปฏิกริยา ได้แก่

$$_{11}Na^{23} + {}_{0}n^{1} \longrightarrow {}_{11}Na^{24} + \gamma$$

เขียนย่อว่า Na^{23} (n, γ) Na^{24}

$$_{33}As^{75} + {}_{0}n^{1} \longrightarrow {}_{33}As^{76} + \gamma$$

เขียนย่อว่า As^{75} (n, γ) As^{76}

2.1.2.2 ปฏิกริยานิวตรอน-โปรตอน (n,p) คือ ปฏิกริยาที่เกิดจากการยิงอนุภาคนิวตรอนที่มีพลังงานสูงเข้าไว้ในนิวเคลียสของธาตุ แล้วอะตอมของธาตุนั้นเปลี่ยนไปเป็นเรดิโอไอโซโทปของธาตุใหม่ พร้อมทั้งปล่อยอนุภาคโปรตอนออกมา

001304

ตัวอย่างปฏิกริยา ได้แก่

$$_{7}N^{14} + _{0}n^{1} \longrightarrow {}_{6}C^{14} + {}_{1}H^{1}$$

หรือ N^{14} (n,p) C^{14}

$$_{16}S^{32} + {}_{0}n^{1} \longrightarrow {}_{15}P^{32} + {}_{1}H^{1}$$

หรือ S^{32} (n,p) P^{32}

2.1.2.3 ปฏิกริยานิวตรอน-อัลฟ่า (n, α) คือ ปฏิกริยาที่เกิดจากการยิงอนุภาคนิวตรอนเร็วเข้าไปในนิวเคลียสของธาตุ แล้วให้เรดิโอไอโซโทปของธาตุใหม่ พร้อมทั้งปล่อยอนุภาคอัลฟาออกมา

ตัวอย่างปฏิกริยา ได้แก่

$$_{3}Li^{6} + {}_{0}n^{1} \longrightarrow {}_{1}H^{3} + {}_{2}He^{4}$$

หรือ Li^{6} (n, α) H^{3}

ปฏิกริยานิวตรอน-แกมม่าเหมาะสำหรับใช้ในการวิเคราะห์แบบนิวตรอนแอคติเวชั่น เพราะกระทำได้สะดวก ส่วนปฏิกริยานิวตรอน-โปรตอน และนิวตรอน-อัลฟา นั้น นิยมใช้ในการผลิตสารเรดิโอไอโซโทป ทั้งนี้ เนื่องจากเรดิโอไอโซโทปที่เกิดนั้นเป็นของธาตุใหม่ ซึ่งเป็นคนละชนิดกับธาตุเดิม ทำให้สะดวกในการแยกเรดิโอไอโซโทปนั้นออกมาอย่างบริสุทธิ์

2.1.3 การเกิดเรดิโอไอโซโทป และการสลายตัวของเรดิโอไอโซโทป

อัตราการเกิดเรดิโอไอโซโทปขึ้นอยู่กับจำนวนอะตอมของธาตุที่ถูกยิงด้วยอนุภาคนิวตรอน รวมทั้งสัดส่วนของปริมาณของธาตุนั้นที่มีอยู่ในธรรมชาติ ความสามารถในการจับนิวตรอนและความเข้มข้นของนิวตรอน

ถ้า P = อัตราการเกิดของเรดิโอไอโซโทป

N = จำนวนอะตอมทั้งหมดของธาตุ

σ = ความสามารถในการจับนิวตรอนของธาตุ (neutron cross-section) หน่วย บาร์น (barn)

ϕ = ความเข้มของนิวตรอน หน่วย นิวตรอนต่อ ตร.ซม.ต่อวินาที

จะได้ $P = N\sigma\phi$ .....(2.1)

เมื่อเรดิโอไอโซโทปเกิดขึ้นด้วยอัตราสม่ำเสมอ เรดิโอไอโซโทปนั้นย่อมจะมีการสลายตัวตลอดเวลาด้วย

$$\frac{dN}{dt} = P - \lambda N$$

เมื่อ $\frac{dN}{dt}$ = อัตราการสลายตัว

λ = ค่าคงตัวในการสลายตัวของเรดิโอไอโซโทป

ดังนั้น $N = \frac{P}{\lambda}(1-e^{-\lambda t_i}) + N_o e^{-\lambda t_i}$

$= \frac{P}{\lambda}(1-e^{-\lambda t_i})$; $N_o = 0$

และความแรงของเรดิโอไอโซโทปที่เกิดขึ้น คือ

$A = \lambda N = P(1-e^{-\lambda t_i})$ .....(2.2)

เมื่อ N_o = จำนวนอะตอมของเรดิโอไอโซโทปที่มีอยู่เมื่อเริ่มแรก

λ = ค่าคงตัวในการสลายตัวของเรดิโอไอโซโทปที่เกิดขึ้น

$= \frac{0.693}{t_{\frac{1}{2}}}$

$t_{\frac{1}{2}}$ = ครึ่งชีวิตของเรดิโอไอโซโทปที่เกิด

t_i = เวลาที่ใช้ในการอาบรังสี

จาก (2.1) และ (2.2) จะได้

$A = N\sigma\phi(1-e^{-\lambda t_i})$ .....(2.3)

$= \frac{Wf}{M}\sigma\phi \times 6.02\times10^{23}(1-e^{-\lambda t_i})$ ..(2.4)

หรือ $W = \frac{MA}{\sigma f\phi \times 6.02\times10^{23}(1-e^{-\lambda t_i})}$ ..(2.5)

เมื่อ $N = 6.02 \times 10^{23} \frac{W.f}{M}$

W = น้ำหนักของธาตุ หน่วย กรัม

f = สัดส่วนของไอโซโทปเสถียรของธาตุนั้นในธรรมชาติ (abundance) หน่วย ร้อยละ

M = น้ำหนักอะตอมของธาตุ

จากความแรงรังสีที่เกิดขึ้นสามารถคำนวณปริมาณธาตุที่มีอยู่ในสารตัวอย่างได้ แต่ในทางปฏิบัติ เนื่องจากความเข้มของนิวตรอน ในระหว่างการอาบรังสีอาจมีค่าเปลี่ยนแปลงได้ และความสามารถในการจับนิวตรอนของธาตุไม่สามารถหาได้อย่างถูกต้องแน่นอน ดังนั้น การวิเคราะห์แบบนิวตรอนแอคติเวชั่น นิยมใช้วิธีเปรียบเทียบระหว่างธาตุในสารตัวอย่างกับธาตุนั้น ในสารมาตรฐาน โดยการนำสารมาตรฐานเข้าอาบรังสีในตำแหน่ง และระยะเวลาเดียวกันกับสารตัวอย่าง แล้ววัดความแรงรังสีเปรียบเทียบกัน จะได้ความสัมพันธ์ดังนี้ คือ

$$\frac{\text{น้ำหนักของธาตุในสารตัวอย่าง}}{\text{น้ำหนักของธาตุในสารมาตรฐาน}} = \frac{\text{ความแรงรังสีของสารตัวอย่าง}}{\text{ความแรงรังสีของสารมาตรฐาน}} \quad \ldots.(2.6)$$

2.2 เทคนิคการวิเคราะห์แบบนิวตรอนแอคติเวชั่น เทคนิคของการวิเคราะห์มี 2 แบบ คือ

2.2.1 การวิเคราะห์แบบนิวตรอนแอคติเวชั่น โดยใช้เฉพาะเครื่องมือนับรังสี คือการวิเคราะห์ โดยการนำสารตัวอย่างและสารมาตรฐานเข้าอาบรังสีพร้อมกัน แล้ววัดความแรงรังสีแกมม่าของเรดิโอไอโซโทปของธาตุที่ต้องการหาปริมาณเทียบกับสารมาตรฐานโดยตรง การวัดปริมาณรังสีจำเป็นต้องใช้เครื่องมือนับรังสีที่สามารถแสดงสเปคตรัมของรังสีแกมม่าตามขนาดพลังงานต่าง ๆ ได้

2.2.2 การวิเคราะห์แบบนิวตรอนแอคติเวชั่น โดยผ่านการแยกทางเคมี คือการวิเคราะห์ที่ต้องนำสารตัวอย่างและสารมาตรฐานมาผ่านกรรมวิธีทางเคมีแยกชนิดของธาตุที่ต้องการวิเคราะห์ก่อนหรือหลังการอาบรังสี เช่น การกลั่น

การตกตะกอน การสกัดเป็นต้น เพื่อให้ปราศจากการรบกวนจากเรดิโอไอโซโทป ของธาตุอื่นในสารตัวอย่างนั้น แล้วจึงวัดความแรงรังสีเทียบกับสารมาตรฐาน

2.3 ข้อดีของการวิเคราะห์แบบนิวตรอนแอคติเวชั่น

2.3.1 ความไวของการวิเคราะห์สูง ความไวของการวิเคราะห์ ในที่นี้หมายถึง ความสามารถในการวิเคราะห์ธาตุใดธาตุหนึ่งได้ต่ำที่สุดเท่าใดภาย ใต้สภาวะที่กำหนด ความไวของการวิเคราะห์ขึ้นอยู่กับ ความเข้มของอนุภาคนิว-ตรอน ความสามารถในการจับนิวตรอน สัดส่วนการมีอยู่ตามธรรมชาติของไอโซ-โทปเสถียรของธาตุ และน้ำหนักปรมาณูของธาตุนั้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งธาตุที่มี น้ำหนักปรมาณูน้อยจะมีความไวของการวิเคราะห์สูงกว่าธาตุที่มีน้ำหนักปรมาณูสูง

นอกจากนั้นความไวของการวิเคราะห์ยังขึ้นกับประสิทธิภาพ (efficiency) ของเครื่องมือนับรังสีอีกด้วย กล่าวคือ

$$\text{ความแรงรังสีจริง} = \frac{\text{จำนวนที่นับได้}}{\text{ประสิทธิภาพของเครื่องมือนับรังสี}} \times 100$$

ฉะนั้น ถ้าประสิทธิภาพของเครื่องมือนับรังสีสูง ย่อมทำให้ สามารถนับความแรงรังสีได้ใกล้เคียงกับความแรงรังสีจริง ซึ่งจะทำให้ความไว ของการวิเคราะห์สูงด้วย

อนึ่ง ถ้าพิจารณาจากสูตร 2.5 คือ

$$W = \frac{MA}{\sigma\phi f\,(1-e^{-\lambda t_i}) \times 6.02 \times 10^{23}} \qquad \ldots\ldots\ldots(2.7)$$

จะเห็นว่า ถ้านำธาตุเข้าอาบรังสีเป็นเวลานาน เมื่อเปรียบเทียบกับค่าครึ่งชีวิต ของเรดิโอไอโซโทปของธาตุนั้นที่เกิดแล้ว เทอม $(1-e^{-\lambda t_i})$ ซึ่งเรียกว่า เทอมอิ่มตัว (saturation term) จะมีค่าใกล้ 1 คือ

$$W = \frac{MA}{\sigma\phi f \times 6.02 \times 10^{23}} \qquad \ldots\ldots\ldots(2.8)$$

ซึ่งจะทำให้เห็นชัดว่า จะทำให้ขีดจำกัดของการวิเคราะห์ (detection limit) ลดลง ซึ่งก็คือการเพิ่มความไวของการวิเคราะห์นั่นเอง

2.3.2 เป็นวิธีวิเคราะห์ที่ไม่ต้องกังวลต่อข้อผิดพลาดที่จะเกิดจากสิ่งเจือปน (impurity) ในระหว่างการปฏิบัติงานภายหลังจากการอาบรังสีแล้ว เนื่องจากธาตุที่ต้องการวิเคราะห์ได้กลายเป็นเรดิโอไอโซโทป

2.3.3 สามารถวิเคราะห์ธาตุที่มีปริมาณน้อยมาก ซึ่งไม่สามารถวิเคราะห์ได้ โดยวิธีทางเคมีธรรมดา (conventional chemical analysis) ทั้งนี้เพราะเทคนิคนี้คำนึงเฉพาะปริมาณรังสีที่จะเกิดขึ้น และถึงแม้ว่าจำเป็นต้องอาศัยกรรมวิธีทางเคมีเข้าช่วย ยังสามารถเติมไอโซโทปเสถียรของธาตุนั้นเป็นตัวพา (carrier) เพื่อป้องกันการสูญเสียได้

2.3.4 ไม่จำเป็นต้องแยกธาตุที่วิเคราะห์ให้ออกมาอย่างสมบูรณ์ เพียงแต่แยกออกมาให้บริสุทธิ์ และมากพอที่จะวัดปริมาณรังสีได้เท่านั้น เนื่องจากสามารถปรับค่าเคมิคัลล์ยีลด์ (chemical yield) ให้เป็นร้อยละ 100 ได้จากปริมาณตัวพา ที่เติมลงไปในสารตัวอย่างภายหลังจากการอาบรังสี

2.3.5 ในการวิเคราะห์โดยใช้เฉพาะเครื่องมือนับรังสี สามารถวิเคราะห์สารตัวอย่างทั้งในเชิงคุณภาพ (qualitative) และเชิงปริมาณ (quantitative) ได้สะดวกและรวดเร็ว โดยไม่สูญเสียสารตัวอย่าง รวมทั้งรูปและลักษณะด้วย

2.4 ข้อเสียของการวิเคราะห์แบบนิวตรอนแอคติเวชั่น

2.4.1 เป็นกรรมวิธีวิเคราะห์ที่ต้องใช้เงินลงทุนสูง เนื่องจากจำเป็นต้องมีแหล่งกำเนิดนิวตรอน และเครื่องมือนับรังสีที่มีประสิทธิภาพสูง ซึ่งทั้ง 2 สิ่งมีราคาแพงมาก

2.4.2 จำเป็นต้องมีอุปกรณ์สำหรับป้องกันและตรวจสอบรังสีชนิดต่าง ๆ อย่างพร้อมมูล

2.4.3 เป็นกรรมวิธีวิเคราะห์ซึ่งไม่สามารถระบุได้ว่า ธาตุที่วิเคราะห์นั้นอยู่ในรูปลักษณะใด และผลของการวิเคราะห์เป็นในรูปของปริมาณทั้งหมด (total) ของธาตุนั้น

2.4.4 ผู้ที่ปฏิบัติการ จำเป็นต้องได้รับการฝึกอบรม และมีความรู้เกี่ยวกับกัมมันตภาพรังสีเป็นอย่างดี

2.4.5 เป็นกรรมวิธีวิเคราะห์ที่ไม่สามารถนำมาใช้วิเคราะห์ธาตุได้ทุกธาตุในตารางธาตุ

2.5 ข้อผิดพลาดในการวิเคราะห์แบบนิวตรอนแอคติเวชั่น

2.5.1 การสุ่มตัวอย่าง (sampling) เนื่องจากการวิเคราะห์แบบนิวตรอนแอคติเวชั่น มีความไวของการวิเคราะห์สูง จึงใช้สารตัวอย่างน้อย ฉะนั้น กรณีที่สารตัวอย่างมีเนื้อแตกต่างกัน การคลุกเคล้าไม่ได้เป็นเนื้อเดียวกัน การสุ่มตัวอย่างที่ไม่ได้เป็นตัวแทนทั้งหมด ทำให้ผลการวิเคราะห์ผิดพลาดได้

2.5.2 การเตรียมสารตัวอย่าง (sample preparation) กรณีสารตัวอย่างทางชีววิทยาที่ต้องการมีการเผาหรือทำให้แห้งก่อนการอาบรังสี อาจมีการสูญเสียธาตุที่ระเหยเป็นไอได้ บางครั้งต้องผ่านการบดให้ละเอียด คลุกเคล้ากันให้ดี อาจมีการเปรอะเปื้อนจากภาชนะที่ใช้ และการเปรอะเปื้อนจากฝุ่นละออง นอกจากนี้ถ้าภาชนะที่ใช้บรรจุสารตัวอย่าง มีการเปรอะเปื้อนย่อมทำให้การวิเคราะห์ผิดพลาดได้เช่นกัน วิธีแก้ไขข้อผิดได้เช่นกัน วิธีแก้ไขข้อผิดพลาดนี้คือต้องระมัดระวังการเตรียมสารตัวอย่างทุกขั้นตอนจนกว่าจะนำเข้าอาบรังสีนิวตรอน

2.5.3 ความเข้มของนิวตรอนไม่คงที่ (flux inhomogeneity) เนื่องจากความเข้มของนิวตรอนจากเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูที่ตำแหน่งต่าง ๆ มีค่าไม่เท่ากัน ดังนั้น ถ้านำสารตัวอย่างและสารมาตรฐานเข้าอาบรังสีในตำแหน่งต่างกันหรือใช้เวลาต่างกันแล้ว ปริมาณเรดิโอไอโซโทปที่เกิดขึ้นจากสารตัวอย่างและสารมาตรฐาน จะนำมาเปรียบเทียบกันไม่ได้ การแก้ไขกระทำได้โดยนำสารตัวอย่างและสารมาตรฐานเข้าอาบรังสีพร้อมกันและใกล้กันมากที่สุดเท่าที่จะทำได้ในภาชนะสำหรับอาบรังสี

2.5.4 การกำบังตนเองขณะอาบรังสี (self-shielding) ข้อผิดพลาดนี้เกิดจากธาตุบางชนิดมีความสามารถในการดูดจับอนุภาคนิวตรอนได้ดี ถ้าสารตัวอย่างมีธาตุเหล่านี้มาก อนุภาคนิวตรอนจะไม่สามารถเข้าถึงบริเวณใจกลางของสารตัวอย่างนั้น ทำให้เรดิโอไอโซโทปของธาตุที่ต้องการวิเคราะห์เกิดขึ้นได้ไม่เต็มที่ ทำให้มีข้อผิดพลาดทางการวิเคราะห์ได้

อนึ่ง ถึงแม้จะนำสารตัวอย่างและสารมาตรฐานเข้าอาบรังสีพร้อมกัน แต่อยู่ในสภาวะที่แตกต่างกันจะทำให้เกิดการกำบังตนเองขึ้นได้เช่นกัน ซึ่งยังผลให้เกิดข้อผิดพลาดกับผลการวิเคราะห์ได้

ฉะนั้น การแก้ไขอาจจะกระทำได้ โดยเตรียมสารมาตรฐานให้มีการกระจายของธาตุ และอยู่ในลักษณะและเนื้อสาร (matrix) และความเข้มข้นของธาตุใกล้เคียงกับสารตัวอย่างให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้

2.5.5 ปฏิกริยานิวเคลียร์แทรกซ้อน (interference nuclear reaction) เป็นข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นเนื่องจากสาเหตุ 2 ประการคือ ประการแรก ในสารตัวอย่างที่นำเข้าวิเคราะห์หาปริมาณธาตุที่พึงประสงค์ อาจจะมีธาตุอื่นที่มีน้ำหนักปรมาณูใกล้เคียงกับธาตุนั้น 1 หรือ 2 ค่า ปะปนอยู่ด้วย และประการหลังคือ ตำแหน่งที่นำสารเข้าอาบรังสีนิวตรอนนั้น ไม่ได้มีนิวตรอนชนิดที่ต้องการเพียงอย่างเดียว ฉะนั้น นอกจากปฏิกริยาที่ต้องการคือ นิวตรอน-แกมม่า จากธาตุที่ต้องการวิเคราะห์อาจจะมีปฏิกริยาอื่น ๆ เช่น นิวตรอน-โปรตอน และ/หรือนิวตรอน-อัลฟ่า จากธาตุอื่นร่วมด้วย ทำให้ผลการวิเคราะห์ผิดไปได้ อย่างไรก็ตามโอกาสที่จะเกิดเป็นได้ค่อนข้างยาก ทั้งนี้ เนื่องจากความสามารถในการดูดจับนิวตรอนที่มีพลังงานสูงของธาตุเหล่านี้มีค่าต่ำ การแก้ไขอาจจะกระทำได้ โดยการเลือกตำแหน่งที่มีนิวตรอนชนิดที่ต้องการเพียงชนิดเดียว หรือใช้สารพิเศษบางอย่าง เช่น แคดเมียม ทำเป็นปลอกห่อหุ้มสารตัวอย่างและสารมาตรฐานก่อนนำเข้าอาบนิวตรอนในตำแหน่งที่ต้องการ ทั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อป้องกันนิวตรอนช้านั่นเอง

2.5.6 ความผิดพลาดอื่น ๆ

เนื่องจากในเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณู มีทั้งนิวตรอนเร็วและนิวตรอนช้า ในกรณีที่นำสารตัวอย่างที่มีน้ำปะปนอยู่ด้วยเข้าอาบรังสีนิวตรอน จะทำให้มีปริมาณเทอร์มัลนิวตรอนเพิ่มขึ้นมากกว่าในสารตัวอย่างที่ปราศจากน้ำ ซึ่งอาจก่อให้เกิดข้อผิดพลาดขึ้นได้

นอกจากนี้ความผิดพลาดอาจเกิดจากการนับรังสี ถ้าหากสารตัวอย่างและสารมาตรฐาน มีรูปร่าง-ขนาด (geometry) ต่างกัน หรือจัดวางบนหัววัดรังสีในตำแหน่งที่แตกต่างกัน

ข้อผิดพลาดอีกประการหนึ่งที่อาจจะเกิดได้ คือ เกิดการดูดซับ (adsorption) ในภาชนะนำสารเข้าอาบรังสี โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีของสารมาตรฐาน ทำให้ความเข้มข้นผิดพลาดไปได้ (Bate, 1971 และ Lee, et. al., 1973)