

บทที่ 5  
สมการการแพร่  
(DIFFUSION EQUATION)

วัตถุประสงค์

เมื่อศึกษาบทนี้แล้วจะสามารถ

- นำสมการการแพร่มาใช้ในการหาฟลักซ์นิวตรอน ณ ตำแหน่งต่างๆ ได้  
ไม่ว่าต้นกำเนิดนิวตรอนจะเป็นจุดกำเนิดหรือเป็นต้นกำเนิดแบบระนาบ
- สามารถนำขอบเขตเงื่อนไขมาใช้ในการหาสมการของฟลักซ์ ณ ตำแหน่งต่างๆ  
ได้
- คำนวณหาความยาวของการแพร่ได้

## 5.1 การสมดุลของนิวตรอนในเครื่องปฏิกรณ์

เครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์จะเกิดปฏิกิริยาลูกโซ่ต่อไปได้เรื่อยๆ จำเป็นต้องมีมวลของวัสดุที่ทำให้เกิดการแบ่งแยกตัวได้มากพอจนถึงขนาดของมวลวิกฤต การที่จะหาขนาดวิกฤตของเครื่องปฏิกรณ์ได้จะต้องพิจารณาการสมดุลของนิวตรอนในเครื่องปฏิกรณ์นั้น คือจะพิจารณานิวตรอนที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาการแบ่งแยกตัว, นิวตรอนที่เกิดขึ้นเหล่านี้ บางตัวก็จะหายไปจากเครื่องปฏิกรณ์ โดยการหนีหรือการรั่ว (leakage) ออกไปจากเครื่องปฏิกรณ์ บางตัวก็จะถูกดูดกลืนโดยวัสดุที่ไม่เกิดปฏิกิริยาการแบ่งแยกตัว (nonfission) ดังนั้น จึงมีนิวตรอนบางตัวเท่านั้นที่จะเกิดปฏิกิริยาแบ่งแยกตัวต่อไปได้อีก

สมการการสมดุลของนิวตรอน อาจเขียนได้ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{อัตราการเปลี่ยนแปลงจำนวนนิวตรอน} &= \text{อัตราการเกิดนิวตรอน} - \text{อัตราการสูญเสีย} \\ \text{ต่อ 1 หน่วยปริมาตร} & \quad \text{โดยการแบ่งแยกตัว} \quad \text{นิวตรอนโดยการ} \\ & \quad \text{ต่อ 1 หน่วยปริมาตร} \quad \text{ดูดกลืนและการรั่ว} \\ & \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \text{ต่อ 1 หน่วยปริมาตร} \end{aligned}$$

หรือ ใน 1 หน่วยปริมาตร

$$\frac{\partial n}{\partial t} = \text{อัตราการเกิด} - \text{อัตราการดูดกลืน} - \text{อัตราการรั่ว}$$

เมื่อ  $n$  = ความหนาแน่นของนิวตรอน มีหน่วยเป็น จำนวนนิวตรอนต่อ 1 หน่วยปริมาตร

$$\frac{\partial n}{\partial t} = \text{อัตราการเปลี่ยนแปลงจำนวนนิวตรอนต่อ 1 หน่วยปริมาตร}$$

$$\text{และ } \frac{\partial n}{\partial t} = S - \Sigma_a \phi - (-D \nabla^2 \phi) \quad \dots(5.1)$$

$S$  = อัตราการเกิดนิวตรอนจากปฏิกิริยาการแบ่งแยกตัว มีหน่วยเป็นนิวตรอนต่อเซนติเมตร<sup>3</sup> ต่อวินาที

$\Sigma_a \phi$  = จำนวนนิวตรอนที่ถูกดูดกลืนต่อเซนติเมตร<sup>3</sup> ต่อวินาที

$-D \nabla^2 \phi$  = จำนวนนิวตรอนที่รั่วออกไปจากระบบที่มีขนาดจำกัด ต่อเซนติเมตร<sup>3</sup> ต่อวินาที

สมการ (5.1) เขียนใหม่ได้ดังนี้

$$D \nabla^2 \phi - \Sigma_a \phi + S = \frac{\partial n}{\partial t} \quad \dots(5.2)$$

เรียกว่า สมการการแพร่ มักใช้ในทฤษฎีเครื่องปฏิกรณ์, มีการแจกแจงนิวตรอนฟลักซ์ภายใต้เงื่อนไขต่างๆ กันไป

(Arbitrary constants) ในการคำนวณ เพื่อให้ได้ค่าคงที่ที่ถูกต้องจำเป็นต้องใช้ ขอบเขตเงื่อนไข จากธรรมชาติทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับเครื่องปฏิกรณ์ ขอบเขตเงื่อนไขที่ได้จะพอเพียงเพื่อให้หาผลเฉลยได้เพียงค่าเดียว โดยไม่มีค่าคงที่ที่ขาดเหลืออยู่ ต่อไปนี้จะได้กล่าวถึงขอบเขตเงื่อนไข ซึ่งมักใช้หาผลเฉลยของการแจกแจงนิวตรอนพลั๊กซ์

### 5.3 ขอบเขตเงื่อนไข

(Boundary Conditions)

1. นิวตรอนพลั๊กซ์ จะต้องมีความจำกัด (finite), ไม่เป็นลบหรืออนันต์ในขอบเขตที่ใช้สมการการแพร่
2. ที่ระนาบระหว่างหน้า (interface) ระหว่าง 2 ตัวกลางซึ่งมีคุณสมบัติในการแพร่ต่างกัน ความหนาแน่นของกระแสนิวตรอนในทิศทางตั้งฉากกับระนาบระหว่างหน้าจะต้องเท่ากัน และนิวตรอนพลั๊กซ์จะเท่ากันด้วย





































