บทที่ ๑

บทนำ

๑.๑ ความเป็นมาของปัญหา

ปัจจุบันได้มีการนำพลังงานนิวเคลียร์และต้นกำเนิดรังสีมาใช้อย่างกว้างขวาง เช่นนำมาใช้ในการผลิตพลังงานไฟฟ้าหรือพลังความร้อน, ทางการแพทย์, การเกษตรและการอุตสาหกรรม ตลอดจนนำเอามาใช้ในด้านการสงคราม เป็นต้น ซึ่งโดยการนี้บุคคลที่ทำงานหรือผู้ที่ต้องเกี่ยวข้องทางด้านรังสีจะมีมากขึ้นเรื่อย ๆ อีกทั้งปริมาณการนำเอารังสีมาใช้ก็มีแนวโน้มสูงขึ้นเรื่อย ๆ ดังนั้น ปัญหาทางด้านความปลอดภัยของบุคคลที่เกี่ยวข้องในกรณีต่าง ๆและประชาชนทั่วไป จึงเป็นปัญหาที่มีมากขึ้นตามลำดับ

ปัญหาทางด้านความปลอดภัยในการใช้รังสีมีอยู่หลายอย่าง เช่น การควบคุมการใช้รังสี การขจัดกากกัมมันตรังสี ฯลฯ การออกแบบเกราะกำบังรังสีเพื่อลดปริมาณรังสีก็เป็นงานแขนงหนึ่งซึ่งมีความสำคัญมากในปัจจุบัน รังสีต่าง ๆ ที่มีอยู่ในปัจจุบันนี้มีอยู่หลายชนิดที่เราสามารถป้องกันได้โดยง่าย เช่น รังสีอัลฟา เบต้า แต่ก็มีรังสีที่มีความสำคัญและเป็นปัญหาในการออกแบบเกราะกำบังรังสี ได้แก่ รังสีแกมมา และนิวตรอนพลังงานสูงหรือนิวตรอนเร็วซึ่งในที่นี้เราจะพิจารณาถึงเฉพาะการออกแบบเกราะกำบังรังสีแกมมา

รังสีแกมมาเป็นรังสีชนิดหนึ่งซึ่งปล่อยออกจากนิวเคลียสซึ่งอยู่ในสภาวะถูกกระตุ้น (excited state) มีพลังงานมากกว่าที่ควรมี ทำให้นิวเคลียสต้องทำการถ่ายเทพลังงานส่วนหนึ่งออกมาอีกเพื่อที่จะให้อยู่ในสภาวะปกติ (Ground state) พลังงานที่ถ่ายเทออกมานี้มักจะอยู่ในรูปของรังสีแกมมา รังสีแกมมามีลักษณะเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความยาวคลื่นประมาณ ๐.๐๐๑-๑.๕ อางสตรอม โดยมีคุณสมบัติเฉพาะตัวที่สามารถทะลุทะลวงวัตถุต่าง ๆได้ดีแม้ระยะของบริเวณที่เกิดการไอออไนเซชัน (ionization) จะน้อย จะทำให้เกิดอันตรกิริยา (interaction) ระหว่างรังสีแกมมากับวัสดุต่าง ๆ ซึ่งจากอันตรกิริยานี้เองที่จะต้องนำมาพิจารณาในการคำนวณเกราะกำบังรังสีที่จะสามารถปิดกั้นรังสีแกมมาเพื่อที่จะลดปริมาณรังสีแกมมาที่จะมากระทบสิ่งที่มีชีวิตโดยเฉพาะมนุษย์

ในการคำนวณเกราะกำบังรังสีแกมมานั้น นอกจากปัญหาเกี่ยวกับอันตรกิริยาของรังสีแกมมากับวัสดุแล้ว ยังต้องพิจารณาถึงรูปร่างลักษณะของต้นกำเนิดรังสี, คุณสมบัติของวัสดุที่จะเหมาะสมที่จะนำมาทำเกราะกำบังรังสี การกำหนดแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการคำนวณที่ยุ่งยากมาก ซึ่งถ้าหากต้องคำนวณโดยการใช้เครื่องคำนวณธรรมดาทำแล้วในบางครั้งยุ่งยากและใช้เวลานาน

โดยที่คอมพิวเตอร์เป็นเครื่องมือที่สามารถทำการคำนวณได้อย่างรวดเร็วอีกทั้งในระยะหลัง ๆ นี้ การจัดการทดลองในห้องปฏิบัติการ ประสบปัญหาที่ยุ่งยาก ดังนั้นจึงมีการนำเอาคอมพิวเตอร์มาใช้ในการแก้ปัญหาโดยอาศัย แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ช่วย และเพื่อให้การเรียกใช้ได้สะดวกและทำการคำนวณได้อย่างรวดเร็วในทุกกรณี ที่คาดว่าจะเกิดขึ้น วิทยานิพนธ์นี้จึงจัดทำโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปสำหรับการออกแบบเกราะกำบังรังสีแกรมมาขึ้นเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว

๑.๒ <u>วัตถุประสงค์</u>

ในการทำวิทยานิพนธ์นี้มีวัตถุประสงค์ใหญ่ ๆ ดังต่อไปนี้คือ

๑.๒.๑ เพื่อศึกษาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (math. Model) ที่ใช้ในการคำนวณฟลักซ์ (flux) ของรังสีแกมมาจากต้นกำเนิดรังสีแกมมารูปร่างลักษณะต่าง ๆ เมื่อมีวัสดุบางชนิดขวางกั้นอยู่

๑.๒.๒ ศึกษาและเลือกวัสดุที่เหมาะสมสำหรับใช้ในการทำเกราะกำบังรังสีแกมมา

๑.๒.๓ เพื่อสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปที่สามารถคำนวณเกราะกำบังรังสีแกมมาตามลักษณะของต้นกำเนิดรังสีที่แตกต่างกันไป โดยจะรวบรวมเอากรณีที่คาดว่าจะใช้งานมากในทางปฏิบัติไว้

๑.๓ <u>ขอบเขตของการศึกษา</u>

ในการทำวิทยานิพนธ์นี้มีขอบเขตของการศึกษาค้นคว้าดังต่อไปนี้คือ

๑.๓.๑ จัดทำโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปโดย ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาการคำนวณเกราะกำบังรังสีแกมมา

๑.๓.๒ รูปแบบปัญหาของการคำนวณเกราะกำบังรังสีแกมมามีอยู่ ๒ แบบคือ

(๑) หาค่าโดสเรท (dose rate) หลังชั้นของวัสดุที่ขวางกั้นรังสีแกมมา

จากต้นกำเนิดรังสีแกมมา

(๒) หาความหนาของชั้นวัสดุ ที่ขวางกั้นรังสีแกมมาจากต้นกำเนิดรังสีแกมมา

๑.๓.๓ รูปร่างลักษณะ ของต้นกำเนิดรังสีที่พิจารณาในที่นี้ได้แก่ ต้นกำเนิดรังสีแกมมาที่เป็นแผ่นชนิดที่แผ่รังสีออกมาในทิศทางเดียว (plane monodirectional source), จุด (point source), เส้น (line source), แผ่นกลม (disk source), แผ่นขนาดใหญ่ (infinite plane source), ทรงกลมตามผิว (spherical surface source), ทรงกระบอกตามผิว (cylindrical surface source) และทรงกลมตามปริมาตร (spherical volume source)

๑.๓.๔ วัสดุที่จะนำมาทำเกราะกำบังรังสีในที่นี้จะพิจารณาใช้วัสดุที่มีคุณสมบัติที่เหมาะสมสำหรับทำเกราะกำบังรังสีแกมมาเพียงบางชนิดเท่านั้น

๑.๓.๕ ทดสอบโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่สร้างขึ้นว่าสามารถทำงานได้ตามที่ต้องการอย่างมีประสิทธิภาพ

๑.๔ <u>ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการศึกษา</u>

โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปนี้จะให้ประโยชน์ที่สำคัญในกรณีที่สามารถเรียกใช้งานได้สะดวกและง่ายซึ่งนอกจากนี้ยังมีประโยชน์ในกรณีอื่น ๆ อีกได้แก่

๑.๔.๑ สามารถคำนวณเกราะกำบังรังสีแกมมาได้ถูกต้องในระดับที่ให้ความปลอดภัยต่อผู้ที่เกี่ยวข้องกับรังสีและประชาชนโดยทั่วไป

๑.๔.๒ สามารถประหยัดเวลาที่ใช้ในการคำนวณเกราะกำบังรังสีแกมมาจากต้นกำเนิดรังสีแกมมา ทั้งยังช่วยขจัดความยุ่งยากซับซ้อนในการคำนวณได้อีกด้วย

๑.๕ <u>วิธีดำเนินการศึกษา</u>

ในการดำเนินการศึกษามีลำดับขั้นตอนในการดำเนินงานดังต่อไปนี้

๑.๕.๑ ศึกษาคุณสมบัติ ของต้นกำเนิดรังสีแกมมาที่มีรูปร่างลักษณะต่างกัน

๑.๕.๒ ศึกษาคุณสมบัติของวัสดุต่างชนิดกันที่จะนำมาทำเกราะกำบังรังสีแกมมากับลักษณะของต้นกำเนิดรังสีที่มีรูปร่างต่างกัน

๑.๕.๓ ศึกษาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการคำนวณอันตรกิริยาระหว่างรังสีแกมมาและวัสดุต่างชนิดกัน

๑.๕.๔ สร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปเพื่อใช้คำนวณฟลักซ์ของรังสีแกมมาเมื่อมีวัสดุมาขวางกั้นเพื่อใช้ในการคำนวณเกราะกำบังรังสีแกมมา

๑.๕.๕ การทดสอบโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปที่สร้างขึ้น

๑.๖ สัญญลักษณ์ที่ใช้และความหมาย

a	= ความหมายของชั้นวัสดุ (เซ็นติเมตร)
A_1, A_2, α_1, α_2	= สัมประสิทธิ์ของค่าบิลอัพแฟคเตอร์ในเทอมของเทเลอร์ฟอรม์
B(t)	= บิลอัพแฟคเตอร์
$B_p(t)$	= บิลอัพแฟคเตอร์ของต้นกำเนิดรังสีชนิดจุด
$B_m(t)$	= บิลอัพแฟคเตอร์ของต้นกำเนิดรังสีชนิดแผ่นที่แผ่รังสีออกมาในทิศทางเดียว
E	= พลังงานของรังสี (MeV)
e	= อีเลคตรอน
h	= ค่าคงที่ของแปรงค์
hv	= ค่าพลังงานของโฟตอน (MeV)
i,j	= ค่าดัชนีของชั้นวัสดุที่เป็นเกราะกำบังรังสี
k	= ค่าดัชนีของสัมประสิทธิ์ของค่าบิลอัพแฟคเตอร์
MeV	= หน่วยของพลังงาน
mR	= หน่วยของโดสเรท
MFP, a, t	= ค่าความหนาของเกราะกำบังรังสีในเทอมของจำนวนครั้งเฉลี่ยของการที่รังสีชนกับวัสดุนั้น ๆ
m_e	= มวลของอีเลคตรอน
R	= รัศมีของทรงกลม (เซ็นติเมตร)
R_o, R+a	= ความหนาของชั้นวัสดุกับรัศมีของทรงกลม
S, ϕ_0	= ความเข้มของต้นกำเนิดรังสีชนิดจุด (จำนวนโฟตอน/หน่วยพื้นที่/หน่วยเวลา)
Z	= อะตอมมิคนัมเบอร์
ϕ_u	= ปริมาณฟลักซ์ที่ไม่ชนกับเนื้อวัสดุ (จำนวนโฟตอน/หน่วยพื้นที่/หน่วยเวลา)
ϕ_b	= ปริมาณฟลักซ์ที่ผ่านชั้นของวัสดุแล้ว (จำนวนโฟตอน/หน่วยพื้นที่/หน่วยเวลา)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

μ/ρ = ค่าความเป็นไปได้ของปริมาณรังสีจะชนกับวัสดุ

$(\mu_{a}/\rho)air$ = ค่าความเป็นไปได้ของปริมาณรังสีจะถูกอากาศดูดไว้

ρ = ความหนาแน่นของวัสดุต่อปริมาตร

ν = ค่าความถี่ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

σ_{pe} = ค่าความเป็นไปได้ในการเกิดโฟโตอีเลคตริคเอฟแฟค

σ_{pp} = ค่าความเป็นไปได้ในการเกิดแพร์โปรดักชัน

σ_{pc} = ค่าความเป็นไปได้ในการเกิดคอมตัน สแคทเตอร์ริง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย