บรรณานุกรม

1. Beddoc, A.H., Zuidimeer H., and Hill, G.L "A prompt gamma in vivo neutron activation analysis facility for measurement of total body nitrogen in the Critically ill," Phy s. Med. Biol., 29(4), 371-383, 1984.
2. Allen, B.J, "The AAEC total body nitrogen facility," Austratian Atomic Energy Commission, Lucas Heights research laboratories, 1985.
3. Cheng-Jong Lee, Jiunn-Hsing Chao, and Chien Chung, "High-energy gamma ray spectrometer using bismuth gesmanate detector," Appl. Radiat. Isot., 42(6), 547-553, 1991.
4. Shea, P., Bozorg manesh, H. "Nuclear techniques for detector of explosives for aviation security thermal neutron analysis," Seveth symposium on radiation measurement and application, 1B4, the university of Michigan, 1990.
5. Tiwari, P.N., Bergman, R., and Larsson, B. "Determination of nitrogen in organic materials by prompt (n,ɣ) technique," International journal of applied radiation and Isotope, 22, 587-592, 1971.
6. อารีรัตน์ คอนดวงแก้ว, "การหาปริมาณไนโตรเจนในข้าวนึ่ง โดยวิธีฟาสต์นิวตรอนแอคติเวชัน," วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยีบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2525,
7. Duffey, D., and El-Kady, A. "Analytical sensitivities and energies of thermal-neutron-capture gamma rays," Nuclear instrament and method, 80, 149-171, 1970.
8. Hunt, S.E. "the design of neutron howitzer," International journal of applies radiation and isotopes, 19, 541-544, 1968.
9. WADA, N. "Measurement of moisture and hydrogen contents by intermediaet neutron moderation," Journal of radionalytical chemistry, 23, 147-158, 1974.

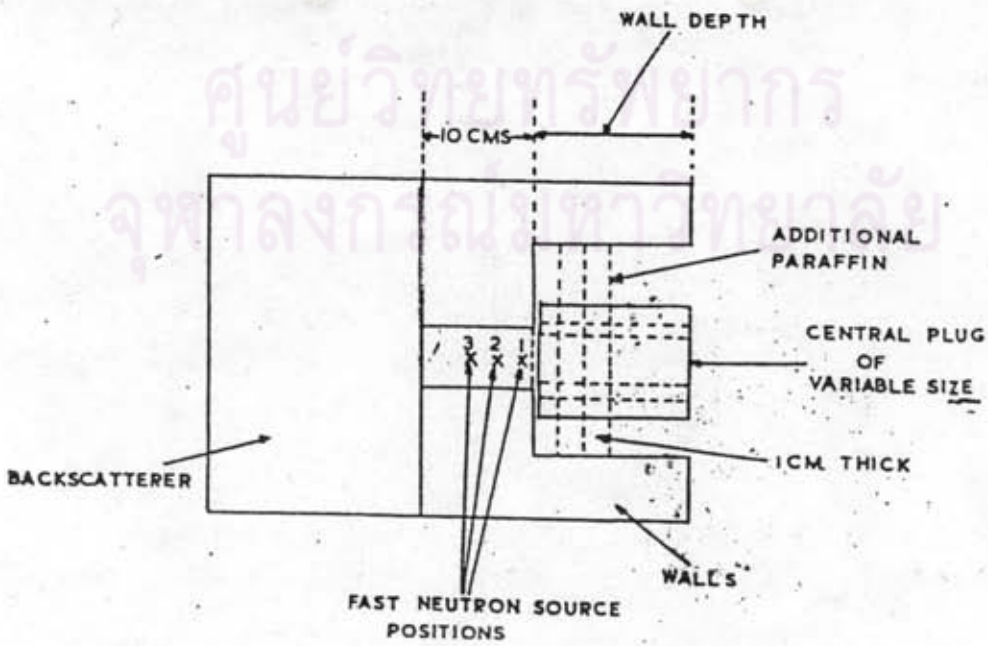
ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

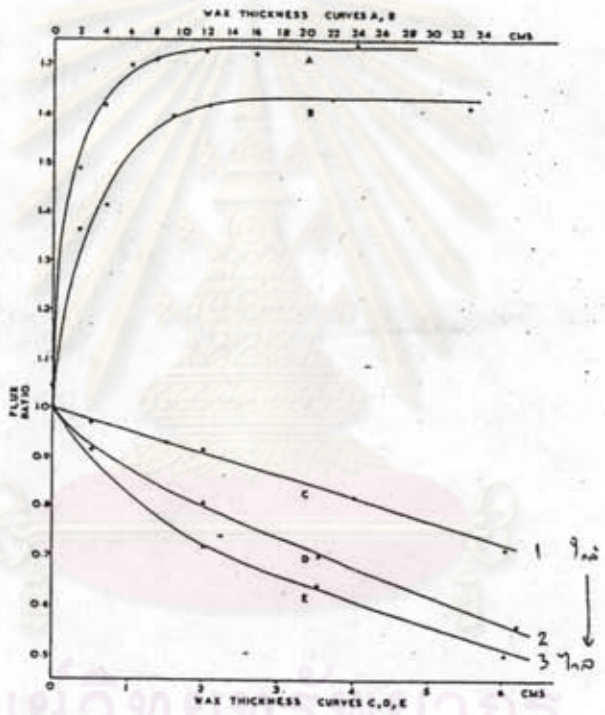
การออกแบบ Neutron Howitzers(8)

จากการเลือกใช้ต้นกำเนิดนิวตรอนจากสารกัมมันตรังสี Pu^{238} /Be นั้น มีปัญหาเกี่ยวกับปริมาณนิวตรอนฟลักซ์ที่ใช้ในการทดลอง เพราะต้นกำเนิดนิวตรอนที่ใช้นี้จะให้นิวตรอนเร็วจากปฏิกิริยานิวเคลียร์ที่เกิด แต่ในการวัดด้วยเทคนิค PGNAA กับธาตุไนโตรเจนจำเป็นที่จะต้องใช้ thermal นิวตรอนในการเกิดปฏิกิริยา ดังนั้นระบบการอาบรังสีจึงต้องทำการลดพลังงานนิวตรอนเร็วลงให้อยู่ในช่วง thermal นิวตรอน และบังคับทิศทางของนิวตรอนที่ได้ไปยังทิศที่จะทำการอาบรังสีกับตัวอย่าง จากความต้องการนี้ได้มีการศึกษาวัสดุสำหรับลดความเร็ว (moderator) ซึ่งได้แก่วัสดุพวกที่ประกอบด้วยอะตอมของธาตุที่มีเลขมวลน้อย ๆ และมีภาคตัดขวางของการดูดกลืนนิวตรอนน้อยด้วย วัสดุสำหรับลดความเร็วนิวตรอนที่ดีได้แก่ น้ำ (H_2O) น้ำชนิดหนัก (D_2O) คาร์บอน พาราฟิน โพลิเอทธิลีน จากคุณสมบัติของ moderator ที่มีคุณสมบัติลดพลังงานนิวตรอน และเป็นตัวสะท้อนของนิวตรอนได้ดี จึงมีการออกแบบระบบอาบรังสีนิวตรอนแล้วศึกษาถึงผลของรูปทรงเรขาคณิต (geometry ของ moderating material) ที่เหมาะสม ซึ่งจะทำให้การกระจายของ thermal neutron flux เปลี่ยนไป และทำให้ปริมาณ thermal นิวตรอนฟลักซ์ในทิศทางที่ต้องการอาบรังสีมีค่ามากกว่าทิศทางอื่น ดังในรูป ก.1 โดยใช้ต้นกำเนิดนิวตรอนจาก Polonium-beryllium ขนาด 3.5×10^5/sec ทำการวัดเป็นเวลา 1 นาทีด้วย Lithium Loaded Glass Scintillator Detector



รูป ก.1 ระบบอาบรังสีนิวตรอน

ระบบการอาบรังสีนิวตรอนนี้มีชื่อว่า Neutron Howitzers จากรูปข้างบนนี้ ส่วนประกอบที่มีผลต่อการกระจายของ thermal neutron flux ขึ้นอยู่กับความยาว, ความหนาของผนังด้านข้าง ความหนาที่เป็นส่วนพาราฟินด้านหลัง (Backscatter) ตำแหน่งของต้นกำเนิดนิวตรอน ความหนา,ความยาวของCentral plug โดยจากการทดลองสามารถเขียนเป็นกราฟความสัมพันธ์ได้ดังรูปที่ ก.2



รูปที่ ก.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ขนาดของระบบอาบรังสีต่อจำนวนนิวตรอนที่วัดได้

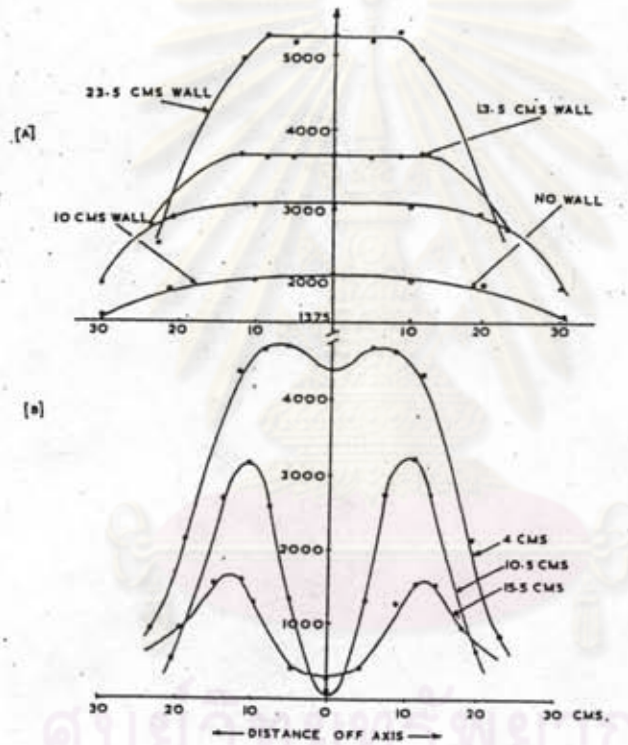
จากรูปที่ ก.2 เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Thermal Neutron Flux กับความหนาของพาราฟิน

A = ด้านข้างของผนัง Howitzers

B = ด้านหลัง Backscatter

C = เป็นตำแหน่งที่วางต้นกำเนิดนิวตรอนและมีพาราฟินกั้นด้านหน้า

จากรูปกราฟ A สรุปได้ว่าเมื่อเพิ่มความหนาด้านข้างของผนัง howitzers ที่ทำเป็นรูปทรงกระบอกมีขนาด 6 ซม. แล้วค่า thermal neutron flux จะคงที่หรือเพิ่มขึ้นอีกเพียงเล็กน้อย จากรูป กราฟ B สรุปได้ว่าเมื่อเพิ่มความหนาด้าน Blackscatter ของ howitzers จนมีขนาด 10 ซม. แล้ว ค่า thermal neutron flux จะคงที่ จากรูปกราฟ C,D,E ผลจากการวางพาราฟินไว้หน้านิวตรอนเร็ว ผลปรากฏว่า thermal นิวตรอนจะลดลงเมื่อเพิ่มความหนาของพาราฟิน สำหรับรูปกราฟ A,B



รูปที่ ก.3

รูป A แสดงว่าความสัมพันธ์การกระจายของ Thermal นิวตรอนฟลักซ์กับขนาดความยาวของผนังด้านข้างของ Howizer

รูป B แสดงความสัมพันธ์การกระจายของ Thermal นิวตรอนฟลักซ์กับขนาดของ Central plug

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ ก.3 เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการกระจายของ Thermal neutron flux และความสัมพันธ์ระหว่าง Thermal neutron กับขนาดของ Central plug องค์ประกอบที่สำคัญที่มีต่อการกระจายของ Thermal neutron flux คือความยาวของด้านข้างผนัง Howitzers จากรูป ถ้าความยาวของด้านข้างผนังเพิ่มขึ้น การกระจายของ Thermal นิวตรอนฟลักซ์จะแคบและ Thermal flux ที่จุดตรงแกนจะมีขนาดเพิ่มขึ้น ถ้าความยาวของด้านข้างผนังลดลง การกระจายของ thermal neutron flux จะกว้าง ค่าขนาดของทรงกระบอกของพาราฟิน Howitzer จะสามารถทำให้ Thermal นิวตรอนเพิ่มขึ้นได้ถึง 4 เท่า

งานวิจัยนี้ได้ใช้น้ำเป็นวัสดุสำหรับลดความเร็วนิวตรอน ซึ่งเป็นตัว moderator ที่ดีตัวหนึ่งประกอบด้วยไฮโดรเจนและออกซิเจนในอัตราส่วน 2 : 1 ไฮโดรเจนเป็นธาตุที่มีเลขมวลน้อยที่สุด คือเท่ากับ 1 ประมาณใกล้เคียงกับมวลของโปรตอน ดังนั้น เมื่อนิวตรอนวิ่งไปชนกับนิวเคลียสของไฮโดรเจนที่มีมวลใกล้เคียงกัน นิวตรอนจะสูญเสียพลังงานให้กับนิวเคลียสของไฮโดรเจนที่ถูกชนเป็นจำนวนมาก แล้วนิวตรอนก็จะเปลี่ยนทิศทางโดยการ Scatter กับอะตอมอื่น ๆ อีก จนถูกนิวเคลียสจับ ส่วนการชนระหว่างนิวตรอนกับนิวเคลียสของออกซิเจนนั้น มีความมีความสำคัญน้อยมาก เพราะในแต่ละครั้งของการชนนิวตรอนจะสูญเสียพลังงานเป็นจำนวนน้อยมากและออกซิเจนยังเป็นธาตุที่มีภาคตัดขวางของการดูดกลืนนิวตรอนต่ำ ซึ่งจะทำให้ไม่เกิด background ของการวัดรังสีพรอมพ์แกมมา นอกจากเหตุผลที่กล่าวมาแล้ว น้ำยังมีข้อดีอื่นอีกคือ

- ราคาถูก หาง่าย
- การเคลื่อนย้ายปรับหาตำแหน่งต้นกำเนิดนิวตรอนที่เหมาะสมในการวัดทำได้ง่าย
- ไม่มีการร้าว หรือรั่ว ซึ่งเป็นสาเหตุให้นิวตรอนผ่านออกมา คือเป็นตัวกันรังสี
- สามารถทำการวัด Neutron Flux จาก Probe หัววัด ฉ ที่ตำแหน่งต่าง ๆ ได้สะดวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียน

นายคณิต ทองพิสิฐสมบัติ เกิดเมื่อวันที่ 21 กันยายน 2505 ที่จังหวัดกาญจนบุรี สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี วิทยาศาสตร์บัณฑิต (สาขาฟิสิกส์) จากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ พ.ศ.2529 ปัจจุบันเป็นอาจารย์ประจำ ตำแหน่งหัวหน้าสาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย