บทที่ 5

หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

สรุปผลและวิจารณ์

ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แบ่งการทดลองศึกษาออกเป็น 4 หัวข้อด้วยกัน ซึ่งให้ข้อมูลพอจะนำมาสรุปได้ดังต่อไปนี้

1. ในการนำหลอดวัด BF_3 สองหลอดมาต่อขนานกัน เพื่อที่จะให้ได้อัตรานับเพิ่มขึ้นนั้น กราฟลักษณะส่อ ของทั้งระบบจะมีลักษณะคล้ายคลึงกับกราฟลักษณะส่อของแต่ละหลอด โดยมีอัตรานับเพิ่มขึ้น ความต่างศักย์ใช้งานจะยังมีค่าคงเดิม คือค่าเดียวกับความต่างศักย์ใช้งานของหลอดวัด BF_3 1 หลอด (โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ถ้าหลอดวัดทั้งสองมีกราฟลักษณะส่อเหมือนกันมากที่สุด) อัตรานับที่ได้จากการนำหลอดวัดทั้งสองหลอดมาต่อขนานกันนั้น มีค่าน้อยกว่าผลบวกของอัตรานับของแต่ละหลอดเล็กน้อย ทั้งนี้อาจสันนิษฐานได้ว่าเป็นเพราะ

1.1 การผนวกกันของสัญญาณ จากหลอดวัดทั้งสองกลายเป็นสัญญาณใหม่ที่มีแอมปลิจูดสูงขึ้น เข้าสู่คอมแพแรเตอร์พร้อมกัน

1.2 ความไวของคอมแพแรเตอร์ ในกรณีที่สัญญาณ วิ่งเข้าสู่คอมแพแรเตอร์ในเวลาที่ไล่เลี่ยกันมาก คอมแพแรเตอร์อาจจะรับเป็นสัญญาณเดียว

2. จากการวัดความเข้มของนิวตรอนในบรรยากาศในวันหนึ่ง ๆ พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงไปตามช่วงเวลา โดยเฉพาะในเวลากลางวันจะมีความเข้มมากกว่าในเวลากลางคืนอย่างเห็นได้ชัด ความเข้มสูงสุดที่วัดได้ในแต่ละวันจะอยู่ในเวลาเที่ยงวัน จากนั้นความเข้มก็จะลดลงไปจนต่ำสุดที่เวลา 21.00 นาฬิกา ซึ่งเป็นการวัดช่วงสุดท้ายของแต่ละวัน แต่ก็ยังมีแนวโน้มที่จะต่ำลงไปอีก ซึ่งหากได้ทำการวัดต่อไปเรื่อย ๆ คาดว่าความเข้มจะมีค่าต่ำสุดในช่วงเวลาประมาณ 24.00 นาฬิกาของแต่ละวัน จากผลการทดลองจะเห็นว่านิวตรอนในบรรยากาศมีการเปลี่ยนแปลงความเข้มไปตามเวลาเช่นเดียวกับรังสีคอสมิกปฐมภูมิ ซึ่งมีการ

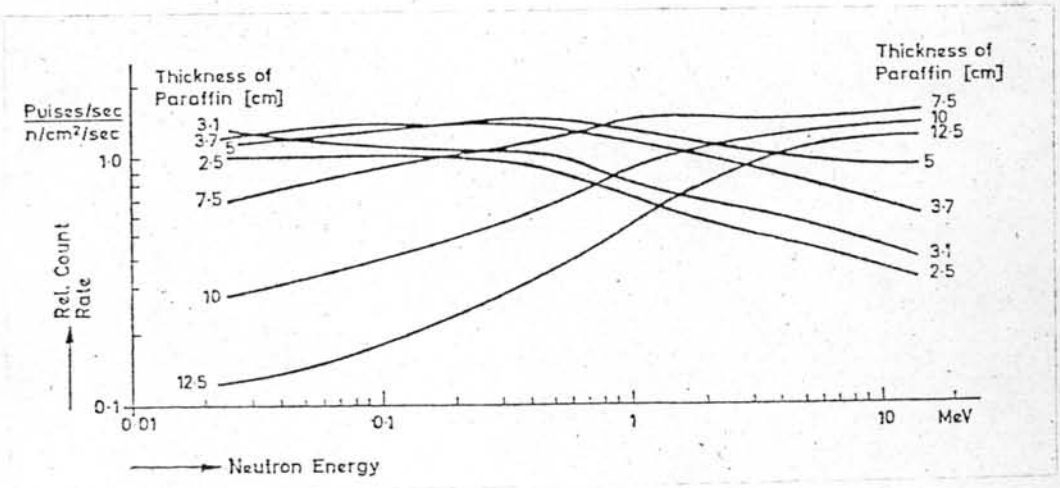
เปลี่ยนแปลงประจำวัน (diurnal variation)[7] ข้อนี้เป็นหลักฐานอย่างหนึ่งซึ่งแสดงว่านิวตรอนในบรรยากาศเป็นอนุภาคทุติยภูมิที่เกิดจากอันตรกิริยาของอนุภาคปฐมภูมิในรังสีคอสมิกกับนิวเคลียสของธาตุในบรรยากาศ

อนึ่ง จากผลการทดลองพบว่าในขณะที่มีฝนตกหนัก ความเข้มที่วัดได้มีค่าต่ำกว่าปกติอย่างเห็นได้ชัด ดังในช่วงเวลา 16.00 นาฬิกาของวันที่ 7 มิ.ย. 2522 ซึ่งความเข้มมีค่าต่ำกว่าช่วงเวลา 21.00 นาฬิกาเสียอีก ทั้งนี้อาจสันนิษฐานได้ว่าเป็นผลเนื่องมาจากการหน่วงและการดูดกลืนของน้ำและละอองน้ำซึ่งมีมากในขณะที่มีฝนตกหนัก

3. การศึกษาการกระจายเชิงมุมของนิวตรอนในบรรยากาศ โดยการวัดความเข้ม ณ ตำแหน่งที่ระนาบของหลอดวัดเอียงทำมุมเซนิทต่าง ๆ การทดลองได้ผลออกมาดังกราฟในรูปที่ 4.10 และ 4.11 ซึ่งจะเห็นว่านิวตรอนที่เข้ามายังตำแหน่งที่วัด ณ ระดับพื้นดิน ส่วนใหญ่จะมีทิศทางอยู่ในแนวดิ่งและจะมีปริมาณน้อยลงเมื่อมุมเซนิทเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าความเข้มนิวตรอนจะมีลักษณะสมมาตร์ทางด้านทิศเหนือกับทิศใต้ และทางด้านทิศตะวันออกกับทิศตะวันตก

จากการวัด East-West Asymmetry ของรังสีคอสมิกระดับพื้นดินที่กรุงเทพ ฯ โดยการใช้ Cosmic Ray Telescope ของอาจารย์ สุพนิจ พราหมทัศ[25] ปรากฏว่าอนุภาคปฐมภูมิที่เข้ามาจะแสดงค่า Asymmetry มากสุดที่มุมเซนิท 45° นิวตรอนซึ่งเป็นอนุภาคทุติยภูมิ ถ้ามี Asymmetry จริงก็ควรจะแสดงค่ามากที่สุดที่ตำแหน่งมุมเซนิทประมาณ 45° เช่นกัน และจะต้องเป็นนิวตรอนที่เกิดจากกระบวนการน็อคเอ้าท์ (knock - out process) ที่มีพลังงานสูงพอที่จะยังคงรักษาทิศทางเดิมไว้ได้ ซึ่งส่วนใหญ่ก็อยู่ในทิศทางเดียวกับอนุภาคปฐมภูมิที่วิ่งเข้าชนนิวเคลียสนั่นเอง แต่นิวตรอนที่หลอดวัดของเราวัดได้ส่วนใหญ่เป็นนิวตรอนที่เกิดจากกระบวนการระเหย ซึ่งมีพลังงานต่ำและมีการกระจายออกจากนิวเคลียสอย่างสม่ำเสมอทุกทิศทาง (isotropy)[26] เพราะฉะนั้นในการวัดครั้งนี้จึงไม่สามารถจะแสดง East-West Asymmetry ได้

การวัดนิวตรอนโดยใช้หลอดวัด BF_3 หุ้มด้วยพาราฟฟินที่มีขนาดความหนาอยู่ในช่วง 1.25 ถึง 2.00 นิ้ว เมื่อพิจารณาดูจากเส้นกราฟในรูปที่ 5.1[27] จะเห็นว่าหลอดวัดจะมีความไวต่อนิวตรอนที่มีพลังงานอยู่ในช่วง 50 KeV ถึง 1 MeV ซึ่งเมื่อกลับไปดูสเปกตรัมของนิวตรอนในบรรยากาศดังรูปที่ 3.1 ปรากฏว่าสอดคล้องกับนิวตรอนที่เกิดจากกระบวนการระเหย ซึ่งกระจายออกจากนิวเคลียสอย่างสม่ำเสมอทุกทิศทาง ดังนั้นถ้าทำการ



รูปที่ 5.1[27] กราฟแสดงอัตรานับของนิวตรอนเป็นฟังชั่นกับพลังงาน เมื่อหลอดวัด BF_3 ถูกหุ้มด้วยพาราฟฟินที่มีความหนาต่าง ๆ กัน

วัดนิวตรอนที่มีพลังงานช่วงนี้ในระดับบรรยากาศสูง ๆ (ช่วงความดัน 200 ถึง 700 มิลลิบาร์) คาดว่าจะได้ความเข้มเท่ากันในทุกทิศทาง แต่ในการวิจัยครั้งนี้ได้ทำการวัดที่ระดับพื้นดิน จึงทำให้ได้ความเข้มสูงสุดในแนวดิ่งและลดน้อยลงเมื่อมุมเซนิทเพิ่มขึ้น แต่ที่ตำแหน่งมุมเซนิท 90° ปรากฏว่าความเข้มสัมพัทธ์ที่ได้มีค่าค่อนข้างจะสูง ทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องจากในขณะที่ระนาบของหลอดวัดเอียงทำมุมเซนิท 90° นั้น นิวตรอนพลังงานสูงที่เกิดจากกระบวนการน็อคเอ้าท์อาจถูกหน่วงโดยพาราฟฟินซึ่งมีความหนาประมาณ 7 นิ้วจนมีพลังงานต่ำพอที่จะถูกจับโดย ^{10}B ใน

หลอดวัด ทำให้ความเข้มที่วัดได้มีค่าสูงกว่าปกติ ทำนองเดียวกันกับตำแหน่งมุมเซนิท 45° ซึ่งมีอัตรานับเนื่องจากนิวตรอนพลังงานสูงอยู่บ้าง แต่มีปริมาณน้อยกว่าตำแหน่งมุมเซนิท 90° ทั้งนี้เพราะคาดว่านิวตรอนพลังงานสูงที่เกิดจากกระบวนการน็อคเอ้าท์ส่วนใหญ่จะมีทิศทางอยู่ในแนวดิ่งเช่นเดียวกับอนุภาคปฐมภูมิในรังสีคอสมิก [25] อีกอันหนึ่งที่อาจเป็นไปได้คือ ในขณะที่ระนาบของหลอดวัดเอียงทำมุมเซนิท 45° และ 90° นั้น นิวตรอนในบรรยากาศที่วิ่งมากระทบพื้นห้องอาจมีการสะท้อนเข้าหาหลอดวัด ซึ่งถ้ามีพลังงานพอเหมาะก็สามารถจะวัดได้ ทำให้อัตรานับเพิ่มขึ้นโดยเฉพาะที่ตำแหน่งมุมเซนิท 90° จะมีมาก

4. จากการบันทึกอัตรานับของนิวตรอนในบรรยากาศเมื่อวางหลอดวัดตามแนวราบให้แกนของหลอดวัดขนานกับแนวเหนือ –ใต้และแนวตะวันออก –ตะวันตก ปรากฏว่าได้อัตรานับเท่า ๆ กัน แต่ทั้งนี้จะต้องขึ้นอยู่กับตำแหน่งที่วางหลอดวัดด้วย กล่าวคือสิ่งแวดล้อมรอบ ๆ หลอดวัดจะต้องมีความสมมาตร์ด้วย จากการทดลองวางหลอดวัดใกล้ผนังตึกและอยู่ในระดับต่ำ ปรากฏว่าเมื่อแกนหลอดวัดขนานกับผนังตึกจะได้อัตรานับน้อยกว่าเมื่อแกนหลอดวัดตั้งฉากกับผนังตึก เป็นการส่อให้เห็นว่าโครงสร้างของตัวอาคารสถานที่มีผลต่อการวัดนิวตรอนในธรรมชาติ ดังนั้นจึงพอจะสรุปได้ว่า การวัดนิวตรอนในบรรยากาศเมื่อวางหลอดวัดในแนวราบ อัตรานับที่ได้จะมีสมมาตร์ในทุกทิศทาง เมื่อสิ่งแวดล้อมรอบหลอดวัดมีความสมมาตร์ด้วย