บทที่ 1

บทนำ

1.1 นิวเคลียร์อิมัลชัน (nuclear emulsion)

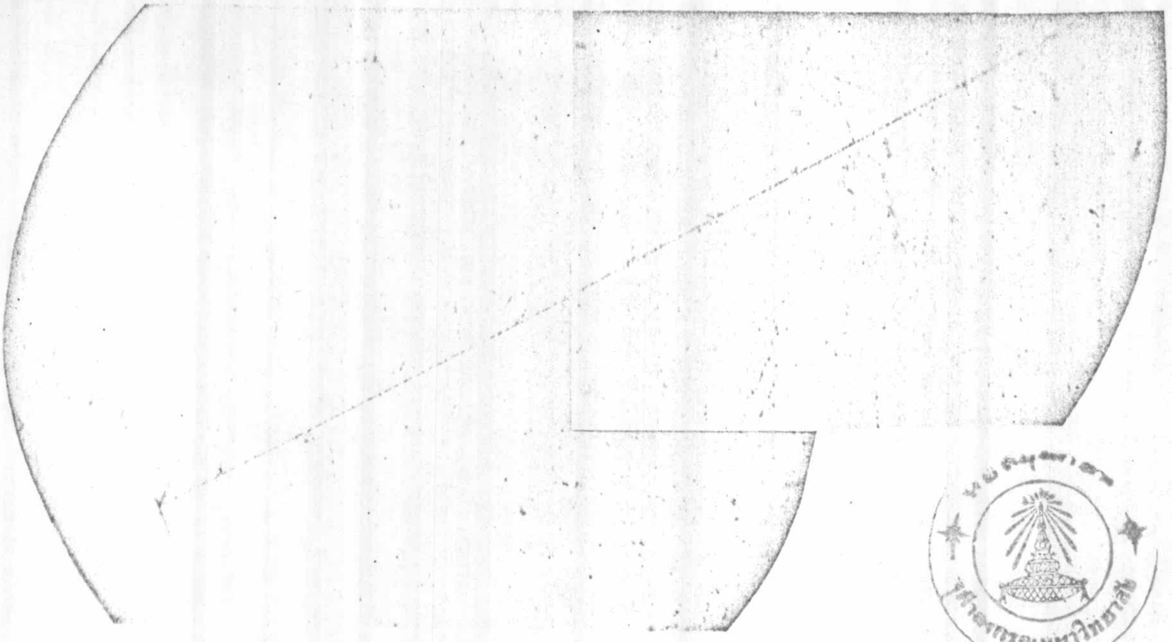
นิวเคลียร์อิมัลชัน เป็นอุปกรณ์ชนิดหนึ่งที่ใช้ตรวจวัดรังสี มีลักษณะเป็นแผ่นเหมือนฟิล์มถ่ายรูปธรรมดา แต่มีเนื้อฟิล์มหนากว่า ส่วนประกอบที่สำคัญ คือ เงินโบรไมด์และเจลาติน เงินโบรไมด์อยู่ในรูปผลึกเม็ดเล็ก ๆ ขนาดแตกต่างกันตามชนิดของนิวเคลียร์อิมัลชัน ชนิดที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นชนิดเค 5 ของอิลฟอร์ด ซึ่งมีความไวต่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าทุกชนิด

เมื่ออนุภาคที่มีประจุเคลื่อนที่เข้าไปในนิวเคลียร์อิมัลชัน จะถ่ายเทพลังงานให้กับโมเลกุลของเงินโบรไมด์ ทำให้โมเลกุลของเงินโบรไมด์แตกตัว (ionize) ออกเป็นเงินไอออน และโบรไมด์ไอออน ตามทางที่อนุภาคผ่านไป เมื่อนำอิมัลชันไปล้างตามกรรมวิธีแบบเดียวกับการล้างฟิล์มถ่ายรูปธรรมดา เงินไอออนจะกลายเป็นเงินอะตอม ซึ่งถ้ามองดูด้วยกล้องจุลทัศน์ที่มีกำลังขยายสูง จะมองเห็นเม็ดเงินสีดำเรียงอยู่เป็นแนวตามทางเดินของอนุภาคที่ผ่านไป

ถ้าอนุภาคที่เข้ามามีการแตกตัวสูง จะทำให้ทางเดินมีความหนาแน่นของเม็ดเงินสูง และถ้าพลังงานของอนุภาคมีค่ามาก ความหนาแน่นของเม็ดเงินจะน้อยแต่ทางเดินจะยาวกว่าทางเดินของอนุภาคที่มีพลังงานต่ำ การวัดการกระเจิงหลายหนและความหนาแน่นของเม็ดเงิน จะทำให้ทราบชนิด, มวล และพลังงานของอนุภาคได้

1.2 การเกิดจุดดาว (star) ในนิวเคลียร์อิมัลชัน

เมื่ออนุภาคพลังงานสูงจากรังสีคอสมิค เคลื่อนที่เข้าไปในนิวเคลียร์อิมัลชัน จะเกิดปฏิกริยานิวเคลียร์ กับนิวเคลียสของธาตุต่าง ๆ ที่เป็นองค์ประกอบของนิวเคลียร์อิมัลชัน แล้วเกิดอนุภาคใหม่ชนิดต่าง ๆ ในทิศตรงข้ามกับอนุภาคตัวที่เข้ามา อนุภาคที่เกิดใหม่นี้ เรียกว่า "อนุภาคทุติยภูมิ" (secondary particles) อนุภาคเหล่านี้จะไปทำปฏิกริยากับนิวเคลียสตัวอื่นอีก ทำให้เกิดอนุภาคชนิดต่าง ๆ ขึ้นอีกเป็น



รูปที่ 1-1 แสดงจุดดาวในอิมัลชัน อิลฟอร์ด เค5 แผ่นที่ K5A4 ที่ตำแหน่ง x = 057, y = 067 หางยาวที่สุดที่เห็น คือ หางเดินของโปรตอน ซึ่งจบในอิมัลชันที่ตำแหน่ง x = 054, y = 061

รูปที่ 1-2 แสดงจุดดาวในอิมัลชัน อิลฟอร์ด เค5 แผ่นที่ K5A2 ที่ตำแหน่ง x = 026, y = 087

จำนวนมากออกจากนิวเคลียส คล้าย ๆ การเกิดคาสเคดเชาว์เวอร์ (cascade shower) ของรังสีคอสมิคในบรรยากาศ ณ จุดที่เกิดปฏิกริยาในนิวเคลียร์อิมัลชัน ถ้ามองดูด้วยกล้องจุลทัศน์ จะเห็นเป็นทางเดินหลายเส้นออกจากจุดเดียวกัน ซึ่งเรียกว่า "จุดดาว" (star)

1.3 <u>จุดดาวและการเรียกชื่อ</u>[1] (Star and nomenclature)

ในปี 1949 บราวน์ (Brown) และผู้ร่วมงาน ได้ศึกษาทางเดินของอนุภาคต่าง ๆ ที่เกิดจากจุดดาวในนิวเคลียร์อิมัลชันที่มีความไวต่ออิเลคตรอนสูง (electron sensitive emulsion) ซึ่งอิมัลชันชุดนี้ได้ถูกนำขึ้นไปรับรังสีคอสมิคที่ความสูงระดับภูเขา เขาได้แบ่งชนิดของทางเดินของอนุภาคต่าง ๆ เป็น 3 ชนิด คือ

1.3.1 <u>ทางเดินของอนุภาคที่มีไอออนไนเซชันสูง</u> (tracks of heavily ionizing particles) เป็นทางเดินที่มีความหนาแน่นของเม็ดเงินเกินกว่า 1.4 g_{min} (g_{min} คือ ความหนาแน่นของเม็ดเงินน้อยที่สุดสำหรับอิมัลชันชุดนี้) แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

1.3.1-1 <u>ทางเดินที่มีความหนาแน่นของเม็ดเงินสูงมาก</u> (black tracks) คือ ทางเดินที่มีความหนาแน่นของเม็ดเงินสูงกว่า 10 g_{min} ไม่สามารถจะนับจำนวนเม็ดเงินได้ เพราะเม็ดเงินจะอยู่ติดต่อกันไม่มีช่องว่าง

ทางเดินเหล่านี้ เกิดจากการระเหยของนิวเคลียส (nuclear evaporation) ส่วนมากเป็นทางเดินของโปรตอนที่มีพลังงานน้อยกว่า 25 Mev. ของดิวทีรอนที่มีพลังงานน้อยกว่า 50 Mev. ของทริตอนที่มีพลังงานน้อยกว่า 75 Mev. หรือของอนุภาคอัลฟาที่มีพลังงานน้อยกว่า 800 Mev. พิสัยของโปรตอนที่วัดได้จะน้อยกว่า 3 มิลลิเมตร

แทนจำนวนทางเดินชนิดนี้ด้วย n_b

---

[1] C.F. Powell, P.H. Fowler and D.H. Perkins, <u>The Study of Elementary Particles by the Photographic Method</u>, (London: Pergamon Press, 1959), pp. 427-428.

1.3.1-2 ทางเดินที่มีความหนาแน่นของเม็ดเงินปานกลาง (grey tracks) คือ ทางเดินที่มีความหนาแน่นของเม็ดเงินอยู่ระหว่าง 1.4 ถึง 10 g_{min} เม็ดเงินจะอยู่เรียงกันห่างพอควร ไม่ยากในการนับ

ทางเดินชนิดนี้ส่วนมากเป็นทางเดินของโปรตอนที่มีพลังงานระหว่าง 25 ถึง 500 Mev. อาจจะเกิดจากดิวทีรอน หรือทริตอนก็ได้

แทนจำนวนทางเดินชนิดนี้ด้วย n_g

ให้ n_h แทนผลรวมของ n_b และ n_g นั่นคือ

$$n_h = n_b + n_g$$

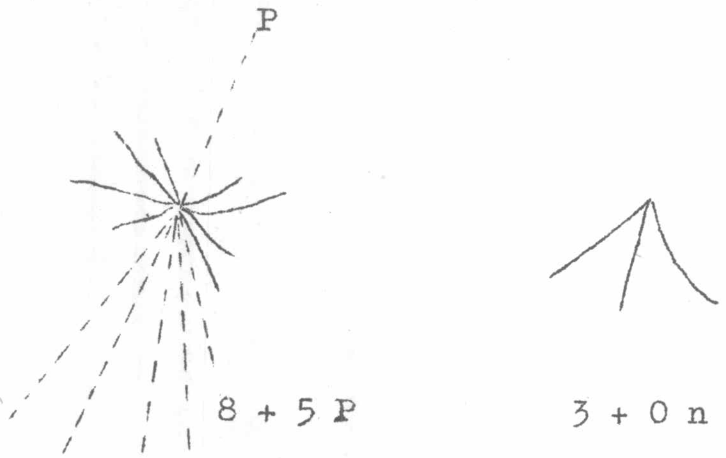
1.3.2 ทางเดินของอนุภาคเชาว์เวอร์(tracks of shower particles) เป็นทางเดินที่มีความหนาแน่นของเม็ดเงินน้อย (thin tracks) ความหนาแน่นของเม็ดเงินจะน้อยกว่า 1.4 g_{min} ส่วนมากเป็นทางเดินของพวกพาย-เมซอน, เคเม-ซอน, โปรตอนพลังงานสูง,อิเลคตรอน, แอนไทโปรตอน และพวกไฮเปอร์รอน อนุภาคเหล่านี้จะออกจากจุดดาวเป็นมุมแคบ ๆ

ให้จำนวนทางเดินชนิดนี้แทนด้วย n_s

ในปัจจุบัน ได้มีการส่งนิวเคลียร์อิมัลชันไปกับจรวดหรือดาวเทียม ขึ้นไปรับรังสีคอสมิคที่บรรยากาศสูง ๆ พบว่า ในจำนวนอนุภาคที่เกิดขึ้นเป็นมุมแคบ ๆ ตรงข้ามกับอนุภาคตัวที่เข้ามา ยังมีอนุภาคที่เป็นนิวเคลียสของธาตุหนัก (heavy fragments) ซึ่งเกิดจากปฏิกริยาระหว่างนิวเคลียสกับนิวเคลียส รวมอยู่ด้วย

1.3.3 ทางเดินของอนุภาคปฐมภูมิ (tracks of primary particles) ทางเดินชนิดนี้อาจจะสังเกตดูจากความหนาแน่นของเม็ดเงิน ซึ่งมีค่าน้อยตรงจุดที่เริ่มเข้ามา และจะมีค่ามากที่สุดตรงจุดดาว ซึ่งจะต่างจากทางเดินของอนุภาคที่เกิดใหม่ เพราะทางเดินของอนุภาคที่เกิดใหม่ จะมีความหนาแน่นของเม็ดเงินน้อยตรงจุดดาว และค่อย ๆ มีค่ามากขึ้น สิ่งที่จะสังเกตได้อีกอย่างหนึ่งก็คือ ทางเดินของอนุภาคปฐมภูมินี้ จะมีทิศตรงข้ามกับทางเดินของอนุภาคเชาว์เวอร์ แต่ทั้งนี้จะสังเกตได้เฉพาะอนุภาคที่มีประจุเท่านั้น ส่วนอนุภาคที่ไม่มีประจุจะไม่ทำให้เกิดเป็นทางเดินในอิมัลชันให้เห็นได้

การบอกชนิดของจุดดาว นิยมใช้สัญลักษณ์เป็น $n_h + n_s.x$, x แทนอนุภาคปฐมภูมิที่ทำให้เกิดจุดดาว ดังตัวอย่างในรูปที่ 1-3



รูปที่ 1-3 แสดงการบอกชนิดของจุดดาว

1.4 ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นการศึกษาทางเดินของอนุภาคทุติยภูมิ ที่เกิดจากปฏิกิริยาระหว่างอนุภาคในรังสีคอสมิคกับนิวเคลียสของธาตุต่าง ๆ ในนิวเคลียร์อิมัลชัน โดยการวัดการกระเจิงหลายหน กับความหนาแน่นของเม็ดเงิน จากการวัดดังกล่าวจะทำให้คำนวณหาพลังงานและมวลของอนุภาคทุติยภูมิได้

เนื่องจากการคำนวณหาพลังงานของอนุภาคดังกล่าวมีหลายวิธี ในที่นี้เลือกใช้การคำนวณสองวิธี คือ วิธี overlapping cell ของเฟาว์เลอร์ และวิธี méthode des sommes โดยวิธีแรกได้เคยทดลองกับอนุภาคจากรังสีคอสมิคแล้ว และใช้ได้ดีกับอนุภาคพลังงานต่ำ ส่วนวิธีหลังเคยทดลองกับอนุภาคจากเครื่องเร่งอนุภาคเท่านั้น ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ จะได้ใช้ทั้งสองวิธีนี้ เพื่อเปรียบเทียบกัน

i 17392949