บทที่ 5

สรุป และวิจารณ์

จากการวัดการกระเจิงหลายหนและความหนาแน่นของเม็ดเงินนี้ สามารถใช้ในการคำนวณหาพลังงานและมวลของอนุภาคที่มีประจุเท่ากับหนึ่ง และมีทางเดินไม่จบในอิมัลชันได้ แต่ต้องเป็นทางเดินที่ปรากฏในอิมัลชันแต่ละแผ่นยาวพอควร(เกินกว่า 2 มิลลิเมตร) และบางพอที่จะนับจำนวนเม็ดเงินได้

ในที่นี้ จำนวนทางเดินของอนุภาคที่ออกจากจุดดาวซึ่งบางพอจะหาความหนาแน่นของเม็ดเงินได้มีมาก แต่ส่วนใหญ่มักจะสั้นกว่า 2 มิลลิเมตร ฉนั้นจำนวนทางเดินที่ใช้ในการวิเคราะห์จริง ๆ จึงมีเพียงบางส่วนเท่านั้น ไม่หมดทุกเส้น จากผลที่ได้ พอจะสรุปได้ดังนี้

5.1 จากตารางที่ 4-4 ค่าพลังงานของอนุภาคที่จบในอิมัลชัน จากวิธีของเฟาว์เลอร์ และวิธี méthode des sommes พบว่า โดยวิธีแรกค่าที่คำนวณได้จะผิดจากค่าในตาราง 9.2 % และโดยวิธีหลังจะผิดไป 20.8 % โดยใช้ช่วงความยาวที่เหมาะเท่ากับ 500 ไมครอน เมื่อเทียบกับผลของ J.C. Montret และผู้ร่วมงาน ซึ่งเป็นการวัดที่พลังงาน 6 Gev. และมีพิสัยยาว 11.5 เมตร โดยใช้การคำนวณแบบวิธีหลัง ค่าพลังงานที่ได้เท่ากับ 5.19 $\pm$ 0.45, 5.40 $\pm$ 0.58 และ 5.83 $\pm$ 0.72 Gev. เมื่อใช้ช่วงความยาวที่เหมาะ(t) เท่ากับ 500, 750 และ 1,000 ไมครอน ตามลำดับ พบว่า ที่ t = 500 ไมครอน ผลการคำนวณจะผิดจากค่า 6 Gev. 15.5 % ที่ t = 750 ไมครอน จะผิด 10.0 % และที่ t = 1,000 ไมครอน จะผิดไป 2.9 %

แสดงว่า วิธีคำนวณหาพลังงานของอนุภาคโดยวิธีของเฟาว์เลอร์จะมีค่าเบี่ยงเบนจากตารางของ C.N.R.S. de Strasbourg-Cronenbourge น้อยกว่าวิธี méthode des sommes ของ Tsai Chü สำหรับอนุภาคที่มีพลังงานต่ำ แต่จากผลการคำนวณของ J.C. Montret ซึ่งวัดในช่วงพลังงานที่สูงกว่า ถ้า t = 500 ไมครอน ผลการคำนวณจะมีค่าเบี่ยงเบนมากเหมือนกัน แต่ถ้า t เพิ่มขึ้น คือ เท่ากับ 1,000 ไมครอน ค่าเบี่ยงเบนจะลดลงตามลำดับ

5.2 จากค่า $P\beta$ คำนวณจากทั้งสองวิธี นำมาวิเคราะห์หามวลของอนุภาค ดังแสดงในตารางที่ 4-8 และ 4-9 แล้วเขียนกราฟแท่ง ดังแสดงในรูปที่ 4-5 และ 4-6 ในรูปบนมวลของโปรตอนจากวิธีของเฟาว์เลอร์จะมีค่าอยู่ระหว่าง .744 m_p ถึง 1.288 m_p และจากวิธี méthode des sommes มวลของโปรตอนที่ได้จะอยู่ระหว่าง .744m_p ถึง 1.288 m_p เช่นกัน ค่าเฉลี่ยของโปรตอนจากทั้งสองวิธีได้เท่ากับ 1.008 $\pm$ 0.039 และ 1.023 $\pm$ 0.145 m_p ตามลำดับ

5.3 จากกราฟแท่งในรูปที่ 4-5 และ รูปที่ 4-6 (รูปล่าง) เป็นการกระจายของมวลของอนุภาคทุติยภูมิที่ออกจากจุดดาว คำนวณได้จากทั้งสองวิธี พบว่าจะมียอดสูงสุดอยู่ในช่วงใกล้เคียงกับยอดของโปรตอน (รูปบน) นอกจากนี้ยังมีอนุภาคที่มีมวลอยู่นอกเขตของมวลของโปรตอน ดังนี้

5.3.1 อนุภาคที่มีมวลน้อยกว่ามวลของโปรตอน คือมีมวลอยู่ระหว่าง .064 m_p ถึง .744 m_p ทั้งสองวิธี จะเห็นว่าควรจะเป็นมวลของเค-เมซอน (m_k = .526 m_p) แต่จากการคำนวณของทั้งสองวิธี พบว่าการกระจายของมวลไม่แสดงยอดของเค-เมซอน ให้เห็นเด่นชัด

5.3.2 อนุภาคที่มีมวลมากกว่ามวลของโปรตอน ตามวิธีของเฟาว์เลอร์ มีอนุภาคที่มีมวลระหว่าง 1.424 m_p ถึง 1.968 m_p ระหว่าง 2.240 m_p ถึง 2.784 m_p กับระหว่าง 2.920 m_p ถึง 3.056 m_p ส่วนตามวิธี méthode des sommes มีอนุภาคที่มีมวลระหว่าง 1.424 m_p ถึง 1.832 m_p, ระหว่าง 1.968 m_p ถึง 2.512 m_p และระหว่าง 2.648 m_p ถึง 2.784 m_p ตำแหน่งของอนุภาคเหล่านี้อยู่ใกล้เคียงกับตำแหน่งของดิวทีรอน และทริตอน แต่เนื่องจากทางเดินของอนุภาคเหล่านี้มีน้อยมาก จึงไม่มีการแยกของมวลให้เห็นเด่นชัด ถ้าอิมัลชันชุดนี้ได้รับรังสีเป็นเวลานานกว่านี้ ก็จะเกิดจุดดาวมากขึ้นซึ่งจะให้ทางเดินของอนุภาคมากขึ้น ยอดของอนุภาคเหล่านี้คงจะปรากฏให้เห็นชัดขึ้น

ภาคผนวก I

การกระจายแบบเกาส์เซียน
(Gaussian Error Distribution)

ถ้า $P(x, \mu, \sigma)$ เป็นฟังชันของการกระจายแบบเกาส์เซียน จะเขียนฟังชันนี้ ได้เป็น

$$P_G(x, \mu, \sigma) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2\right] \qquad (1)$$

μ = ค่าเฉลี่ยของ x

σ = ความเบี่ยงเบนมาตราฐาน (standard deviation) และ σ จะหาได้จากสมการ

$$\sigma^2 = \overline{(x_i - \mu)^2} = \overline{x_i^2} - \mu^2 \qquad (2)$$

ความกว้างของการกระจายแบบเกาส์เซียน แทนด้วย Γ (half-width) ซึ่งมีค่าดังนี้

$$\Gamma = 2.354\sigma$$

และ probable error (P.E.) คือ

$$P.E. = 0.6745\sigma$$

ภาคผนวก II

วิธีของลีสท์สแคว

(Method of Least Squares)

สมมุติว่า จากผลการวัด มีค่า x_i และ y_i อยู่ N คู่ ซึ่งค่าทั้งสองมีความสัมพันธ์กัน ดังสมการเส้นตรง คือ

$$y = a + bx \tag{3}$$

ค่าเบี่ยงเบนของ y_i คือ Δy_i มีค่า ดังนี้

$$\Delta y_i = y_i - a - bx_i$$

ในกรณีที่ a และ b เป็นค่าที่ถูกต้องที่สุด Δy_i จะมีค่าน้อยที่สุด สำหรับค่า $x = x_i$ ใด ๆ สามารถคำนวณหาโอกาศ (probability) (P_i) สำหรับการวัดค่า y_i ใด ๆ สมมุติการวัดนี้ มีการกระจายแบบเกาส์เชียน โดยมีความเบี่ยงเบนมาตราฐานเป็น σ_i

$$P_i = \left(\frac{1}{\sigma_i\sqrt{2\pi}}\right)\exp\left\{-\frac{1}{2}\left[\frac{y_i - y(x_i)}{\sigma_i}\right]^2\right\} \tag{4}$$

โอกาศของการวัด y_i จำนวน N ครั้ง คือ ผลคูณของโอกาศนี้ N ครั้ง นั่นคือ

$$P(a,b) = \prod\left(\frac{1}{\sigma_i\sqrt{2\pi}}\right)\exp\left[-\frac{1}{2}\sum\left(\frac{\Delta y_i}{\sigma_i}\right)^2\right] \tag{5}$$

P(a,b) จะมีค่าถูกต้องที่สุด เมื่อเทอม exponential มีค่าน้อยที่สุด ถ้าแทนเทอมนี้ ด้วย χ^2 คือ

$$\chi^2 = \sum\left(\frac{\Delta y_i}{\sigma_i}\right)^2 = \sum\left[\frac{1}{\sigma_i^2}(y_i - a - bx_i)^2\right] \tag{6}$$

โดยหลักการของลีสท์สแคว จะหา a และ b ได้ เมื่อ χ^2 มีค่าน้อยที่สุด หรือ

$$\sum\left[\frac{1}{\sigma_i^2}(y_i - a - bx_i)^2\right] = \text{minimum}$$

ดิฟเฟอร์เรนชิเอท X^2 เทียบกับ a และ b ตามลำดับ จะได้สมการเป็นดังนี้

$$\Sigma y_i = \Sigma a + \Sigma bx_i = aN + b\Sigma x_i \tag{7}$$

$$\Sigma x_i y_i = \Sigma ax_i + \Sigma bx_i^2 = a\Sigma x_i + b\Sigma x_i^2 \tag{8}$$

แก้สมการข้างบน จะได้ค่า a และ b คือ

$$a = \frac{(\Sigma x_i^2 \Sigma y_i - \Sigma x_i \Sigma x_i y_i)}{N\Sigma x_i^2 - (\Sigma x_i)^2} \tag{9}$$

$$b = \frac{(N\Sigma x_i y_i - \Sigma x_i \Sigma y_i)}{N\Sigma x_i^2 - (\Sigma x_i)^2} \tag{10}$$