เอกสารอ้างอิง

1. Robson, J.M. Phys. Rev. 77(1950) : 747.

2. Bethe, H.A., Korff, S.A. and Placzek, G. Phys. Rev. 57(1940) : 573.

3. Simpson, J.A. Phys. Rev. 83(1951) : 1175.

4. Soberman, R.K., Beiser, A. and Korff, S.A. Phys. Rev. 100(1955) : 859.

5. Amaldi, E., and Fermi, E. Phys. Rev. 50(1936) : 899.

6. Amaldi, E., and Fermi, E. Phys. Rev. 51(1937) : 896.

7. Simpson, J.A., Fonger, W. and Treiman, S.B. Phys. Rev. 90(1953) : 934.

8. Hayakawa, S. Cosmic Ray Physics. New York : John Wiley & Sons, Inc., (1969) : 179.

9. Hayakawa, S. Cosmic Ray Physics. New York : John Wiley & Sons, Inc., (1969) : 182.

10. Hayakawa, S. Cosmic Ray Physics. New York : John Wiley & Sons, Inc., (1969) : 185.

11. Hayakawa, S. Cosmic Ray Physics. New York : John Wiley & Sons, Inc., (1969) : 186.

12. Hayakawa, S. Cosmic Ray Physics. New York : John Wiley & Sons, Inc., (1969) : 189.

13. Hayakawa, S. Cosmic Ray Physics. New York : John Wiley & Sons, Inc., (1969) : 191.

14. Hayakawa, S. Cosmic Ray Physics. New York : John Wiley & Sons, Inc., (1969) : 193.

15. Hayakawa, S. Cosmic Ray Physics. New York : John Wiley & Sons, Inc., (1969) : 199.

16. Hayakawa, S. Cosmic Ray Physics. New York : John Wiley & Sons, Inc., (1969) : 200.

17. Hayakawa, S. Cosmic Ray Physics. New York : John Wiley & Sons, Inc., (1969) : 201.

18. Hayakawa, S. Cosmic Ray Physics. New York : John Wiley & Sons, Inc., (1969) : 202.

19. Hayakawa, S. Cosmic Ray Physics. New York : John Wiley & Sons, Inc., (1969) : 431.

20. Soberman, R.K. Phys. Rev. 102(1956) : 1399.

21. Messel, H. Progress in Cosmic Ray Physics. Vol. II : New York : Interscience Publishers, 1954.

22. Johnson, T.H. Revs. Modern Phys. 10(1938) : 193.

23. Alpher, R.A. J. Geophys. Research. 55(2950) : 437.

24. Hess, W.N. et.al. Phys. Rev. 116(1959) : 445.

25. สุพนิจ พราหมทัศ. "การวิจัยเรื่องรังสีคอสมิกในประเทศไทย". วารสารวิทยาศาสตร์ 19 (กรกฎาคม 2508) : 521 - 524.

26. Powell, C.F., Fowler, P.H. and Perkins, D.H. The Study of Elementary Particles by the Photographic Method. London : pergamon Press Ltd., (1959) : 452.

27. Kiefer, H., and Maushart, R. Radiation Protection Measurement. New York : Pergamon Press Inc., (1972) : 57.

28. Topping, J. Errors of Observation and their Treatment. London : Chapman and Hall Ltd., (1958) : 39.

29. Rossi, B. High-Energy Particles. Englewood Cliffs : Prentice-Hall, Inc., (1952) : 544.

ภาคผนวก

ก. <u>ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน</u> (Standard Deviation - σ_{n-1})(28)

ธรรมชาติของการแผ่รังสีมีคุณสมบัติเป็นค่าทางสถิติ อัตราการนับของการแผ่รังสีแต่ละครั้ง จะแสดงให้เห็นว่ามีการแกว่งไกว คุณลักษณะเช่นนี้มิได้เป็นผลมาจากความไม่เสถียรของเครื่องมือวัดรังสีแต่อย่างใด ดังนั้น อัตรานับแต่ละค่าที่วัดได้จึงไม่ใช่อัตราการแผ่รังสีที่แท้จริง สิ่งที่หาได้จากการทดลองวัดจึงเป็นเพียงค่าเฉลี่ยของอัตราการแผ่รังสีที่แท้จริง (True Mean Rate - m) เท่านั้น

สำหรับการทดลองที่ปฏิบัติกันอยู่ ก็ยังไม่สามารถหาค่า m ที่ถูกต้องได้ เพราะเป็นการทดลองวัดเพียงจำนวนไม่กี่ครั้งและในช่วงเวลาสั้น ๆ ดังนั้น ในการทดลองโดยทั่ว ๆ ไปจึงใช้การประมาณว่า

$$m \simeq \overline{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} x_i \qquad ก-(1)$$

เมื่อ $\overline{x}$ คือค่าเฉลี่ยของอัตรานับที่ได้จากการทดลองวัดจำนวน n ครั้ง

x_i คืออัตรานับที่ได้จากการทดลองวัดแต่ละครั้ง

นั่นคือ ยิ่งทำการทดลองวัดมากครั้งขึ้นเท่าใด $\overline{x}$ ก็จะเข้าใกล้ m มากขึ้นเท่านั้น

อัตราการแผ่รังสีแต่ละครั้งจะแกว่งไกวอยู่รอบ ๆ ค่า m ช่วงความห่างที่อัตราการแผ่รังสีแต่ละครั้งแกว่งเบนไปจากค่า m เรียกว่า ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation - σ) ซึ่งกำหนดว่า คือ รากที่สองของค่าเฉลี่ยของความเบี่ยงเบนจากค่า m ของการทดลองวัดแต่ละครั้งยกกำลังสอง (เมื่อทำการทดลองวัดซ้ำจำนวนมากครั้ง) นั่นคือ

$$\sigma^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} (m - x_i)^2 \qquad ก-(2)$$

เมื่อ n มีค่ามาก และเรียก σ^2 ว่า Variance

แต่ในทางปฏิบัติการทดลองที่ทำกันอยู่นั้น n มีค่าน้อย จึงไม่อาจจะทราบค่า m ที่ถูกต้องได้ จึงได้ประมาณค่าของ Variance ไว้ว่า

$$(\sigma_{n-1})^2 \simeq \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^{n} (\bar{x} - x_i)^2$$

$$\sigma_{n-1} \simeq \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^{n} (\bar{x} - x_i)^2} \qquad ก-(3)$$

ดังนั้น สัญลักษณ์ σ_{n-1} ที่ใช้ในตารางแสดงผลการทดลองของวิทยานิพนธ์เล่มนี้ จึงเป็นค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานที่คำนวณจากสมการ ก-(3)

ส่วนค่าเฉลี่ยของอัตรานับที่ได้จากการทดลองวัดจำนวน n ครั้ง ก็จะเขียนอยู่ในรูป

$$\bar{x} \pm \alpha$$

เมื่อ $\alpha = \sigma_{n-1}/n^{\frac{1}{2}}$ และเรียกว่า Standard error ของค่าเฉลี่ย

<u>การหาค่า Standard error ของปริมาณเชิงประกอบ</u> ถ้าจำนวนของปริมาณที่วัดมีค่าเฉลี่ย m_1 , m_2 ,..., m_n ด้วยค่า Standard error α_1 , α_2,..., α_n ตามลำดับแล้ว ค่า Standard error ของ

(ก) ผลรวม $m_1 + m_2$ จะเป็น $(\alpha_1^2 + \alpha_2^2)^{\frac{1}{2}}$

(ข) ผลต่าง $m_1 - m_2$ จะเป็น $(\alpha_1^2 + \alpha_2^2)^{\frac{1}{2}}$

(ค) ค่าทวีคูณ km_1 จะเป็น $k\alpha_1$

(ง) ผลคูณ $m_1 m_2$ จะเป็น $(m_1^2\alpha_2^2 + m_2^2\alpha_1^2)^{\frac{1}{2}}$

(จ) ผลคูณ $m_1 m_2 m_3$ จะเป็น α เมื่อ

$$(\alpha/m_1 m_2 m_3)^2 = (\alpha_1/m_1)^2 + (\alpha_2/m_2)^2 + (\alpha_3/m_3)^2$$

(ฉ) ค่ายกกำลัง m_1^P จะเป็น α เมื่อ

$$\alpha/m_1^P = P\alpha_1/m_1$$

หรือ $$\alpha = (Pm_1^{P-1})\,\alpha_1$$

(ช) ฟังชั่นของ $m_1, m_2, \ldots, m_n$, คือ $f(m_1, m_2, \ldots m_n)$,

จะเป็น α เมื่อ

$$\alpha^2 = \left(\frac{\partial f}{\partial m_1}\right)^2 \alpha_1^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial m_2}\right)^2 \alpha_2^2 + \ldots. + \left(\frac{\partial f}{\partial m_n}\right)^2 \alpha_n^2$$

ดังนั้น จะเห็นว่า (ก) ถึง (ฉ) เป็นกรณีพิเศษของ (ช)

ข. <u>บรรยากาศมาตรฐาน</u> (Standard Atmosphere)(29)

ในบรรยากาศนิ่ง (static atmosphere), ความดัน ณ จุดใด ๆ จะวัดเป็นปริมาณมวลสารที่อยู่เหนือจุดนั้น , คือ "ความลึกบรรยากาศ" (atmospheric depth), x ซึ่งวัดในหน่วยมวลต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ (mass per unit area) ในบรรยากาศนิ่งและมีอุณหภูมิเท่ากัน , x จะเป็นฟังชั่นแขบเอกซโพเนนเชียลกับความสูง (altitude) , z :

$$x = x_o e^{-z/z_o} , \qquad ข-(1)$$

เมื่อ z เป็นความสูงที่วัดจากระดับที่มีความดันเป็น x_o

ความสัมพันธ์เฉลี่ยระหว่าง x และ z ในบรรยากาศจริงบริเวณละติจูด 40° หรือ 50° ได้แสดงไว้ในรูปที่ ผ.ข. 1

รูปที่ ผ.ข. 2 เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง x และปริมาณ :

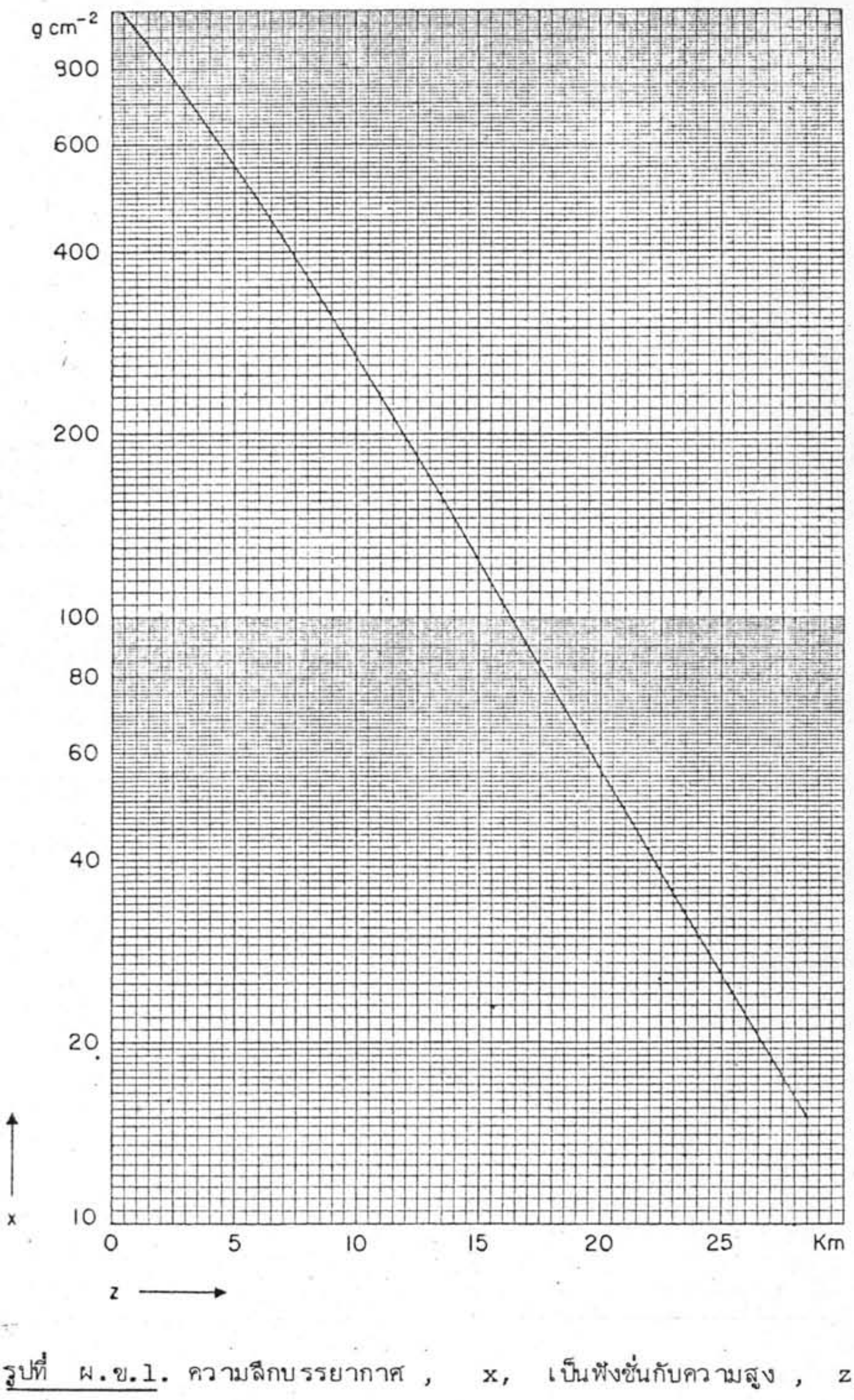
$$z_o = -x \frac{dz}{dx} \qquad \text{ข-(2)}$$

ปริมาณนี้ยังแทนอัตราส่วนของ x ต่อความหนาแน่นของอากาศ , ρ :

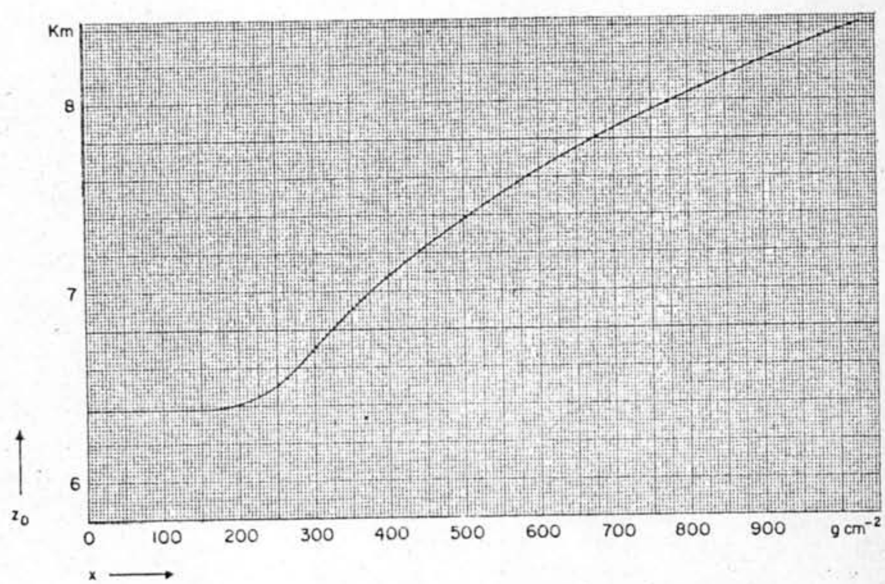
$$z_o = \frac{x}{\rho} \qquad \text{ข-(3)}$$

อนึ่ง ทางอุตุนิยมวิทยา นิยมวัดความดันบรรยากาศเป็นมิลลิบาร์ (millibar) โดยกำหนดให้ ความดันหนึ่งบรรยากาศมีค่า 1013.25 มิลลิบาร์ และ

1 มิลลิบาร์ = 1.02 กรัม/เซนติเมตร^2



<u>รูปที่ ผ.ข.1.</u> ความลึกบรรยากาศ , x, เป็นฟังชั่นกับความสูง , z, จาก ระดับน้ำทะเลในบรรยากาศมาตรฐาน , z วัดในหน่วยกิโลเมตร



<u>รูปที่ ผ.ข.2.</u> ปริมาณ , $z_o = x/\rho = -x(dz/dx)$ เป็นฟังชั่นกับ x ในบรรยากาศมาตรฐาน , z_o วัดในหน่วยกิโลเมตร

ประวัติผู้เขียน

นายวีระพงศ์ จิ๋วประดิษฐ์กุล เกิดเมื่อวันที่ 15 สิงหาคม พ.ศ. 2497 ที่จังหวัดสุราษฎร์ธานี ได้รับปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาฟิสิกส์ จากมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ พ.ศ. 2519 เมื่อสำเร็จการศึกษาได้เข้าศึกษาต่อระดับปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ที่บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยได้รับทุนจากโครงการพัฒนามหาวิทยาลัย (U.D.C.) สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ ปีการศึกษา 2520 - 2521 ปัจจุบันพักอาศัยอยู่ที่ บ้านเลขที่ 1875/78 ซอยเกษมนอก ถนนเจริญนคร คลองสาน กรุงเทพมหานคร