หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

อนุภาคแอลฟา

3.1 การค้นพบอนุภาคแอลฟา

เป็นที่ทราบกันโดยทั่วไปว่า มักจะพบกาซ ฮีเลียม อยู่กับสารกัมมันตรังสีเสมอ และในปี ค.ศ. 1903 Sir William Ramsay และ Fredrick Soddy ได้ค้นพบว่า กาซฮีเลียมนี้ถูกปล่อยออกมาจากสารประกอบกัมมันตรังสีคือ เรเดียมโบรไมด์ และต่อมายังพบอีกว่า เมื่อนำกาซ เรดอน ซึ่งเป็นตัวให้อนุภาค แอลฟา ใส่ไว้ในภาชนะปิด ก็จะพบกาซ ฮีเลียมในภาชนะปิดนั้นเสมอ

Ruther Ford ได้ตั้งสมมุติฐานขึ้นว่า อนุภาคแอลฟา น่าจะเป็นนิวเคลียสของอะตอมฮีเลียม และได้สร้างเครื่องมือร่วมกับ T.D. Royds ใช้พิสูจน์สมมุติฐาน ที่ตั้งไว้นั้นเป็นจริง โดยบรรจุกาซ เรดอน ในหลอดแก้วเล็กๆผิวบางขนาด 1/100 มิลลิเมตร ซึ่งบางมากพอที่จะให้อนุภาคแอลฟาทะลุผ่านออกมาได้ และหลอดแก้วเล็กนั้นผนึกไว้ในหลอดแก้วผิวหนาด้านนอกซึ่งสูบอากาศออกหมด เมื่อทิ้งไว้ประมาณ 1 สัปดาห์ ตลอดเวลานั้นอนุภาคแอลฟา ได้แพร่ผ่านหลอดแก้วผิวบางนั้นออกมาและเพิ่มขึ้นทุกที จากการตรวจสอบพบว่ามีกาซฮีเลียมในหลอดแก้วผิวหนานั้น และ ฮีเลียมเองก็ไม่สามารถลอดผ่านออกมาจากหลอดแก้วผิวบางได้ จึงสรุปได้ว่า กาซฮีเลียมนั้น ต้องมาจากอนุภาคแอลฟา หรืออนุภาคแอลฟา คือ นิวเคลียสของอะตอมฮีเลียมนั่นเอง

3.2 อนุภาคแอลฟา

อนุภาคแอลฟา คือนิวเคลียสของอะตอมฮีเลียม ประกอบด้วย นิวตรอน และโปรตอนอย่างละ 2 อนุภาค มีขนาดประจุเป็น บวกสอง มีเลขอะตอม (Atomic number) 2 และเลขมวล (mass number) 4 เขียนเป็นสัญลักษณ์ได้ว่า $^{4}_{2}He$ หรือ $^{4}_{2}\alpha$

3.3 ต้นกำเนิดอนุภาคแอลฟา

อนุภาคแอลฟามีต้นกำเนิดมาดังนี้

3.3.1 จากการสลายตัวของธาตุกัมมันตรังสีชนิดหนัก คือตั้งแต่ธาตุที่มีเลขอะตอม 82 (บิสมัธ) ขึ้นไป เช่น เรดอน-222 เรเดียม-226 อเมอริเซียม-241 เป็นต้น การสลายตัวของธาตุกัมมันตรังสี ที่ให้อนุภาคแอลฟาออกมานี้ จะทำให้เกิดธาตุใหม่ ที่มีเลขอะตอมลดลงไป 2 และ เลขมวลลดลงไป 4 ดังตัวอย่างเช่น

$$^{222}_{86}Rn \longrightarrow \, ^{218}_{84}Po + \, ^{4}_{2}He$$

$$^{226}_{88}Ra \longrightarrow \, ^{222}_{86}Rn + \, ^{4}_{2}He$$

$$^{241}_{95}Am \longrightarrow \, ^{237}_{93}Np + \, ^{4}_{2}He$$

3.3.2 จากปฏิกริยานิวเคลียร์ (n,α) และ (p,α) เช่น

$$^{10}_{5}B + \, ^{1}_{0}n \longrightarrow \, ^{7}_{3}Li + \, ^{4}_{2}He$$

$$^{6}_{3}Li + \, ^{1}_{0}n \longrightarrow \, ^{3}_{1}H + \, ^{4}_{2}He$$

$$^{14}_{7}N + \, ^{1}_{0}n \longrightarrow \, ^{11}_{6}C + \, ^{4}_{2}He$$

3.4 อันตรกริยาของอนุภาคแอลฟา (interaction of alpha particle)

เมื่ออนุภาคแอลฟาเคลื่อนที่ไปในตัวกลางใดๆ ก็จะสูญเสียพลังงานเกือบทั้งหมดในการชนกับอิเลคตรอนของอะตอมของตัวกลาง ซึ่งทำให้เกิดไอออน และ ความโลด(ionization and excitation) ในอะตอมของตัวกลางนั้นๆการสูญเสียพลังงานดังกล่าวเป็นไปโดยรวดเร็ว ทำให้อนุภาคแอลฟาลดความเร็วจนหยุดลงในระยะสั้น จึงมีอำนาจการทะลุทะลวงต่ำ และจากนั้นอนุภาคแอลฟาก็จะรวมกับอิเลคตรอน กลายเป็นอะตอมของฮีเลียมที่เป็นกลางในที่สุด

เนื่องจากอนุภาคแอลฟา มีมวลมากเมื่อเทียบกับอิเลคตรอน ดังนั้นในการชนกับอิเลคตรอนของอะตอมของตัวกลาง จึงแทบจะไม่ทำให้ทางเดินของอนุภาคแอลฟาหักเหออกจากแนวเดิมเลย จึงถือได้ว่า อนุภาคแอลฟา มีทางเดินเป็นเส้นตรง ในตัวกลางต่างๆ

3.5 อัตราการสูญเสียพลังงานของอนุภาคที่มีประจุชนิดหนัก

เป็นไปตามสมการที่ เบเธ (Bethe) และ บลอค(Bloch)[19] ให้ไว้คือ

$$\frac{dE}{dx} = \frac{4\pi e^4 z^2 NZ}{m_0 V^2}\left[\ln \frac{2 m_0 V^2}{I} - \ln(1-\beta^2) - \beta^2\right]$$

เมื่อ $\frac{dE}{dx}$ = อัตราการสูญเสียพลังงาน

e = ประจุของอิเลคตรอน

Z = เลขอะตอมของตัวกลาง

z = ขนาดประจุของอนุภาค

m_0 = มวลพัก (rest mass) ของอิเลคตรอน

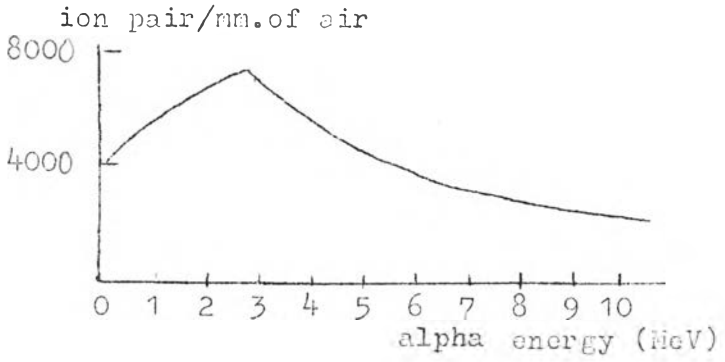
ความหนาแน่นอะตอมของตัวกลาง

V = ความเร็วของอนุภาค

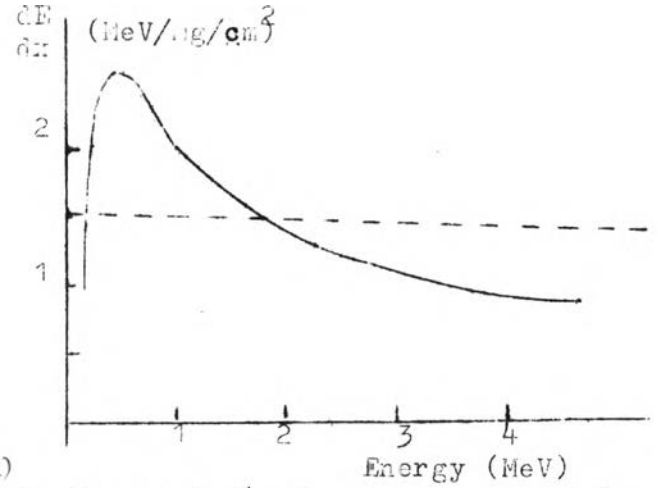
c = ความเร็วของแสงในสูญญากาศ

I = ค่าศักดิ์ความโลคเฉลี่ย ของตัวกลาง

เมื่ออนุภาคแอลฟาวิ่งผ่านอากาศหรือเนื้อเยื่ออ่อน จะสูญเสียพลังงานโดยเฉลี่ย 35 eV ต่อการทำให้เกิดการแตกตัวเป็นไอออน 1 คู่ การที่อนุภาคแอลฟามีประจุไฟฟ้าสูงแต่ความเร็วต่ำเมื่อเทียบกับมวล ดังนั้น การเกิดไอออนจำเพาะของอนุภาคแอลฟาจะสูงมาก



(21)
รูปที่ 3.1 กราฟของแบรคแสดงการเกิดไอออนจำเพาะโดยอนุภาคแอลฟาในอากาศ ที่อุณหภูมิ และ ความดันมาตราฐาน



(ข)
รูปที่ 3.2 แสดงอัตราการสูญเสียพลังงานของอนุภาคแอลฟ่าในเซลลูโลสไนเตรท

3.6 พิสัย (Range) ของอนุภาคแอลฟ่า

พิสัยของอนุภาคแอลฟ่า คือระยะทางที่อนุภาคแอลฟ่าสามารถเคลื่อนที่ได้ไกลสุดในตัวกลาง พิสัยจะแปรผันตรงกับพลังงานจลน์ของอนุภาคแอลฟ่า

ความสัมพันธ์ระหว่างพิสัยของอนุภาคแอลฟ่าในตัวกลางใดๆกับในอากาศแห้งที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ความดัน 1 บรรยากาศ เป็นไปตามกฎ แบรก-คลีมาน (Bragg - Kleeman rule)ดังนี้

$$R = 3.20 \times 10^{-4} \cdot \frac{\sqrt{A}}{\rho} \cdot R_a \qquad (23)$$

เมื่อ R = พิสัยของอนุภาคแอลฟ่าในตัวกลางใดๆที่มีความหนาแน่น ρ เลขมวล A

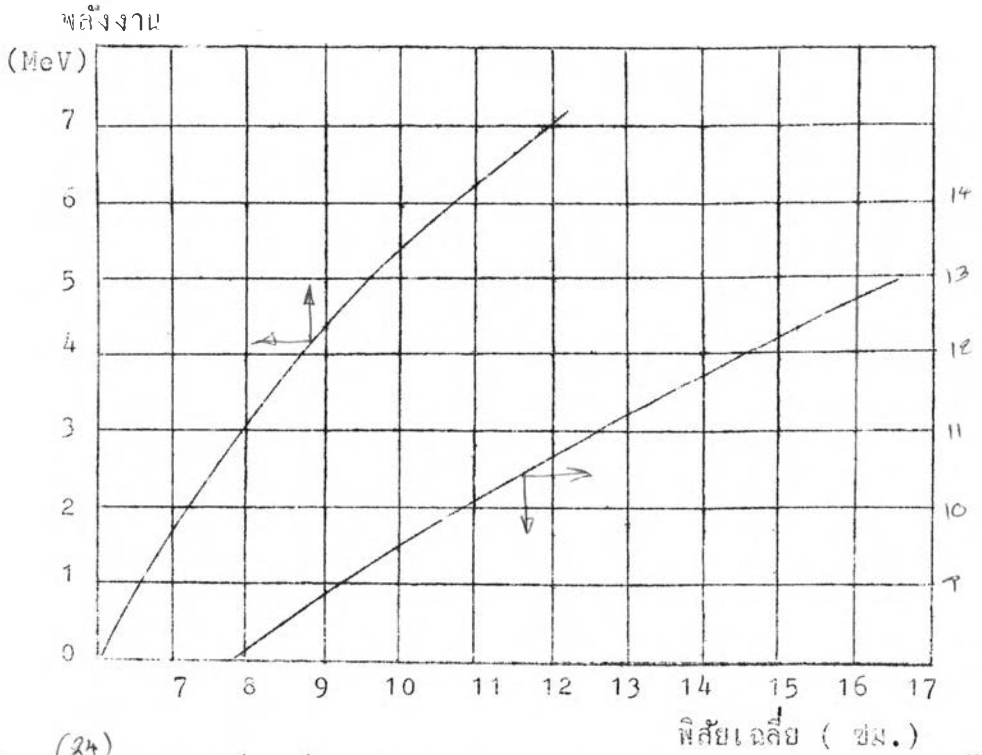
R_a = พิสัยของอนุภาคแอลฟ่าในอากาศแห้งที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ความดัน 1 บรรยากาศ ซึ่งอ่านจากรูปที่ 3.3

ในกรณีที่ตัวกลางเป็นของผสม ต้องใช้ค่า $\sqrt{A_{eff}}$ แทนค่า $\sqrt{A}$ โดยที่

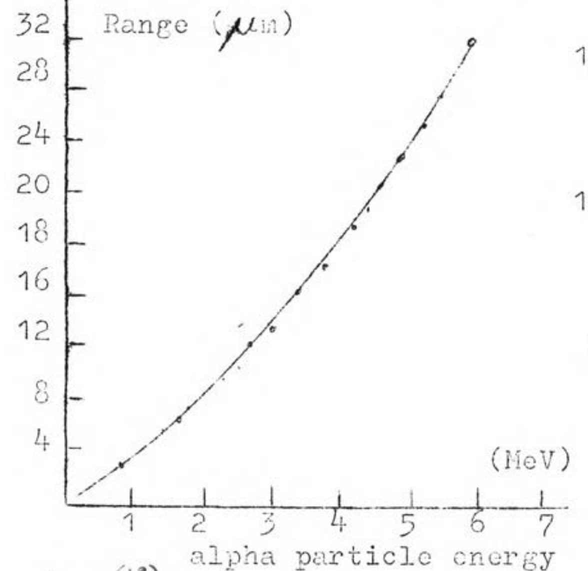
$$\sqrt{A_{eff}} = \frac{n_1 A_1 + n_2 A_2 + \ldots\ldots}{n_1\sqrt{A_1} + n_2\sqrt{A_2} + \ldots\ldots}$$

$\sqrt{A_{eff}}$ = ค่ายังผลเลขมวล

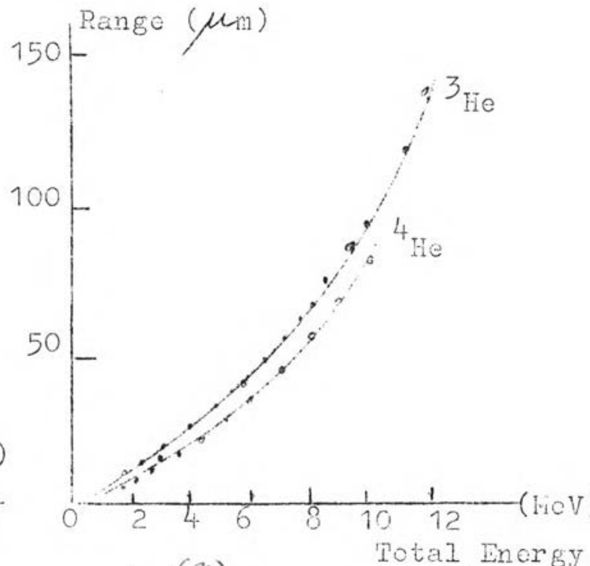
n_1, n_2 = ค่า atomic fraction ของธาตุที่มีเลขมวล $A_1, A_2, \ldots$ ในของผสม



(24)
รูปที่ 3.3 ความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานของอนุภาคแอลฟา กับ พิสัย ในอากาศแห้ง ที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ความดัน 1 บรรยากาศ



(12)
รูปที่ 3.4 พิสัยของอนุภาคแอลฟาในเซลลูโลสไนเตรทเมื่อกัดรอยด้วย 2.5 N NaOH 18 °C



(20)
รูปที่ 3.5 พิสัยของ ^3He และ ^4He ในเซลลูโลสไนเตรท และ ในมายลาร์