

## บทที่ 6

### สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

6.1 การวัดค่าสตอบึงโครส เชื้อชั้นของแกสคาร์บอนไดออกไซด์ อากาศ อาร์กอน ออกซิเจน อะเซติลีน ไนโตรเจน หุงต้ม ไฮโดรเจน สำหรับอนุภาคอัลฟามี 2 วิธี

6.1.1 กำหนดให้ระยะห่างระหว่างต้นกำเนิดรังสีกับหัววัดรังสีคงที่แล้วแปรเปลี่ยนความดันภายในห้องเก็บแกส

6.1.2 กำหนดให้ความดันคงที่แล้วแปรเปลี่ยนระยะห่างระหว่างต้นกำเนิดรังสีกับหัววัดรังสี

ทั้งสองแบบนี้แกสคาร์บอนไดออกไซด์ อากาศ อาร์กอน ออกซิเจน อะเซติลีน ไนโตรเจน วัดค่าสตอบึงโครส เชื้อชั้นในช่วงพลังงานที่เหลือของอนุภาคอัลฟา 0.5-5 MeV. แกสหุงต้มวัดค่าสตอบึงโครส เชื้อชั้นในช่วงพลังงานที่เหลือของอนุภาคอัลฟา 0.8-5 MeV. แกสไฮโดรเจนวัดค่าสตอบึงโครส เชื้อชั้นในช่วงพลังงานที่เหลือของอนุภาคอัลฟา 2.4-5 MeV.

6.2 ค่าสตอบึงโครส เชื้อชั้นของแกสคาร์บอนไดออกไซด์ อากาศ อาร์กอน ออกซิเจน อะเซติลีน ไนโตรเจน หุงต้ม ไฮโดรเจน จะขึ้นอยู่กับพลังงานที่เหลือของอนุภาคอัลฟา ถ้าพลังงานที่เหลือของอนุภาคอัลฟาเพิ่มมากขึ้นค่าสตอบึงโครส เชื้อชั้นของแกสจะลดลง ดูจากกราฟรูปที่ 5.1 ถึงกราฟรูปที่ 5.16 นอกจากนี้ค่าสตอบึงโครส เชื้อชั้นของแกสต่าง ๆ ยังขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของแกสแต่ละชนิดด้วย เช่น ความหนาแน่นของแกส จากกราฟรูปที่ 5.17 ถึงกราฟรูปที่ 5.24 แสดงค่าสตอบึงโครส เชื้อชั้นของแกสต่าง ๆ ทั้งกรณีแปรเปลี่ยนความดันและกรณีแปรเปลี่ยนระยะห่างระหว่างต้นกำเนิดรังสีกับหัววัดรังสีมีค่าสตอบึงโครส เชื้อชั้นใกล้เคียงกัน

6.3 สำหรับแกสไฮโดรเจนค่าสตอบึงโครส เชื้อชั้นจะวัดได้ในช่วงพลังงานที่เหลือของอนุภาคอัลฟา 2.4-5 MeV. กรณีแปรเปลี่ยนความดันภายในห้องเก็บแกส ความดันภายในห้องเก็บแกส 660 mm.Hg. พลังงานที่เหลือของอนุภาคอัลฟา 2.6 MeV. ถ้าเพิ่มความดันภายในห้อง

เก็บแก๊สให้มากกว่า 660 mm.Hg. ไม่สามารถวัดพลังงานที่เหลือของอนุภาคอัลฟาได้ กรณีแปรเปลี่ยนระยะห่างระหว่างต้นกำเนิดรังสีกับหัววัดรังสี เมื่อระยะห่างระหว่างต้นกำเนิดรังสีกับหัววัดรังสี 13 ซม. ความดันคงที่ภายในห้องเก็บแก๊ส 760 mm.Hg. พลังงานที่เหลือของอนุภาคอัลฟา 2.41 MeV. ถ้าเพิ่มระยะห่างระหว่างต้นกำเนิดรังสีกับหัววัดรังสีให้มากกว่า 13 ซม. ที่ความดันเดียวกันนี้ไม่สามารถวัดพลังงานที่เหลือของอนุภาคอัลฟาได้ ทั้งนี้เป็นเพราะว่าพิสัยของอนุภาคอัลฟาในแก๊สไฮโดรเจนประมาณ 15 ซม. ซึ่งเป็นพิสัยที่ยาวมากเมื่อเทียบกับแก๊สอื่น ๆ เมื่ออนุภาคอัลฟาเคลื่อนที่ผ่านแก๊สไฮโดรเจน มันจะสูญเสียพลังงานให้กับอะตอมของแก๊สไฮโดรเจนจนหมดไม่สามารถเคลื่อนที่ผ่านเข้าไปในหัววัดรังสีได้

6.4 แก๊สปิโตรเลียมที่ใช้ทดลองใช้แก๊สหุงต้มแทน จากการวิเคราะห์ความบริสุทธิ์ของแก๊สหุงต้มพบว่า แก๊สหุงต้มประกอบด้วย แก๊สมีเทน อีเทน โพรเพน ไอโซบิวเทน นอร์มัลบิวเทน โดยมีความบริสุทธิ์คิดเป็น เปอร์เซ็นต์ดังนี้

แก๊สอีเทน (Ethane)	=	0.35 %
แก๊สโพรเพน (Propane)	=	28.41 %
แก๊สไอโซบิวเทน (Isobutane)	=	28.91 %
แก๊สนอร์มัลบิวเทน (n-butane)	=	42.83 %

เนื่องจากแก๊สหุงต้มมีแก๊สอื่น ๆ ปนอยู่มากพิสัยเฉลี่ยของอนุภาคอัลฟาในแก๊สหุงต้ม 1.23 ซม. กรณีแปรเปลี่ยนความดันระยะห่างระหว่างต้นกำเนิดรังสีกับหัววัดรังสี เท่ากับ 1.45 ซม. จึงจะเหมาะสมกับการทดลอง สำหรับแก๊สหุงต้มวัดค่าสตอบึงโครส เซ็คชั่นในช่วงพลังงานที่เหลือของอนุภาคอัลฟา 0.8-5 MeV. กรณีแปรเปลี่ยนความดันภายในห้องเก็บแก๊สที่ความดัน 690 mm.Hg. พลังงานที่เหลือของอนุภาคอัลฟา 0.91 MeV. ถ้าเพิ่มความดันภายในห้องเก็บแก๊สมากกว่า 690 mm.Hg. ไม่สามารถวัดพลังงานที่เหลือของอนุภาคอัลฟาได้ กรณีแปรเปลี่ยนระยะห่างระหว่างต้นกำเนิดรังสีกับหัววัดรังสี เมื่อระยะห่างระหว่างต้นกำเนิดรังสีกับหัววัดรังสี 1.3 ซม. ความดันภายในห้องเก็บแก๊ส 760 mm.Hg. พลังงานที่เหลือของอนุภาคอัลฟา 0.83 MeV. ถ้าเพิ่มระยะห่างระหว่างต้นกำเนิดรังสีกับหัววัดรังสีไม่สามารถวัดพลังงานที่เหลือของอนุภาคอัลฟาได้

ทั้งนี้ เป็นเพราะว่าแกสหุงต้มประกอบด้วยแกสฮีเทน โพรเพน ไอโซบิวเทน นอร์มัลบิวเทน ถึงแม้ว่าระยะห่างระหว่างต้นกำเนิดรังสีกับหัววัดรังสีขณะทำการทดลอง ประมาณ 1.45 ซม. แต่อนุภาคอัลฟาจะต้องสูญเสียพลังงานให้แกสเหล่านี้และจะต้องสูญเสียพลังงานให้กับอะตอมของอากาศภายในห้องเก็บแกส ถ้าดูสเปกตรัมของแกสหุงต้มในรูป 6.4 จะเห็นว่าที่พลังงานที่เหลือของอนุภาคอัลฟา 1.43 MeV. จะมีลักษณะคล้ายกับจะมีพิคเกิดขึ้นอีกซึ่งพิคส่วนนี้เกิดจากความไม่บริสุทธิ์ของแกสหุงต้ม

6.5 สำหรับแกสคาร์บอนไดออกไซด์ อากาศ อาร์กอน ไนโตรเจน ออกซิเจน อะเซติลีน วัดค่าสตอบึงครอสเซ็คชั่นได้ในช่วงพลังงานที่เหลือของอนุภาคอัลฟา 0.2-5 MeV. ช่วงพลังงานที่เหลือของอนุภาคอัลฟาที่ต่ำกว่า 0.5 MeV. ค่าสตอบึงครอสเซ็คชั่นควรจะสูงขึ้นแต่ผลจากการวัดปรากฏว่าค่าสตอบึงครอสเซ็คชั่นช่วงพลังงานที่เหลือของอนุภาคอัลฟาต่ำกว่า 0.5 MeV. ค่าสตอบึงครอสเซ็คชั่นจะลดลง ที่เป็นเช่นนี้เพราะว่าพลังงานของอนุภาคอัลฟาส่วนหนึ่งต้องสูญเสียให้กับอากาศภายในห้องเก็บแกสที่สูบออกไม่หมด ซึ่งเราสามารถจะสูบอากาศออกจากห้องเก็บแกสได้ 730 mm.Hg. เหลืออากาศภายในห้องเก็บแกสประมาณ 30 mm.Hg. และการสูญเสียพลังงานของอนุภาคอัลฟาให้กับแผ่นทองบาง ๆ ด้านหน้าหัววัดรังสีในช่วงพลังงานต่ำกว่า 0.5 MeV. จะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสตอบึงครอสเซ็คชั่นด้วย

แกส	พิสัยเฉลี่ยจากการคำนวณที่ความดัน 760 mm.Hg. อุณหภูมิ 27°C	ระยะห่างระหว่างต้นกำเนิดรังสีกับหัววัดรังสีสำหรับการทดลอง (ซม)	ความดันที่เปลี่ยนแปลง (mm.Hg.)	ระยะห่างระหว่างต้นกำเนิดรังสีกับหัววัดรังสีที่เปลี่ยนแปลง (ซม)
คาร์บอนไดออกไซด์	2.62	2.6	0-740	0-2.5
อากาศ	4.11	3.95	0-740	0-3.8
อาร์กอน	4.77	4.3	0-740	0-4.1
ออกซิเจน	3.76	3.75	0-740	0-3.6
อะเซติลีน	3.32	3.5	0-740	0-3.4
ไนโตรเจน	4.01	4	0-740	0-3.9
หุงต้ม	1.23	1.45	0-690	0-1.3
ไฮโดรเจน	15.02	15	0-660	0-13



ตารางที่ 6.1 แสดงพิสัยเฉลี่ยที่ได้จากการคำนวณที่อุณหภูมิ  $27^{\circ}\text{C}$  ความดัน 760 mm.Hg. ระยะห่างระหว่างต้นกำเนิดรังสีกับหัววัดรังสีสำหรับทดลอง ช่วงความดันภายในห้อง เก็บแกสที่เปลี่ยนแปลงและระยะห่างระหว่างต้นกำเนิดรังสีกับหัววัดรังสีที่สามารถวัดพลังงานที่เหลือของอนุภาคอัลฟาได้

ในกรณีที่แปรเปลี่ยนความดันภายในห้อง เก็บแกส ระยะห่างระหว่างต้นกำเนิดรังสีกับหัววัดรังสีคงที่และจะ เท่ากับพิสัยเฉลี่ยของอนุภาคอัลฟาในแกสต่าง ๆ ตามตารางที่ 6.1 สำหรับแกสอะเซติลีนกับแกสหุงต้ม พิสัยเฉลี่ยของอนุภาคอัลฟา 3.32 1.23 ซม. ตามลำดับ แต่ต้องปรับระยะห่างระหว่างต้นกำเนิดรังสีกับหัววัดรังสี 3.5, 1.45 ซม. ตามลำดับ ถ้าปรับระยะห่างระหว่างต้นกำเนิดรังสีกับหัววัดรังสีให้ เท่ากับพิสัยเฉลี่ยของอนุภาคอัลฟา จะวัดพลังงานที่เหลือของอนุภาคอัลฟาต่ำกว่า 1.5 MeV. ไม่ได้ เพราะที่ความดัน 760 mm.Hg. พลังงานที่เหลือของอนุภาคอัลฟา 1.5 MeV. จึงต้องปรับระยะห่างระหว่างต้นกำเนิดรังสีกับหัววัดรังสีให้มีระยะมากกว่าพิสัยของอนุภาคอัลฟาในแกสอะเซติลีนและแกสหุงต้ม 0.2 ซม. สำหรับแกสอาร์กอนพิสัยเฉลี่ยของอนุภาคอัลฟา 4.77 ซม. ถ้าปรับระยะห่างระหว่างต้นกำเนิดรังสีกับหัววัดรังสีเท่ากับ 4.77 ซม. จะไม่สามารถวัดพลังงานที่เหลือของอนุภาคอัลฟาต่ำ ๆ ได้ ควรจะปรับระยะห่างระหว่างต้นกำเนิดรังสีกับหัววัดรังสีเท่ากับ 4.3 ซม. จึงจะเป็นระยะที่เหมาะสมที่จะวัดพลังงานที่เหลือของอนุภาคอัลฟาต่ำ ๆ ได้ เมื่อปรับระยะห่างระหว่างต้นกำเนิดรังสีกับหัววัดรังสีสำหรับแต่ละแกสตามตารางที่ 6.1 แล้ว แปรเปลี่ยนความดันภายในห้อง เก็บแกสสำหรับแกสคาร์บอนไดออกไซด์ อากาศ อาร์กอน ออกซิเจน อะเซติลีน ไนโตรเจน พลังงานที่เหลือของอนุภาคอัลฟาต่ำสุดสามารถวัดได้ที่ความดัน 740 mm.Hg. สำหรับแกสหุงต้มและแกสไฮโดรเจน พลังงานที่เหลือของอนุภาคอัลฟาต่ำสุดที่สามารถวัดได้ที่ความดัน 690 mm.Hg. และ 660 mm.Hg. ตามลำดับ ถ้าความดันของแกสเหล่านี้สูงกว่านี้ จะไม่สามารถวัดพลังงานที่เหลือของอนุภาคอัลฟาได้

ในกรณีที่แปรเปลี่ยนระยะห่างระหว่างต้นกำเนิดรังสีกับหัววัดรังสีที่ความดันภายในห้อง เก็บแกส 760 mm.Hg. สำหรับแกสคาร์บอนไดออกไซด์ อากาศ ออกซิเจน อะเซติลีน ไนโตรเจน หุงต้ม ไฮโดรเจน ระยะห่างระหว่างต้นกำเนิดรังสีกับหัววัดรังสีที่สามารถวัดพลังงานที่เหลือของอนุภาคอัลฟาได้เท่ากับ 2.5, 3.8, 4.1, 3.6, 3.4, 3.9, 1.3 และ 1.3 ซม. ตามลำดับ ที่ระยะห่างระหว่างต้นกำเนิดรังสีกับหัววัดรังสีมากกว่านี้ไม่สามารถวัด



พลังงานที่เหลือของอนุภาคอัลฟาได้

ทั้งนี้ เป็น เพราะว่าพลังงานของอนุภาคจะสูญเสียให้กับอะตอมของแก๊ส เหล่านี้และสูญเสียพลังงานให้กับอะตอมของอากาศภายในห้อง เก็บแก๊สที่สูบออกไม่หมดและสูญเสียพลังงานให้กับแผ่นทองบาง ๆ ด้านหน้าตัววัดรังสีจนหมดจึงไม่มีอนุภาคอัลฟาวิ่งเข้าไปกระทบกับตัววัดรังสี

6.7 ค่าสตอบึงครอสเซ็คชั่นของ อากาศ ไนโตรเจนและออกซิเจน มีค่าใกล้เคียงกัน ทั้งนี้เป็น เพราะว่าอากาศประกอบด้วยแก๊สไนโตรเจน 78.08 % โดยปริมาตร แก๊สออกซิเจน 20.95 % โดยปริมาตร

6.8 เครื่องมือวัดค่าสตอบึงครอสเซ็คชั่นใช้ศึกษาถึงการสูญเสียพลังงานของอนุภาคอัลฟาในแก๊สต่าง ๆ และศึกษาถึงอันตรกิริยาระหว่างอนุภาคอัลฟากับอะตอมของแก๊สต่าง ๆ จากตารางที่ 4.3 เมื่อความดันเพิ่มมากขึ้น จำนวนอะตอมของอากาศภายในห้องเก็บแก๊สมักเพิ่มขึ้น โอกาสที่อนุภาคอัลฟาจะวิ่งเข้าชนอะตอมของอากาศและสูญเสียพลังงานให้กับอะตอมเหล่านี้มีมากขึ้น พลังงานที่เหลือของอนุภาคอัลฟาตกลงจากเดิม ตำแหน่งพีคของอนุภาคอัลฟาจึงต่ำจากเดิม จากตารางที่ 4.4 เมื่อความดันภายในห้องเก็บแก๊สคงที่ 760 mm.Hg. เมื่อระยะห่างระหว่างต้นกำเนิดรังสีกับตัววัดรังสีเพิ่มมากขึ้น โอกาสที่อนุภาคอัลฟาจะสูญเสียพลังงานให้กับอะตอมของอากาศมีมากขึ้น พลังงานที่เหลือของอนุภาคอัลฟาตกลงจากเดิม ตำแหน่งพีคของอนุภาคจึงต่ำจากเดิม

จากรูปที่ 6.1 และรูปที่ 6.2 แสดงพีคของพลังงานที่เหลือของอนุภาคอัลฟาในอากาศที่ความดัน 610 mm.Hg. และความดัน 710 mm.Hg. ตำแหน่งพีคตรงกับตำแหน่ง 187 ช่องและตำแหน่ง 76 ช่องตามลำดับ จะเห็นได้ว่าเมื่อความดันเพิ่มขึ้น ตำแหน่งของพีคจะต่ำลงเพราะอนุภาคอัลฟาจะสูญเสียพลังงานให้กับอะตอมของอากาศที่ความดัน 710 mm.Hg. มากกว่าการสูญเสียพลังงานให้กับอะตอมของอากาศที่ความดัน 610 mm.Hg. พลังงานที่เหลือของอนุภาคอัลฟาเมื่อความดันของอากาศ 710 mm.Hg. เท่ากับ 1.87 MeV. พลังงานที่เหลือของอนุภาคอัลฟาเมื่อความดันของอากาศ 610 mm.Hg. เท่ากับ 0.76 MeV.

จากรูป 6.3 และ 6.4 แสดงทิศของพลังงานที่เหลือของอนุภาคอัลฟาในแกสหุงต้มภายในห้องเก็บแกส 760 mm.Hg. เมื่อระยะห่างระหว่างต้นกำเนิดรังสีกับหัววัดรังสี 0.5 ซม. และ 1.2 ซม. พิกอยู่ที่ตำแหน่ง 397 ช่องและ 143 ช่อง ตามลำดับ จะเห็นว่าเมื่อระยะห่างระหว่างต้นกำเนิดรังสีกับหัววัดรังสีเพิ่มมากขึ้น อนุภาคอัลฟาจะสูญเสียพลังงานให้กับอะตอมของแกสหุงต้มมากขึ้น ตำแหน่งของพิกเมื่อระยะห่างจากต้นกำเนิดรังสีถึงหัววัดรังสี 1.2 ซม. จึงต่ำลง พลังงานที่เหลือของอนุภาคอัลฟาเมื่อระยะห่างระหว่างต้นกำเนิดรังสีกับหัววัดรังสี 0.5 ซม. เท่ากับ 3.97 MeV. พลังงานที่เหลือของอนุภาคอัลฟาเมื่อระยะห่างระหว่างต้นกำเนิดรังสีกับหัววัดรังสี 1.2 ซม. เท่ากับ 1.43 MeV.

6.9 เมื่อนำค่าสตอบิงครอส เช็คขึ้นกับพลังงานที่เหลือของอนุภาคอัลฟาไปเขียนแผนภาพการกระจายบนกระดาษกราฟธรรมดา ปรากฏว่ากราฟที่ปรากฏแสดงถึงค่าสตอบิงครอส เช็คขึ้นของแกสต่าง ๆ และพลังงานของอนุภาคอัลฟามีความสัมพันธ์กันแบบเอ็กโพเนนเชียล (exponential function) ถ้าเราลากเส้นโค้งผ่านจุดต่าง ๆ ระหว่างข้อมูลเหล่านั้นด้วยมือ เปล่าจะทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนได้มาก จึงจำเป็นต้องหาเส้นโค้งที่เหมาะสมกับข้อมูล โดยการคำนวณหาสมการถดถอย (Regression equation) ซึ่งมีรูปแบบสมการโดยทั่วไป  $\log y = \log a + (\log b)x$  แล้วจึงหาค่าสตอบิงครอส เช็คขึ้นที่พลังงานที่เหลือของอนุภาคอัลฟา สำหรับแกสไฮโดรเจนแผนภาพการกระจายมีแนวโน้มเป็นเส้นตรง สมการถดถอยจึงอยู่ในรูปเส้นตรง  $y = a + bx$  ทั้งนี้เป็นเพราะว่าแกสไฮโดรเจนเป็นแกสที่มีความหนาแน่นต่ำกว่าทุก ๆ แกส เป็นแกสที่เบากว่าอากาศที่ความดันภายในห้องเก็บแกสและระยะห่างระหว่างต้นกำเนิดรังสีกับหัววัดรังสี เท่ากับแกสอื่น ๆ ถ้าอนุภาคอัลฟาเคลื่อนที่ผ่านอะตอมของแกสไฮโดรเจนจะสูญเสียพลังงานให้กับอะตอมของแกสไฮโดรเจนน้อยกว่าอะตอมของแกสอื่น ๆ

6.10 ค่าสตอบิงครอส เช็คขึ้นของแกสต่าง ๆ ที่คำนวณได้ตามตารางที่ 4.1 ถึงตารางที่ 4.16 และค่าสตอบิงครอส เช็คขึ้นของแกสต่าง ๆ ที่คำนวณได้ตามตารางที่ 5.5 ถึงตารางที่ 5.20 นั้นนำไปเขียนกราฟลงบนกระดาษกราฟแบบ ล็อก-ล็อก (log-log scale)

6.11 ค่าสตอบิงครอส เช็คขึ้นของแกสต่าง ๆ ทั้งกรณีแปร เปลี่ยนความดันและแปร เปลี่ยนระยะห่างระหว่างต้นกำเนิดรังสีกับหัววัดรังสีมีค่าใกล้เคียงกัน ตามกราฟรูปที่ 5.17 ถึงกราฟรูปที่ 5.24

6.12 คำสตอบึงโครส เซ็คชั่นที่คำนวณได้ตามสมการที่ 2.14 และสมการที่ 2.15 จะมีความถูกต้องมากน้อย เพียงใดขึ้นอยู่กับเงื่อนไขดังนี้

#### 6.12.1. อุณหภูมิแก๊ส

อุณหภูมิของแก๊สในห้อง เก็บแก๊สขณะทำการทดลองต้องควบคุมให้อุณหภูมิ เท่ากับ อุณหภูมิมาตรฐานที่ใช้ทำการทดลองในห้องปฏิบัติการ เท่ากับ  $27^{\circ}\text{C}$  ขณะทำการทดลองอุณหภูมิ อาจจะเปลี่ยนแปลงบ้าง ความคลาดเคลื่อนของอุณหภูมิประมาณ  $\pm 1^{\circ}\text{C}$

#### 6.12.2. ความดันแก๊ส

ความดันแก๊สภายในห้อง เก็บแก๊สในกรณีที่เราแปร เปลี่ยนความดัน 0-660 mm.Hg. ความดันช่วงนี้เราจะแปร เปลี่ยนความดันช่วงละ 50 mm.Hg. ความดันช่วงนี้คลาดเคลื่อนประมาณ  $\pm 4$  mm.Hg. ความดันตั้งแต่ 670-740 mm.Hg. ความดันช่วงนี้จะแปร เปลี่ยนครั้งละ 10 mm.Hg. ความคลาดเคลื่อนประมาณ  $\pm 1$  mm.Hg. ถ้าความดันภายในห้อง เก็บแก๊สคงที่ที่ 760 mm.Hg. ให้ความดันคลาดเคลื่อน  $\pm 2$  mm.Hg.

#### 6.12.3. ระยะห่างระหว่างคันกำเนิดรังสีกับหัววัดรังสี

ระยะห่างระหว่างคันกำเนิดรังสีกับหัววัดรังสีแปร เปลี่ยนได้ในช่วงไม่เกิน 15 ซม. ระยะทางที่วัดได้คลาดเคลื่อนประมาณไม่เกิน  $\pm 0.5$  mm.

#### 6.12.4. พลังงานที่เหลือของอนุภาคอัลฟา

ความคลาดเคลื่อนจากการคำนวณหาพลังงานที่ เหลือของอนุภาคอัลฟา เป็น เรื่อง ที่สำคัญมาก ถ้าคำนวณพลังงานที่ เหลือของอนุภาคอัลฟาไม่ถูกต้อง คำสตอบึงโครส เซ็คชั่นที่คำนวณได้จะคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริง พลังงานที่ เหลือของอนุภาคอัลฟานี้คำนวณจาก ตำแหน่งพีคของสเปกตรัม พลังงานที่ เหลือของอนุภาคอัลฟาสูง ๆ ความสามารถในการแยก พลังงานของระบบวิเคราะห์พลังงานของอนุภาคอัลฟาจะแยกพลังงานได้ดีมาก ตำแหน่งพีคที่หาได้จากสเปกตรัมมีความคลาดเคลื่อนน้อย ตำแหน่งพีคที่พลังงานที่ เหลือของอนุภาคอัลฟาสูง ๆ นี้คลาดเคลื่อนประมาณ  $\pm 1$  ช่อง พลังงานที่ เหลือของอนุภาคอัลฟาต่ำ ๆ ความสามารถในการ



แยกพลังงานของระบบวิเคราะหพลังงานของอนุภาคอัลฟาจะแยกพลังงานได้ไม่ตี พลังงาน  
ที่เหลือของอนุภาคอัลฟาตัว ๆ ความคลาดเคลื่อนของตำแหน่งพีคจากสเปกตรัมเท่ากับ  $\pm 2$  ช่อง

6.12.5 การแปรเปลี่ยนกำลังขยายสัญญาณในระบบวิเคราะหพลังงาน เป็นสาเหตุหนึ่ง  
ที่จะทำให้ตำแหน่งพีคจากสเปกตรัมคลาดเคลื่อน ทุกครั้งที่จะวัดพลังงานที่เหลือของอนุภาคอัลฟา  
ไม่ว่าจะแปรเปลี่ยนความดันหรือแปรเปลี่ยนระยะห่างระหว่างต้นกำเนิดครึ่งสีกกับหัววัดครึ่งสีจะต้อง  
หาตำแหน่งพีคของสเปกตรัมอนุภาคอัลฟาที่พลังงาน 5.476 MeV. พีคจะอยู่ที่ช่อง 547 ถ้ากำลัง  
ขยายสัญญาณในระบบวิเคราะหพลังงานแปรเปลี่ยนไปให้ความคลาดเคลื่อนได้  $\pm 2$  ช่อง

6.12.6. สาเหตุอื่น ๆ ที่จะทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในระบบการวัดพลังงานที่เหลือ  
ของอนุภาคอัลฟา คือ

6.12.6.1 พลังงานอนุภาคอัลฟาจะสูญเสียพลังงานให้กับแผ่นทองบาง ๆ ด้านหน้า  
หัววัดครึ่งสี

6.12.6.2 ความคลาดเคลื่อนเนื่องจากระบบการวิเคราะหพลังงานไม่เป็นแบบลิเนียร์

6.13 คำสตอบมิงครอส เช็คชั่นของแกสต่าง ๆ กรณีแปรเปลี่ยนความดันและแปรเปลี่ยนระยะทาง  
ระหว่างต้นกำเนิดครึ่งสีกับหัววัดครึ่งสี แสดงค่าตามตารางที่ 6.2 และตารางที่ 6.3

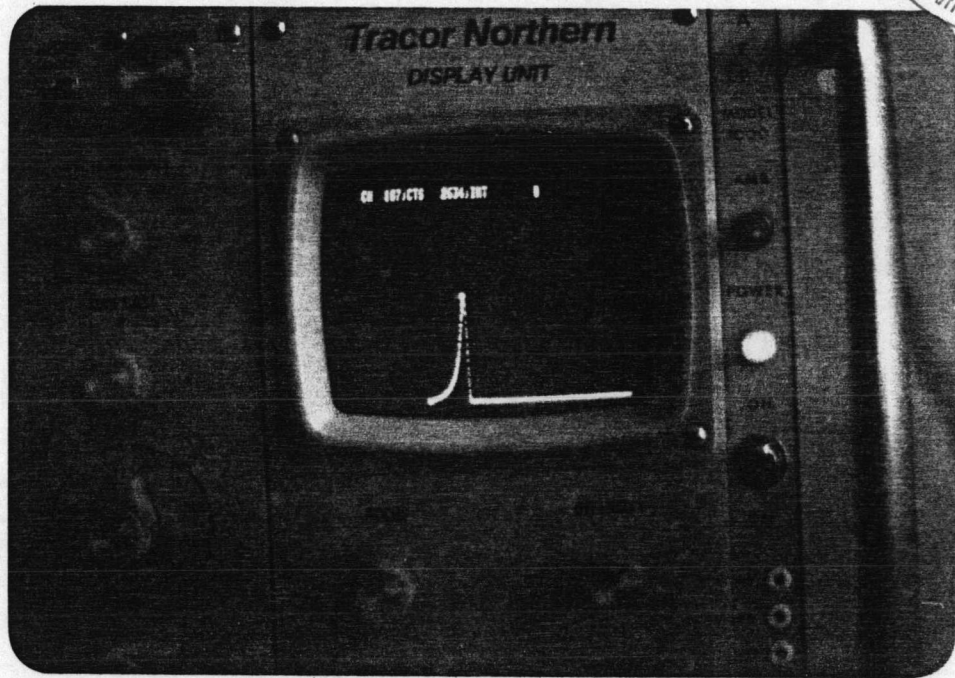
ตารางที่ 6.2 แสดงค่าสโตมปีงครอสเซชันของแก๊สต่าง ๆ ในหน่วย  $\epsilon \times 10^{-15} \text{ eV. cm}^2 /$   
molecule กรณีแปรเปลี่ยนความดัน

E (MeV)	CO <sub>2</sub>	Air	Ar.	O <sub>2</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	หุ้ดค้บ
0.7	148.25	100	89.33	104.47	115.61	99.08		
0.8	144.88	98.17	87.29	100	112.72	96.61		271.64
0.9	141.58	95.5	85.3	99.77	109.9	94.41		265.46
1	138.36	93.32	83.37	97.5	107.15	92.04		258.82
1.2	132.13	89.13	79.62	93.11	101.86	87.7		246.6
1.4	126.18	84.33	76.03	88.92	96.83	83.56		234.42
1.6	120.78	80.17	72.78	84.72	92.04	79.43		223.36
1.8	115.35	76.21	69.5	80.91	87.49	75.68		212.32
2	110.15	72.44	66.37	77.29	83.17	72.11		202.3
2.2	105.19	68.86	63.09	73.79	79.07	68.7		192.75
2.4	100	65.46	60.5	70.47	75.16	65.46		183.23
2.6	95.94	62.23	57.94	67.14	71.45	62.23	11.87	174.58
2.8	91.83	59.16	55.34	64.12	67.92	59.29	11.55	165.96
3	87.7	56.23	52.84	61.24	64.57	56.49	11.23	158.12
3.2	83.75	53.46	50.47	58.48	61.38	53.83	10.91	150.66
3.4	79.43	50.81	48.19	55.85	58.34	51.77	10.59	143.22
3.6	76.56	48.3	46.13	53.21	55.46	48.75	10.26	134.89
3.8	73.11	45.92	44.06	50.82	52.72	46.45	9.94	128.82
4	69.82	43.65	42.07	48.53	50.12	44.26	9.62	123.59
4.2	66.69	41.49	40.18	46.45	47.64	42.17	9.29	117.76
4.4	63.09	39.45	38.37	44.26	45.29	40.18	8.98	111.94
4.6	60.95	37.49	36.73	42.17	43.05	38.19	8.65	106.66
4.8	58.21	35.65	35.08	40.27	40.93	36.39	8.33	101.39
5	55.59	33.88	33.49	38.46	38.9	34.67	8.01	96.6

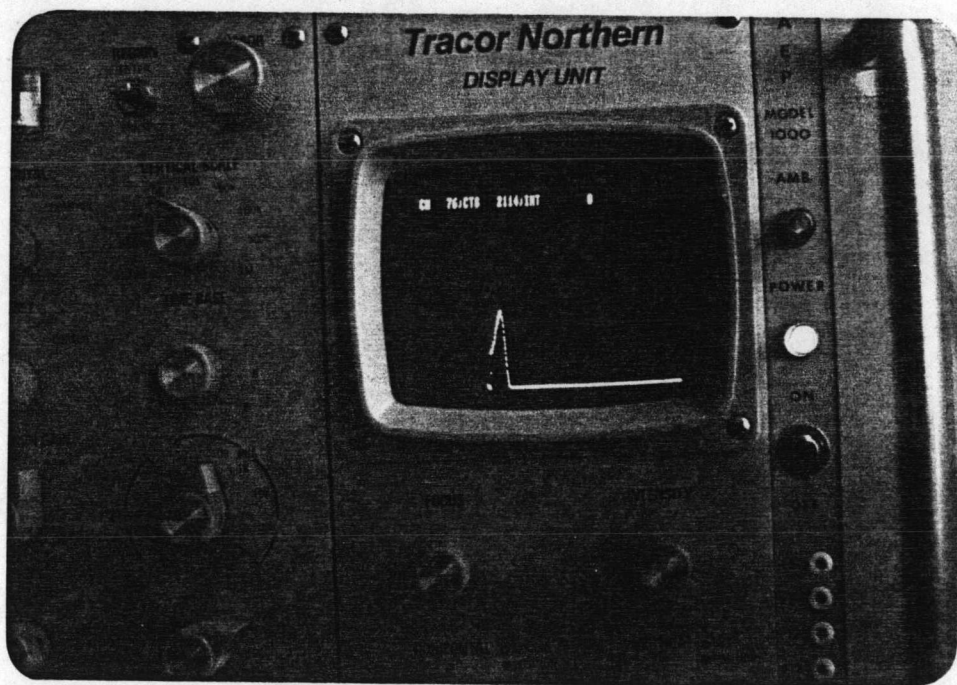
ตารางที่ 6.3 แสดงค่าสโตปปีงครอสเซ็คชั่นของแก๊สต่าง ๆ กรณีแปรเปลี่ยนระยะห่างระหว่าง  
ต้นกำเนิดรังสีกับหัววัดรังสี หน่วย  $\epsilon \times 10^{-15} \text{ eV} \cdot \text{cm}^2 / \text{molecule}$

E (MeV)	CO <sub>2</sub>	Air	Ar.	O <sub>2</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	หุงต้ม
0.7	142.23	98.4	86.09	95.28	113.76	92		
0.8	138.67	95.94	83.95	93.11	110.66	89.94		228.03
0.9	135.2	93.54	82.04	90.99	107.65	87.7		223.35
1	131.83	91.2	79.98	88.92	104.71	85.51		218.78
1.2	125.31	86.69	76.2	84.92	99.08	81.28		209.89
1.4	119.12	82.41	72.44	81.28	93.76	77.45		201.37
1.6	113.24	78.34	69.02	77.27	88.72	73.62		193.19
1.8	107.65	74.47	65.61	73.79	83.95	70.15		185.35
2	102.33	70.79	62.52	70.47	79.43	66.68		177.83
2.2	97.27	67.29	59.57	67.29	75.16	63.38		170.61
2.4	92.46	63.97	56.62	64.27	71.12	60.26	12.88	163.68
2.6	87.9	60.81	53.95	61.24	67.3	57.41	12.44	157.04
2.8	83.56	57.81	51.29	58.48	63.68	54.7	12	150.66
3	79.43	54.95	48.87	55.85	60.26	51.99	11.56	144.54
3.2	75.5	52.24	46.56	53.33	57.02	49.43	11.12	138.68
3.4	71.78	49.66	44.26	50.93	53.95	47.1	10.68	133.05
3.6	68.23	47.21	42.17	48.53	51.05	44.77	10.23	127.64
3.8	64.86	44.87	40.09	46.34	48.3	42.66	9.79	122.46
4	61.66	42.65	38.19	44.26	45.7	40.55	9.35	117.49
4.2	58.61	40.55	36.39	42.27	43.25	38.55	8.91	112.72
4.4	55.72	38.55	34.59	40.36	40.93	36.73	8.47	108.14
4.6	52.97	36.64	32.96	38.46	38.73	34.91	8.02	103.75
4.8	50.35	34.83	31.33	36.73	36.64	33.27	7.58	99.55
5	47.86	33.11	29.85	35.08	34.67	31.62	7.14	95.49

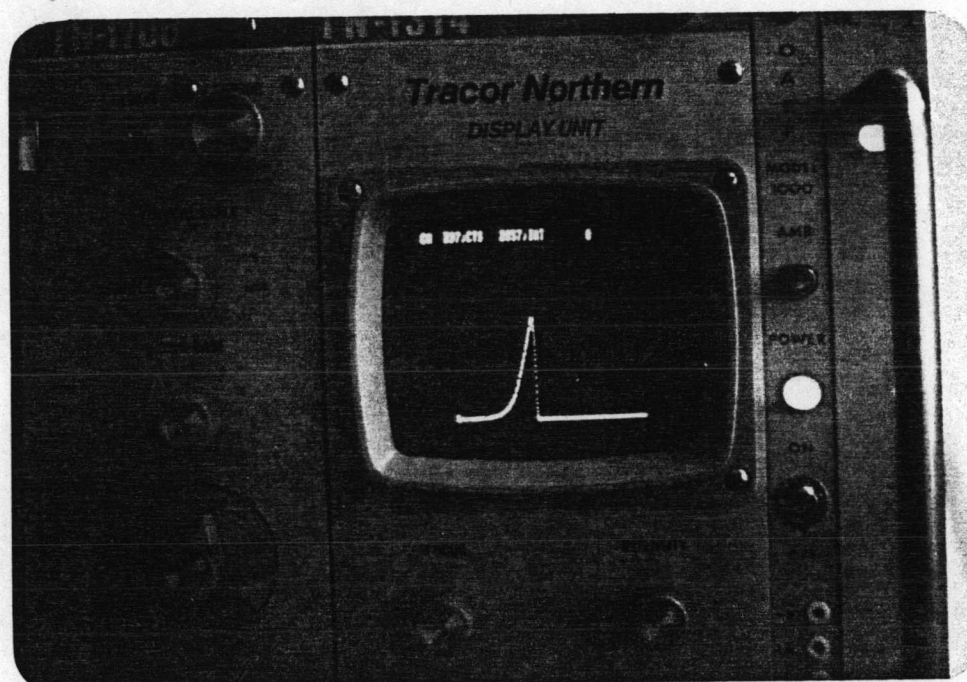




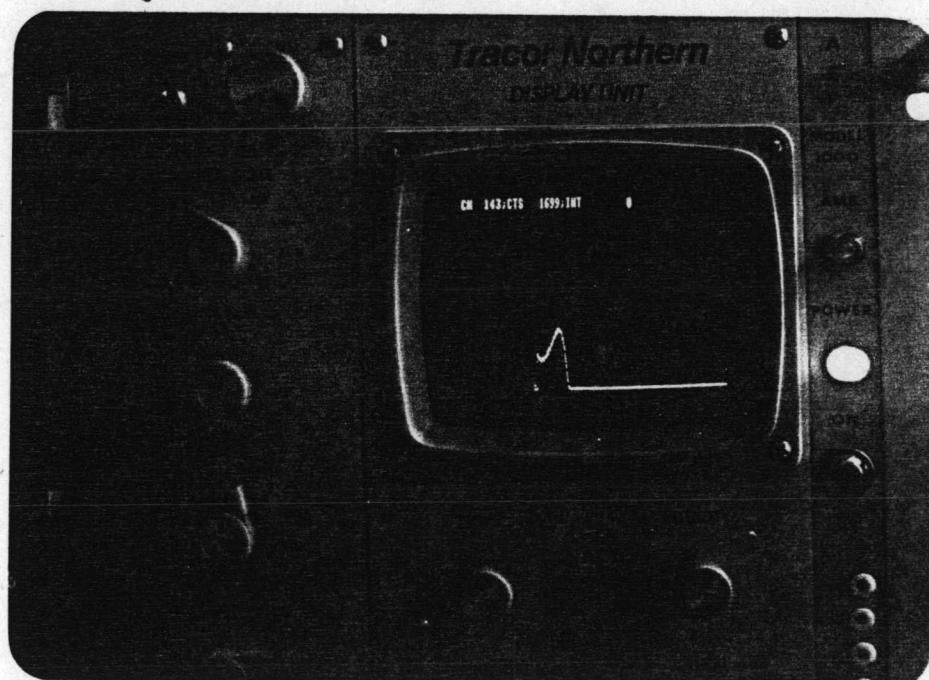
รูปที่ 6.1 แสดงพีคของพลังงานที่เหลือของอนุภาคอัลฟาในอากาศที่อุณหภูมิ  $27^{\circ}\text{C}$  ความดันอากาศ 610 mm.Hg. พีคอยู่ที่ตำแหน่ง 187 ช่อง



รูปที่ 6.2 แสดงพีคของพลังงานที่เหลือของอนุภาคอัลฟาในอากาศที่อุณหภูมิ  $27^{\circ}\text{C}$  ความดันอากาศ 710 mm.Hg. พีคอยู่ที่ตำแหน่ง 76 ช่อง



รูปที่ 6.3 แสดงพีคของพลังงานที่เหลือของอนุภาคอัลฟาในแกสทงคัม ที่อุณหภูมิ  $27^{\circ}\text{C}$  ความดันแกสทงคัม 760 mm.Hg. ระยะห่างระหว่างคันทำเนิดรังสีกับหัววัดรังสี 0.5 ซม. พีคอยู่ที่ตำแหน่ง 397 ช่อง



รูปที่ 6.4 แสดงพีคของพลังงานที่เหลือของอนุภาคอัลฟาในแกสทงคัม ที่อุณหภูมิ  $27^{\circ}\text{C}$  ความดันแกสทงคัม 760 mm.Hg. ระยะห่างระหว่างคันทำเนิดรังสีกับหัววัดรังสี 1.2 ซม. พีคอยู่ที่ตำแหน่ง 143 ช่อง

## ข้อเสนอแนะ

### 1. เครื่องวัดความดัน

เครื่องวัดความดันช่วงความดันต่ำกว่าบรรยากาศ แต่ละช่วงมีความแตกต่างกัน 50 mm.Hg. ยกเว้นช่วงแรกมีความแตกต่างกัน 60 mm.Hg. ในกรณีที่แปรเปลี่ยนความดันช่วง 670-740 mm.Hg. ความดันเปลี่ยนแปลงครั้งละ 10 mm.Hg. สเกลวัดความดันช่วงละ 10 mm.Hg. ของเครื่องวัดความดันไม่มี จึงต้องแบ่งสเกลช่วงละ 50 mm.Hg. ออกเป็นช่วงละ 10 mm.Hg. ความดันที่อ่านได้ในช่วงนี้อาจจะคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริงและที่ความดันต่ำกว่า 670 mm.Hg. ถ้าต้องการวัดความดันครั้งละ 10 mm.Hg. เพื่อวัดค่าสตอบึงโครส เซกชันของแกส เปรียบเทียบกับค่าสตอบึงโครส เซกชันที่วัดได้ที่แปรเปลี่ยนความดันครั้งละ 50 mm.Hg. ไม่สามารถจะทำได้ ดังนั้นเครื่องวัดความดันที่ใช้ควรให้ความละเอียดของสเกลอ่านความดันโดยแต่ละช่องความดันที่อ่านได้ควรแตกต่างกันอย่างมาก 10 mm.Hg.

### 2. เครื่องวัดอุณหภูมิ

อุณหภูมิภายในห้อง เก็บแกสกับอุณหภูมิภายในห้องขณะทำการทดลองใกล้เคียงกัน การวิจัยนี้ควมคุมให้อุณหภูมิภายในห้อง เก็บแกสคงที่ที่  $27^{\circ}\text{C}$  ความคลาดเคลื่อนของอุณหภูมิขณะทำการทดลอง  $\pm 1^{\circ}\text{C}$  สเกลของเครื่องวัดอุณหภูมิแต่ละช่วงต่างกัน  $1^{\circ}\text{C}$  ความคลาดเคลื่อนของการอ่านอุณหภูมิในช่วงนี้มีผลต่อค่าสตอบึงโครส เซกชันของแกสที่คำนวณได้เล็กน้อย ดังนั้นเครื่องวัดอุณหภูมิ สเกลของเครื่องวัดควรจะแตกต่างกันแต่ละช่วง 1 ช่องต่อ  $1^{\circ}\text{C}$

### 3. หัววัดรังสี

หัววัดรังสีที่ใช้ทำการวิจัย ความสามารถในการแยกพลังงาน 24 KeV. พื้นที่รับรังสี 300 มม.<sup>2</sup> ถ้าใช้หัววัดรังสีที่มีความสามารถในการแยกพลังงานต่ำกว่านี้จะทำให้ความแม่นยำในการหาตำแหน่งพีคจากสเปกตรัมได้มากขึ้น



#### 4. กำลังขยายสัญญาณ

ขณะทำการทดลองใช้อัตราการขยายสัญญาณ คอर्सเกน (Coarse gain) = 16, ไลน์เกน (Fine gain) = 1 ถ้าปรับกำลังขยายสัญญาณสูงกว่านี้ จะมีสัญญาณอื่นมารบกวน และเดทไทม์ (Dead Time) สูงทำให้วัดตำแหน่งของพีคจากสเปกตรัมผิดจากความจริงมาก ดังนั้นกำลังขยายสัญญาณจึงไม่ควรปรับสูงเกินไป โดยสังเกตจากเปอร์เซ็นต์บนสเกลของ เดทไทม์ไม่ควรเกิน 5 %

5. ห้องเก็บแก๊สทำด้วยเหล็กทำให้มีน้ำหนักมาก ควรจะทำได้ด้วยอลูมิเนียมจะทำให้มีน้ำหนักเบา

6. ฝาปิดห้องเก็บแก๊สทำด้วยพลาสติกทึบแสงสีอะไรก็ได้ แต่แสงต้องผ่านเข้าไปในห้องเก็บแก๊สไม่ได้ ความหนาของพลาสติกอย่างต่ำ 11 มม. และไม่ควรเกิน 12 mm.Hg. ถ้าฝาปิดห้องเก็บแก๊สบางกว่านี้เมื่อสูบลมอากาศออกแผ่นพลาสติกจะถูกดูดทำให้แผ่นพลาสติกงอได้ ถ้าไม่มีแผ่นพลาสติกหนานขนาดนี้ ควรใช้แผ่นอลูมิเนียมหนา  $1 \frac{1}{2}$  หุน แทนได้ไม่ควรใช้แผ่นพลาสติก 2 แผ่นประกบกันแล้วติดด้วยกาวติดพลาสติก เพราะอาจเกิดช่องว่างขึ้นระหว่างแผ่นพลาสติกที่ติดกันไม่สนิท เมื่อสูบลมอากาศออกจากห้องเก็บแก๊สพลาสติกด้านในที่ติดกับห้องเก็บแก๊สอาจจะทนแรงดูดไม่ไหวทำให้แตกได้ ถ้าจำเป็นต้องใช้แผ่นพลาสติกสองแผ่นประกบกันทำเป็นฝาปิดห้องเก็บแก๊ส ควรจะทำให้แผ่นพลาสติก 2 แผ่นติดกันสนิทและควรใช้แผ่นพลาสติกหนานอย่างน้อย 8 mm.Hg. ทำเป็นฝาปิดด้านใน

ระวังอย่าให้แผ่นพลาสติกด้านในมีรอยขีด ถ้าเกิดรอยขีดขึ้นควรใช้กระดาษทรายอย่างละเอียด เบอร์ศูนย์ขัด แล้วใช้ผ้ากำยขัดเงาพลาสติกขัดจนกว่าจะหมดรอยขีดเพื่อป้องกันการรั่วซึมของอากาศ เข้าไปในห้องเก็บแก๊สและควรระวังอย่าให้มีรอยขีด เขี่ยบนบริเวณแผ่นพลาสติกที่ติดกับยางวงให้มากที่สุด

7. วงยางรองรับห้องเก็บแก๊สที่ใช้ทำการวิจัย เส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 ซม. อาจใช้วงยางเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่านี้ก็จะได้ทำให้ป้องกันการรั่วซึมของอากาศ เข้าไปในห้องเก็บแก๊สดีขึ้น

8. ร่องวางวงยางที่สัมผัสกับห้อง เก็บแกสควรจะทำกาวยางพนิกผสมซิลิโคน สามารถยึดหยุ่นได้และทำให้วงยางติดกับห้อง เก็บแกสได้ดี
9. ด้านหน้าวงยางหรือที่ฝาปิดห้อง เก็บแกสควรทาจารบีที่บริ เวณส่วนที่วงยางจะสัมผัสกับฝานี้ เพื่อป้องกันการซึมของอากาศ เข้าไปด้านในห้อง เก็บแกส
10. เมื่อทำการทดสอบวัดค่าสตอบึงครอส เซคชั่นที่ความดันสูง ควรจะมีที่ยึดให้ฝาปิดห้อง เก็บแกสสนิทมาก ๆ เพื่อป้องกันการรั่วซึมของแกสต่าง ๆ ออกหรือ เข้าห้อง เก็บแกส
11. ตามรอยต่อต่าง ๆ ของสายยางจากห้อง เก็บแกสไป เครื่องสูบอากาศหรือ เครื่องวัดความดันหรือ เครื่องวัดอุณหภูมิ ควรจะใช้กาวอีพอกซี (epoxy) อุดเพื่อป้องกันการรั่วซึมของอากาศเข้าสู่ห้อง เก็บแกส
12. ขณะทำการทดสอบวัดพลังงานที่ เหลือของอนุภาคอัลฟาที่สูญญากาศทั้งกรณีแปร เปลี่ยนความดันและกรณีแปร เปลี่ยนระยะห่างระหว่างคั่นกำเนิดรังสีกับหัววัดรังสี ความแรงรังสีของคั่นกำเนิดรังสีไม่ควรจะทำให้เดคโทรม์เกิน 5 %