บทที่ 5

ผลการทดลองเพื่อหาสมรรถภาพของเครื่องเร่งโปรตอน

5.1 ผลการทดลองของการหาค่าศักย์ไฟฟ้าที่ได้จากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าความต่างศักย์สูง

5.1.1 โดยการสูบอากาศออกจากท่อเร่งและระบบทั้งหมดแล้วพอความดันของอากาศลดลงตามที่ต้องการแล้วคือประมาณ 1×10^{-6} มิลลิบาร์ แล้วเริ่มจ่ายไฟฟ้าเข้าแหล่งกำเนิดไฟฟ้าศักย์สูงเข้าเครื่องแบ่งศักย์ไฟฟ้าที่ต่อกับท่อเร่งแล้ว แล้วคอยอ่านกระแสไฟฟ้าจากไมโครแอมมิเตอร์ที่ต่ออนุกรมกับเครื่องแบ่งศักย์เข้าท่อเร่ง จะเห็นว่าค่าต่าง ๆ ที่ได้ออกมาจะเป็นไปตามตารางที่ 5.1

ศักย์ไฟฟ้าหม้อแปลงให้กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าศักย์สูง (กิโลโวลต์)	กระแสไฟฟ้าที่อ่านได้จากไมโครแอมมิเตอร์ที่ต่ออนุกรมกับตัวแบ่งศักย์ไฟฟ้าสูงกับกราวด์ (ground)
3.1	20
5.8	40
8.9	60
11.8	80
14.8	100

ตารางที่ 5.1 แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างศักย์ไฟฟ้าของหม้อแปลงที่จ่ายไฟฟ้าให้กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าศักย์สูง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากตารางที่ 5.1 นั้น ถ้าเราเอาค่าของศักย์ไฟฟ้าที่ได้จากหม้อแปลงไปคำนวณโดยอาศัยสมการที่ 3.53 แล้วจะได้ค่าของศักย์ไฟฟ้าที่จ่ายออกมาจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าศักย์สูงที่ให้แก่ท่อเร่ง ดังตารางที่ 5.2

ตารางที่ 5.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างศักย์ไฟฟ้าสูงจากแหล่งไฟฟ้าศักย์สูงที่คำนวณจากสมการที่ 3.53 กับกระแสไฟฟ้าที่อ่านได้จากไมโครแอมมิเตอร์

ค่าศักย์ไฟฟ้าสูงจากแหล่งไฟฟ้าศักย์สูงที่คำนวณจากสมการที่ 3.53 (กิโลโวลต์)	กระแสที่ได้จากไมโครแอมมิเตอร์ (ไมโครแอมแปร์)
31	20
62	40
91.4	60
120.4	80
151.8	100

จากตารางที่ 5.2 นั้นเราจะเห็นว่าค่าศักย์ไฟฟ้าที่ได้ออกมานั้นมีค่าเกินกว่า 15 กิโลโวลต์ เมื่อจ่ายไฟฟ้าเต็มที่จากหม้อแปลงไฟฟ้าเปลี่ยนค่าได้ และถ้าเราคิดจากกฎของโอห์มแล้วโดยทราบว่าค่าของความต้านทานของตัวแบ่งศักย์ทั้งหมดเท่ากับ 1500 MΩ จะได้ศักย์ไฟฟ้าที่ออกมาจากแหล่งกำเนิดไฟฟ้าสูงแบบทวีคูณ ดังตารางที่ 5.2

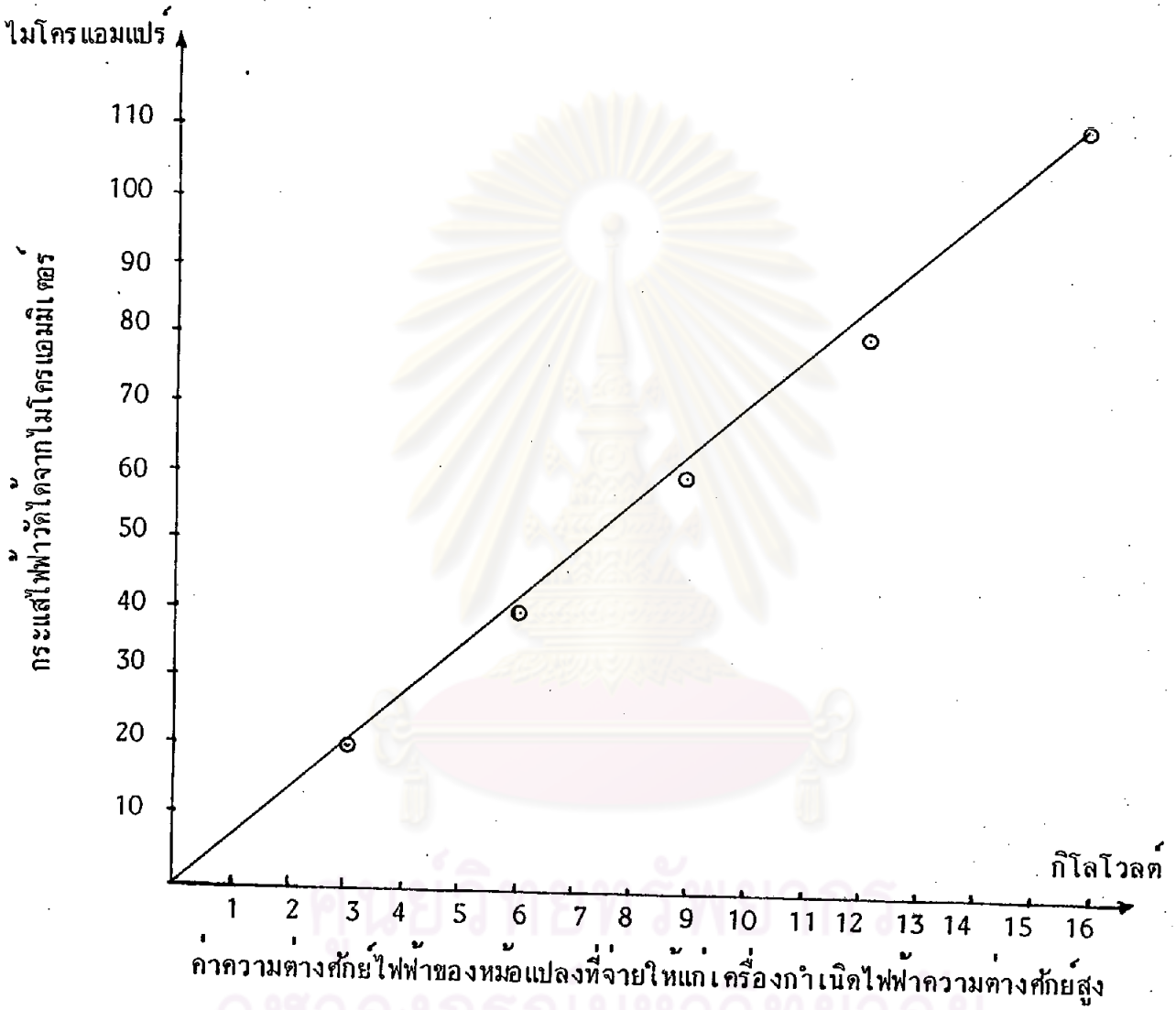
ตารางที่ 5.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าที่อ่านได้จากไมโครแอมมิเตอร์กับศักย์ไฟฟ้าสูงที่คำนวณได้โดยอาศัยกฎของโอห์ม

กระแสไฟฟ้าที่อ่านได้จากไมโครแอมมิเตอร์ (ไมโครแอมแปร์)	ศักย์ไฟฟ้าสูงที่คำนวณจากกฎของโอห์มได้ค่าความต้านทานคงที่ (1,500 MΩ)
20	30
40	60
60	90
80	120
100	150

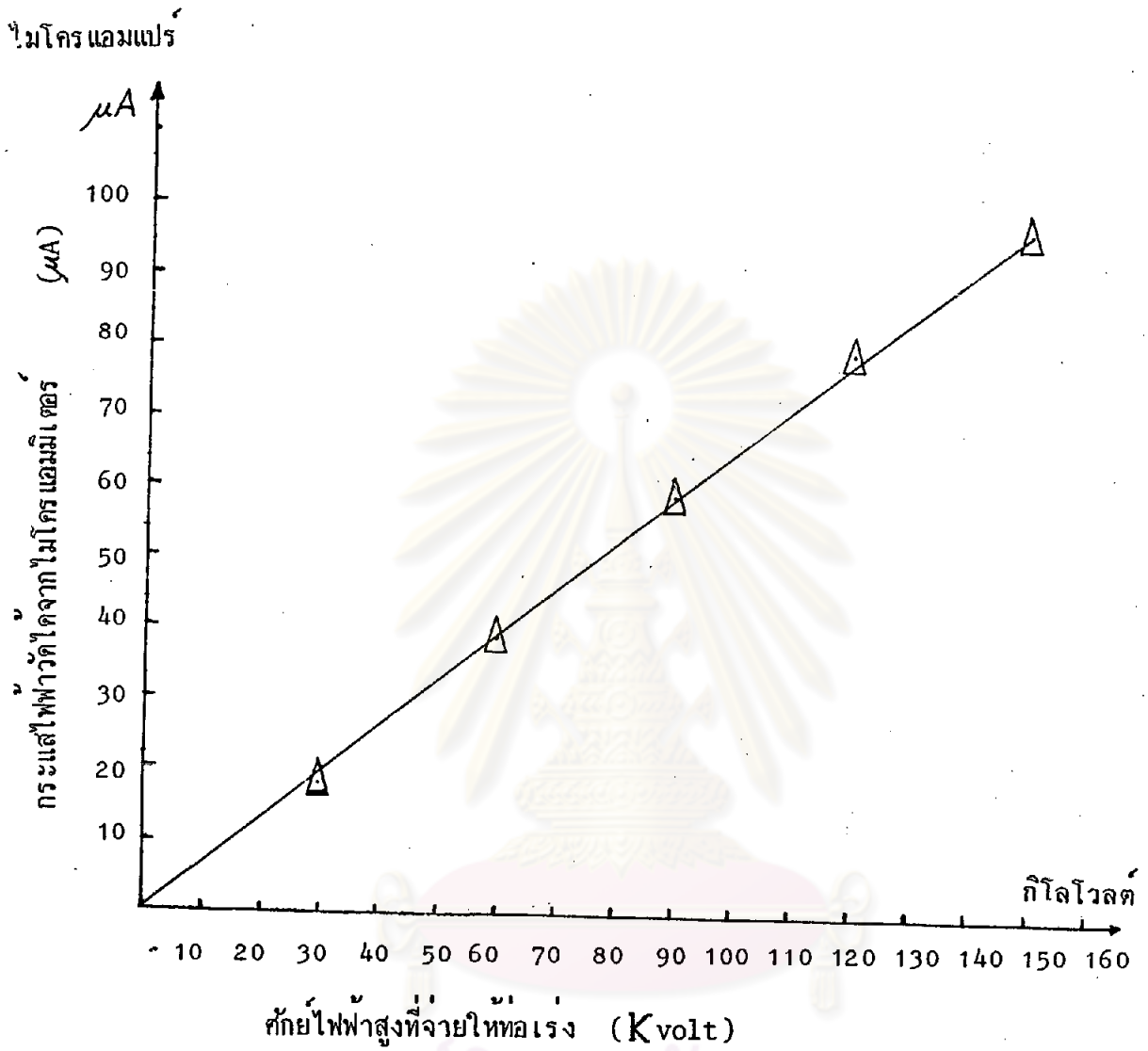
จะเห็นว่าค่าของศักย์ไฟฟ้าที่ได้จากแหล่งกำเนิดไฟฟ้าศักย์สูงที่สร้างเองโดยอาศัยหลักการของ Cockcroft และ Walton หรือศักย์แบบทวีคูณนั้นจะมีค่ามากกว่า 150 กิโลโวลต์ ดังนั้นจึงบอกได้ว่า การเร่งอนุภาคโปรตอนนี้จะเร่งที่ 150กิโลโวลต์ได้ ทั้งนี้ได้คิดว่าการสูญเสียของการดิสชาร์จของไฟฟ้าให้กับอากาศและสิ่งแวดล้อมแล้ว

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากตารางที่ 5.1, 5.2 และ 5.3 เมื่อนำมาเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างศักย์ไฟฟ้ากับกระแสไฟฟ้าจะได้

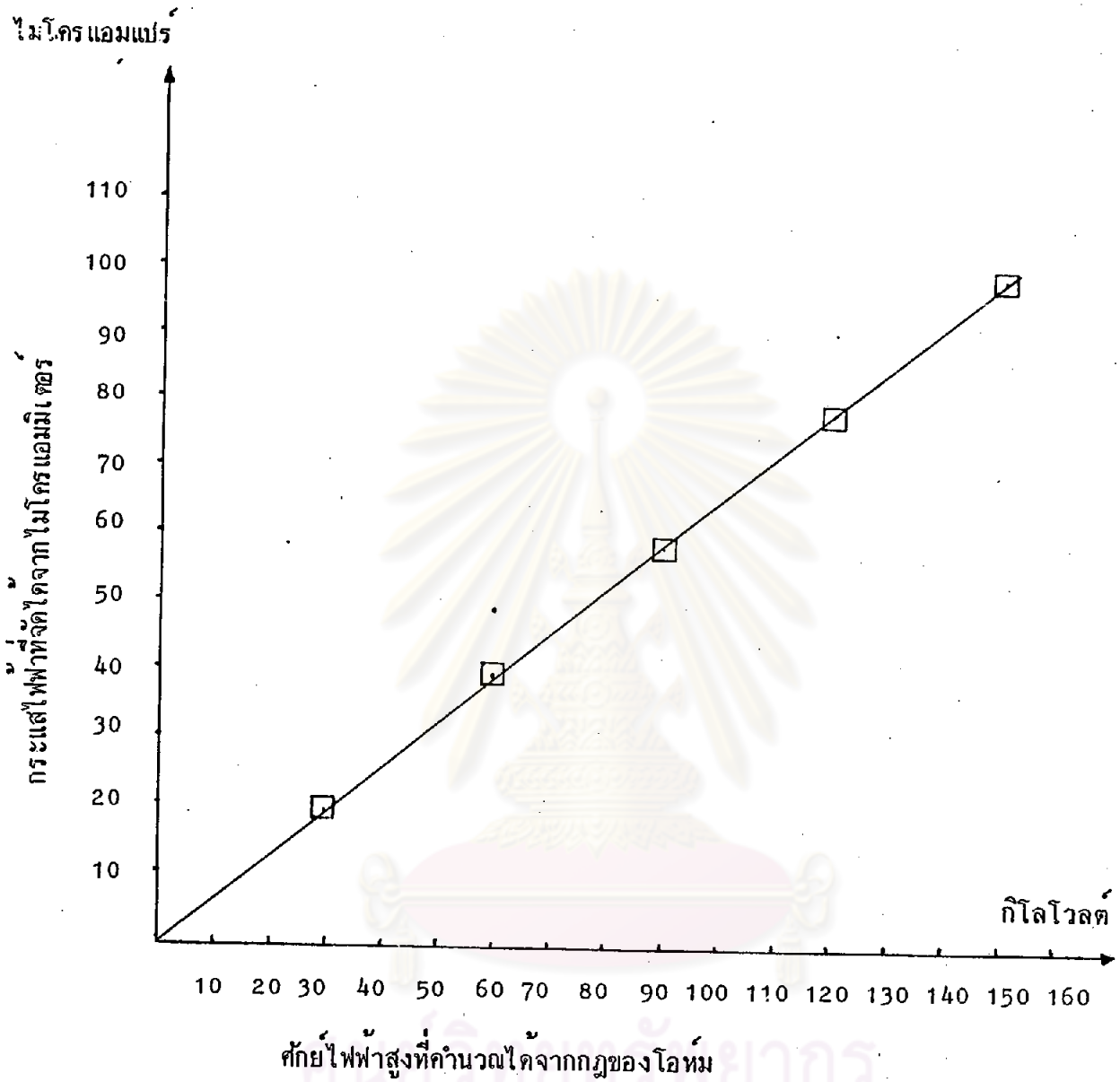


รูปที่ 5.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าที่วัดได้จากไมโครแอมมิเตอร์ที่ต่อกับตัวแบ่งศักย์กับศักย์ไฟฟ้าของหม้อแปลงที่จ่ายให้กับตัวแปลงศักย์ไฟฟ้าสูง ได้จากตารางที่ 5.1



รูปที่ 5.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าที่วัดได้จากไมโครแอมแปร์ที่ต่ออนุกรมกับตัวแบ่งศักย์กับศักย์ไฟฟ้าสูงที่คำนวณได้จากสมการ 3.53 ซึ่งได้จากตารางที่ 5.2

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสที่วัดได้จากไมโครแอมมิเตอร์ กับศักย์ไฟฟ้าความต่างศักย์สูงที่คำนวณได้จากกฎของโอห์ม ดังตารางที่ 5.3

จากตารางที่ 5.1 และรูปที่ 5.1 ได้ผลดังต่อไปนี้

จากตารางที่ 5.1 และรูปที่ 5.1 พบว่าค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าของหม้อแปลงแปรผันโดยตรงกับค่าของกระแสไฟฟ้าที่ได้จากระบบความต่างศักย์สูงและค่าความต่างศักย์ของหม้อแปลงจะมีค่าสูงสุดที่วัดได้เป็น 14.8 กิโลโวลต์ เมื่อกระแสจากไมโครแอมมิเตอร์เป็น 100 ไมโครแอมแปร์

จากตารางที่ 5.2 และรูปที่ 5.2 ได้ผลดังต่อไปนี้

จากตารางที่ 5.2 และรูปที่ 5.2 พบว่าค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าสูงที่ได้จากการต่อวงจรเป็นแบบ Cockcroft และ Walton นั้นแปรผันโดยตรงกับกระแสไฟฟ้าที่อ่านได้จากไมโครแอมมิเตอร์ที่ต่ออนุกรมกับระบบและเมื่อคำนวณด้วยสมการที่ 3.53 แล้วจะให้ค่าความต่างศักย์เป็น 151.8 กิโลโวลต์เมื่อกระแสอ่านได้จากไมโครแอมมิเตอร์เป็น 100 ไมโครแอมแปร์

จากตารางที่ 5.3 และรูปที่ 5.3 ได้ผลดังต่อไปนี้

จากตารางที่ 5.3 และรูปที่ 5.3 พบว่าเมื่ออาศัยกฎของโอห์มมาคิดโดยค่าความต้านทานของตัวแบ่งศักย์ทั้งหมดเป็น 1500 เม็กกะโอห์ม ($M\Omega$) จะได้ค่าความต่างศักย์แปรผันตรงกับกระแสไฟฟ้าที่วัดได้จากไมโครแอมมิเตอร์และศักย์ไฟฟ้าความต่างศักย์สูงสุดที่คำนวณได้จะเป็น 150 กิโลโวลต์ เมื่อกระแสไฟฟ้าจากไมโครแอมมิเตอร์อ่านได้ 100 ไมโครแอมแปร์

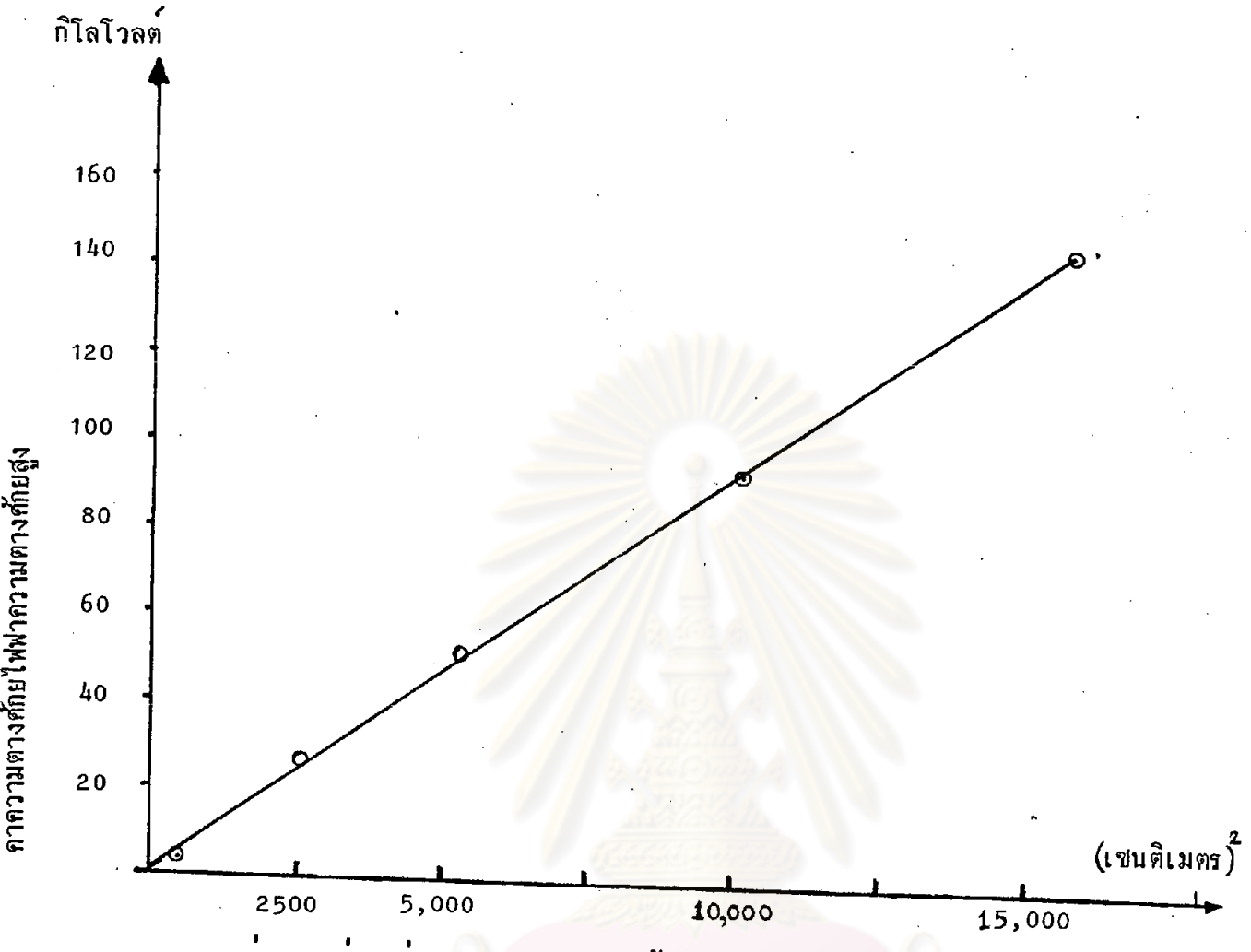
5.2 <u>ผลการทดลองของการหาค่าศักย์ไฟฟ้าที่ได้จากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าความต่างศักย์สูงโดยการวัดค่าสนามไฟฟ้า</u>

5.2.1 ทำการทดลองเหมือนกับหัวข้อ 5.1.1 แต่เปลี่ยนแปลงวิธีการวัด ทั้งนี้ใช้วิธีการวัดค่าสนามไฟฟ้าตามหัวข้อ 3.8 ซึ่งจะได้ระยะห่างระหว่างขั้วไฟฟ้าทรงกลมกับแผ่นโลหะขนานสัมพันธ์กับศักย์ไฟฟ้าที่ระยะต่าง ๆ ที่คำนวณได้จากสมการที่ 3.69 ดังนี้คือ

ตารางที่ 5.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าระยะระหว่างขั้วไฟฟ้าทรงกลม กับแผ่นโลหะขนานสัมพันธ์กับศักย์ไฟฟ้า

ระยะระหว่างแผ่นโลหะขนานกับขั้วไฟฟ้าทรงกลม (เซนติเมตร) R	ระยะห่างระหว่างแผ่นโลหะขนานกับขั้วไฟฟ้าทรงกลม (เซนติเมตร^2) $(R)^2$	ศักย์ไฟฟ้าของขั้วไฟฟ้าทรงกลม (กิโลโวลต์) (kV)
25	652	5.9
50	2,500	23.8
75	5,625	53.5
100	10,000	94.6
125	15,625	148.8

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.4 รูปกราฟแสดงความสัมพันธ์ระยะห่างระหว่างศักย์ไฟฟ้าความต่างศักย์สูงกับแผ่นโลหะขนาน

จากตารางที่ 5.4 และรูปที่ 5.4 ได้ผลดังต่อไปนี้

1. ค่าของศักย์ไฟฟ้าความต่างศักย์สูงที่คำนวณได้นั้นอาศัยสมการที่ 3.69 ในหัวข้อที่ 3.8 ซึ่งให้ r คือรัศมีของทรงกลมในรูปที่ 3.18 มีค่าเป็น 6.3 เซนติเมตร และค่าของสนามไฟฟ้าระหว่างแผ่นโลหะขนานที่ถูกชักนำ (V_2) โดยศักย์ไฟฟ้าของทรงกลมมีค่าเป็น 0.2 สเตทโวลต์ต่อเซนติเมตร (stat volt/cm) และถ้าเรากำหนดให้ศักย์ไฟฟ้าที่แผ่นโลหะขนานคงที่ตลอดคือ 0.2 สเตทโวลต์ต่อเซนติเมตร โดยเราปรับค่าต่าง ๆ

ที่ measuring amplifier โดยใช้ไมโครแอมมิเตอร์ต่อระหว่างจุด A และ D ดังรูปที่ 3.18 แล้วถ้ากระแสไฟฟ้าทุก ๆ ระยะ R ที่เป็นระยะห่างระหว่างขั้วไฟฟ้าทรงกลม B และแผ่นโลหะขนานแล้วกระแสไฟฟ้าที่ปรากฏนี้ไมโครแอมมิเตอร์คงที่ตลอด คือให้เต็มสเกลพอดีก็จะเป็นการบอกได้ว่าศักย์ไฟฟ้าที่ถูกชักนำโดยศักย์ไฟฟ้าสูงของทรงกลม B บนแผ่นโลหะขนานจะมีค่าคงที่เสมอ แต่ทั้งนี้จะเห็นว่าเมื่อระยะ R เพิ่มขึ้น ศักย์ไฟฟ้าของทรงกลม B ซึ่งเป็นศักย์ไฟฟ้าสูงก็เพิ่มขึ้นตามไปด้วย และถ้าเราใช้สมการที่ 3.69 คือ

$$\frac{rV_1}{R^2} = \frac{V_2}{d}$$

โดยที่เราทราบค่าของ r, V_2, R และ d เราก็สามารถหาค่าของ V_2 ซึ่งเป็นศักย์ไฟฟ้าความต่างศักย์สูงที่ใช้เร่งโปรตอนได้

2. จากตารางที่ 5.4 และรูปที่ 5.4 นั้นค่าของความต่างศักย์ไฟฟ้าสูงแปรผันตรงกับระยะห่าง (R) ระหว่างศักย์ไฟฟ้าสูงของทรงกลม B กับแผ่นโลหะขนานยกกำลังสองนั้นเพราะว่าเมื่อเราเลื่อนให้ระยะ R เพิ่มขึ้น ก็ต้องจ่ายไฟฟ้าให้ศักย์ไฟฟ้าทรงกลมสูงขึ้นตามไปด้วยเพื่อให้สนามไฟฟ้าระหว่างแผ่นโลหะขนานมีค่าคงที่เสมอซึ่งดูได้จากไมโครแอมมิเตอร์ที่ใช้เป็นตัวกำหนด ซึ่งถ้าเราเอาศักย์ไฟฟ้า V_1 ซึ่งเป็นศักย์ไฟฟ้าสูงมาเขียนกราฟเทียบกับระยะห่าง R^2 แล้วจะได้กราฟดังรูปที่ 5.4 ซึ่งแสดงว่า ศักย์ไฟฟ้า V_1 แปรผันตรงกับ R^2

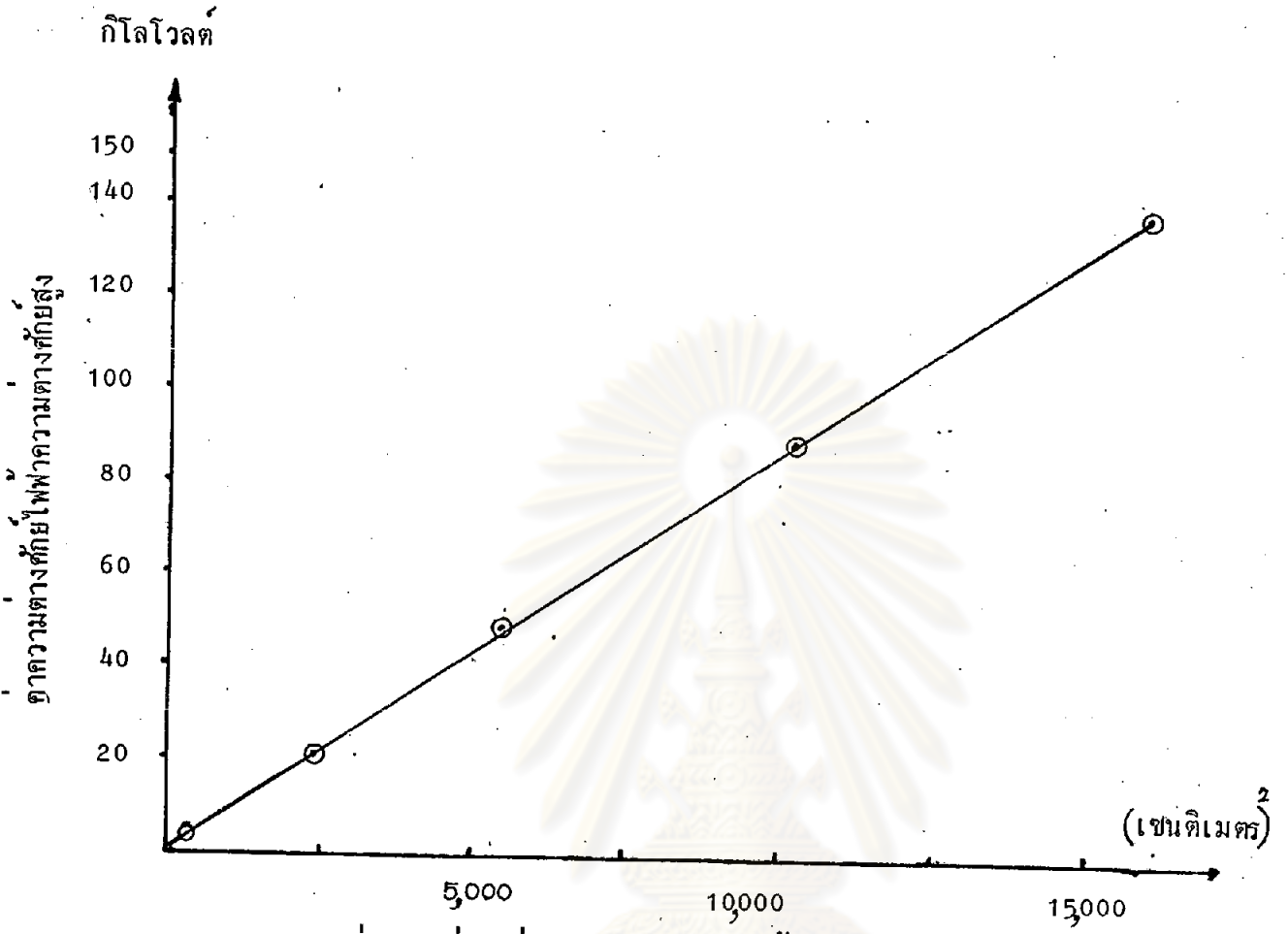
3. ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าความต่างศักย์สูงที่วัดได้สูงสุดนั้นจะมีค่าประมาณ 148.8 กิโลโวลต์

5.2.2 ทำการทดลองเหมือนกับการทดลองที่ 5.2.1 แต่มีการปล่อยไอออนหรืออนุภาคไปตามท่อเร่งอนุภาคด้วย และใช้วิธีการวัดเช่นเดียวกับวิธีการที่ 5.2.1 ได้ ความต่างศักย์ไฟฟ้าความต่างศักย์สูงสัมพันธ์กับระยะห่างระหว่างขั้วไฟฟ้าทรงกลมกับแผ่นโลหะขนาน ดังตารางที่ 5.5 ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 5.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะห่างของขั้วไฟฟ้าทรงกลมกับโลหะขนานกับศักย์ไฟฟ้าที่คำนวณได้เมื่อปล่อยลำของโปรตอน

ระยะห่างระหว่างแผ่นโลหะขนานกับขั้วไฟฟ้าทรงกลม (เซนติเมตร) (R)	ระยะห่างระหว่างแผ่นโลหะขนานกับขั้วไฟฟ้าทรงกลม(เซนติเมตร)^2 (R^2)	ศักย์ไฟฟ้าของขั้วไฟฟ้าทรงกลม (กิโลโวลต์) (V_2)
25	625	4.8
50	2,500	21.5
75	5,625	51.3
100	10,000	92.3
125	15,625	144.0

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแผ่นโลหะขนานกับขั้วไฟฟ้าทรงกลม กับค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าความต่างศักย์สูง

จากตารางที่ 5.5 และรูปกราฟที่ 5.5 ได้ผลดังต่อไปนี้

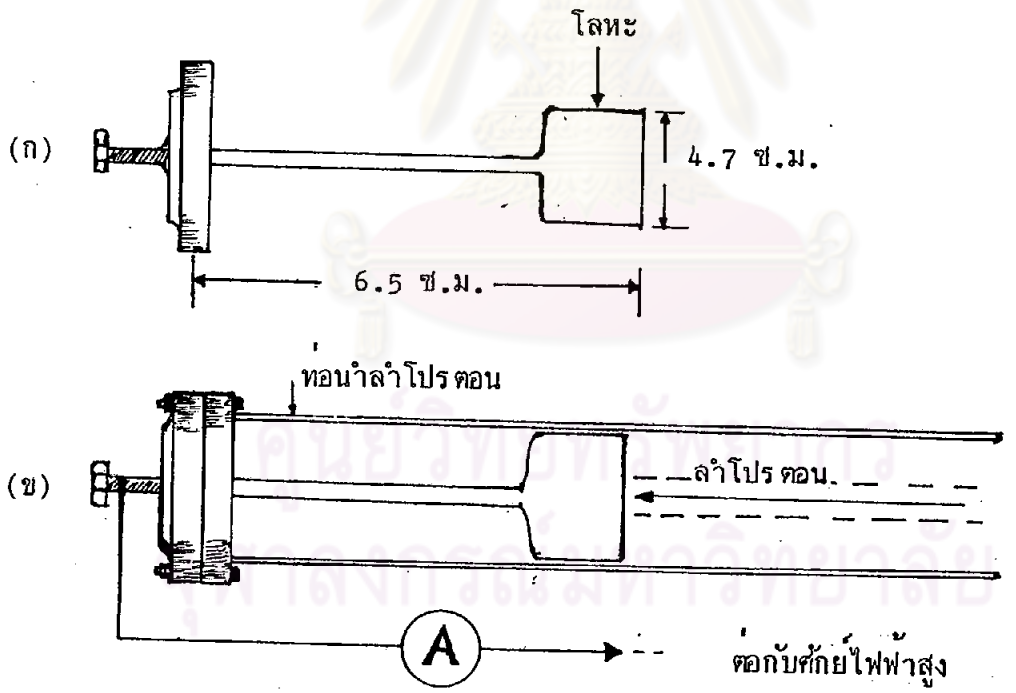
1. วิธีการวัดและการคำนวณในการวัดนี้อธิบายไว้ดังการทดลองที่ 5.2.1
2. ศักย์ไฟฟ้าสูงสุดมีค่าประมาณ 144.032 กิโลโวลต์ ทั้งนี้คำนวณจากสมการที่ 3.69
3. โดยให้ r ซึ่งเป็นรัศมีของทรงกลมที่มีศักย์ไฟฟ้าสูงมีค่าเท่ากับ 6.3 เซนติเมตร ซึ่งคงที่ตลอดการทดลอง

4. ค่าของศักย์ไฟฟ้าของความต่างศักย์ไฟฟ้าสูงมีค่าแปรผันตรงกับระยะทางระหว่างแผ่นโลหะขนานกับขั้วไฟฟ้าทรงกลม ยกกำลังสองดังรูปกราฟที่ 5.5

5. ค่าศักย์ไฟฟ้าจะลดลงจาก กรณีที่ไม่ปล่อยลำของโปรตอนประมาณ 4 กิโลโวลต์

5.3 ผลการวัดค่าของกระแสอนุภาคโดยใช้ถ้วยของฟาราเดย์ (Faraday's cup collector)

5.3.1 การวัดกระแสอนุภาคโปรตอนโดยใช้เครื่องมือที่เรียกว่าถ้วยของฟาราเดย์ (Faraday's cup) ดังรูปที่ 5.1 ก. ต่อเข้ากับส่วนปลายสุดของส่วนนำโปรตอนเพื่อให้ลำของอนุภาคโปรตอนมาตกที่ตำแหน่งถ้วยพอดี แล้วต่อวงจรดังรูปที่ 5.1 ข. แล้วทำการวัดค่าของกระแสของอนุภาคเทียบกับศักย์ไฟฟ้าสูง



รูปที่ 5.6 ก. อุปกรณ์ Faraday's cup collector

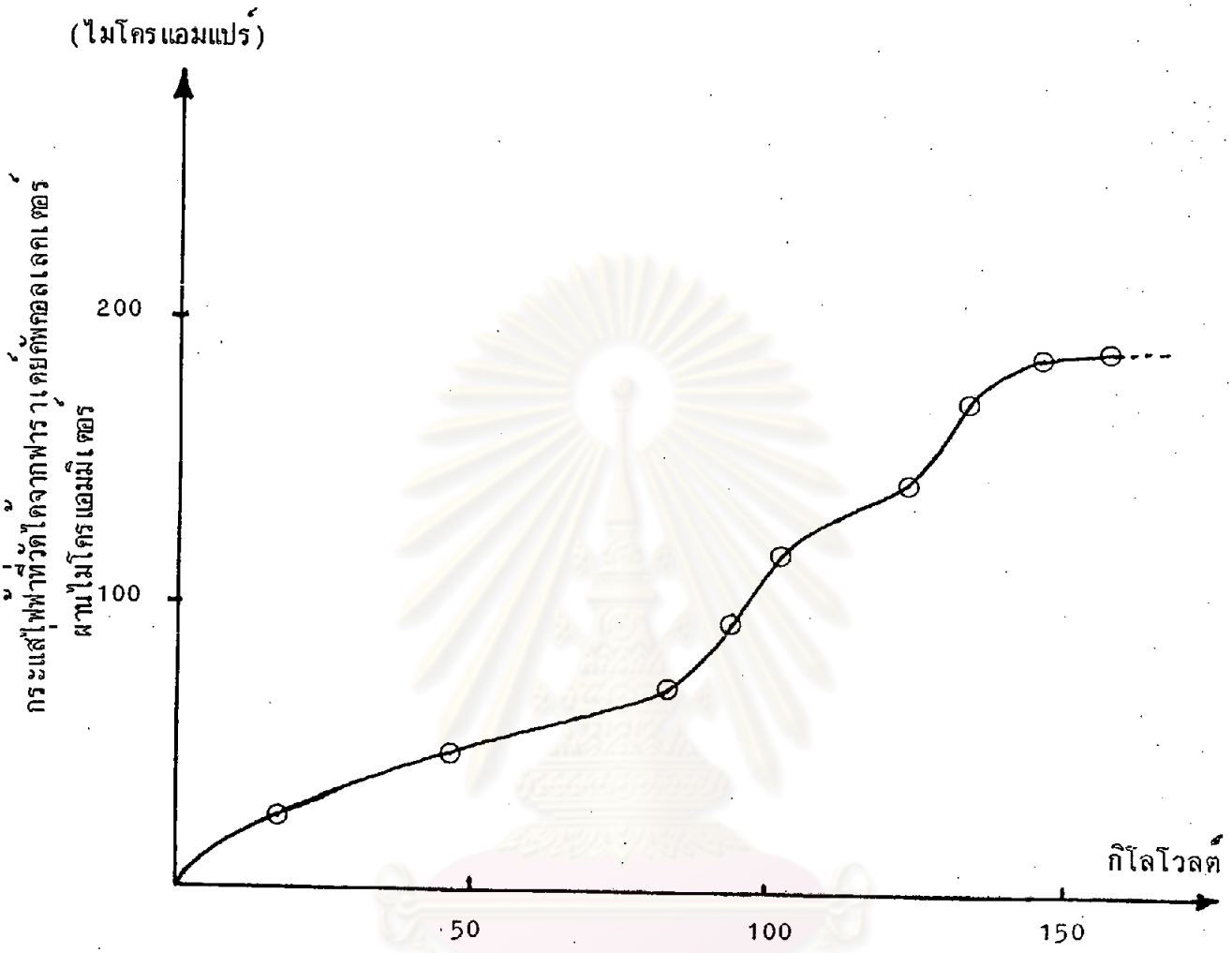
ข. การต่ออุปกรณ์ฟาราเดย์คอลเลคเตอร์เพื่อวัดกระแสของลำโปรตอน

เมื่อทำเรียบร้อยแล้วก็เปิดเครื่องปั๊มอากาศจนกระทั่งได้ความดันตามที่ต้องการแล้วก็เปิดกาซไฮโดรเจนเข้าแหล่งกำเนิดไอออนจนให้ความดันของระบบประมาณ 2×10^{-6} มิลลิบาร์ แล้วปล่อยกระแสไฟฟ้าเข้าคอยล์สนามแม่เหล็ก 8.08 แอมแปร์ เพื่อจะได้สนามแม่เหล็กที่มีความเข้มเท่ากับ 182 เกาส์ แล้วก็ปล่อยกระแสไฟฟ้าเข้าขั้วคาโธดและแอโนดของแหล่งกำเนิดไอออนจนให้ได้กระแสในวงจรภายนอกเท่ากับ 5 มิลลิแอมแปร์ และปล่อยกระแสไฟฟ้าเข้าขั้วไฟฟ้าโพรบเท่ากับ 6 กิโลโวลต์ และขั้วไฟฟ้าโฟกัสเท่ากับ 4.5 กิโลโวลต์ หลังจากนั้นก็เริ่มปล่อยกระแสไฟฟ้าความต่างศักย์สูงเข้าท่อเร่งอนุภาคโปรตอนจากค่าน้อยไปหาค่ามาก ตามลำดับ แล้วอ่านค่ากระแสที่วัดได้จากไมโครแอมมิเตอร์ที่ต่ออนุกรมกับถ้วยของฟาราเดย์ จะได้ค่าตามตารางที่ 5.6

ตารางที่ 5.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสของลำอนุภาคโปรตอนกับศักย์ไฟฟ้าสูงที่จ่ายให้กับท่อเร่ง

กระแสไฟฟ้าของลำโปรตอน (ไมโครแอมแปร์)	ศักย์ไฟฟ้าสูงที่ให้กับท่อเร่งอนุภาคโปรตอน (กิโลโวลต์)
25	18.3
50	47.5
75	80.7
100	94.1
125	108.0
150	121.0
175	134.5
200	147.9
200	154.7

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าของลำอนุภาคที่วัดจากฟาราเดย์คัพคอลเลคเตอร์กับศักย์ไฟฟ้าสูงที่จ่ายให้ท่อเร่ง

จากรูปที่ 5.7 และตารางที่ 5.6 ได้ผลดังนี้คือ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

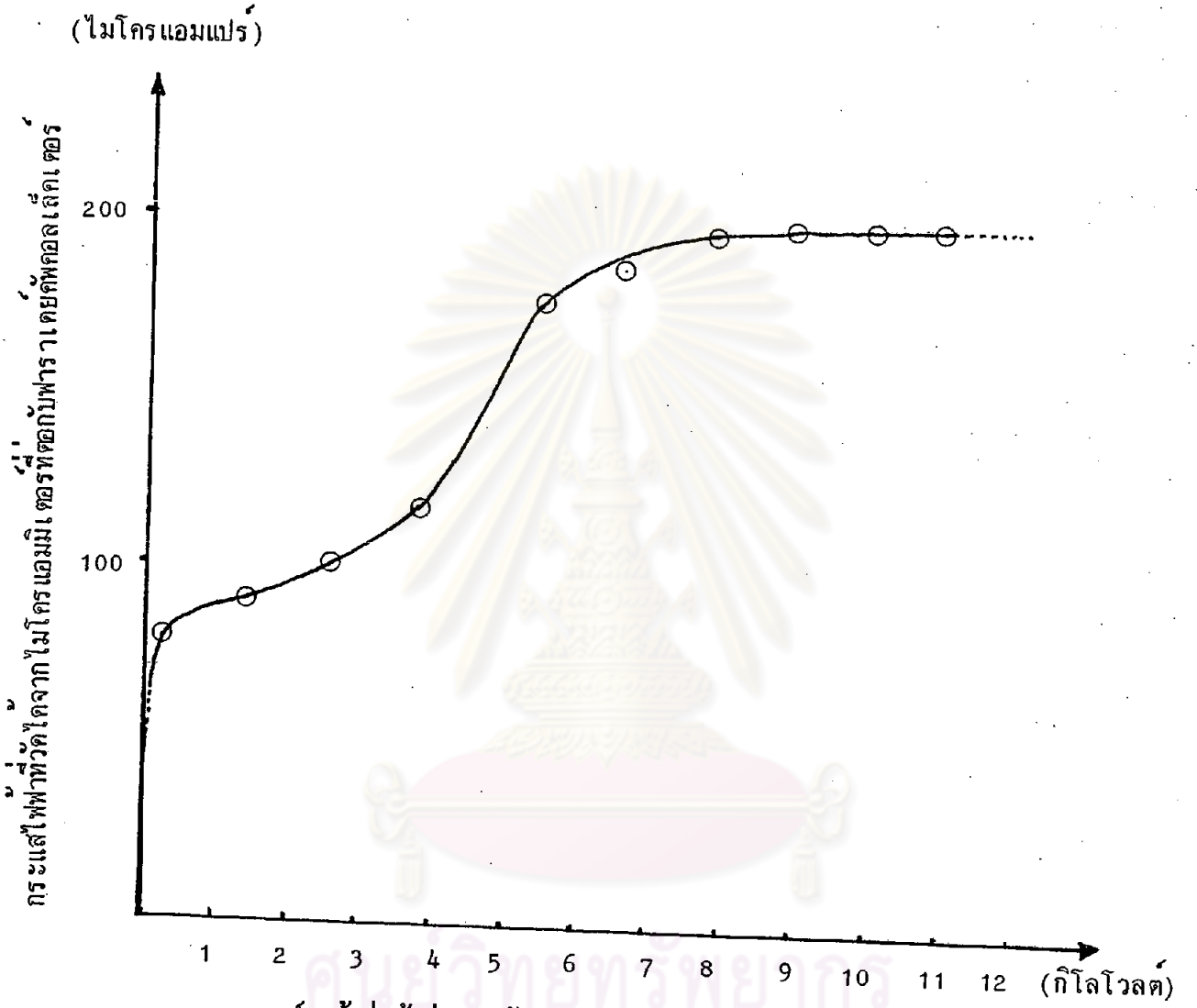
จากรูปที่ 5.7 พบว่ากระแสของลำอนุภาคโปรตอนที่ถูกเร่งมานั้นจะมีค่าเพิ่มขึ้นแปรตามค่าศักย์ไฟฟ้าที่จ่ายให้กับท่อเร่ง จนกระทั่งเมื่อถึงระดับ 200 ไมโครแอมแปร์ค่าของกระแสของลำอนุภาคโปรตอนจะมีค่าคงที่ ถึงแม้ว่าจะจ่ายศักย์ไฟฟ้าให้กับท่อเร่งเพิ่มขึ้นอีกก็ตาม

5.3.2 การวัดกระแสของอนุภาคเทียบกับขั้วไฟฟ้าโพรบ โดยการทดลองเหมือนกับการทดลองที่ 5.3.1 แต่เปลี่ยนให้ศักย์ไฟฟ้าให้กับท่อเร่งเป็นค่ามากที่สุดโดยประมาณ 150 กิโลโวลต์ขึ้นไป ซึ่งจะได้ค่าต่าง ๆ ดังตารางที่ 5.7

ตารางที่ 5.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสของอนุภาคโปรตอนกับศักย์ของขั้วไฟฟ้าโพรบ

ค่ากระแสไฟฟ้าที่วัดได้จาก ไมโครแอมมิเตอร์ (ไมโครแอมแปร์)	ค่าศักย์ไฟฟ้าที่ให้กับขั้วไฟฟ้าโพรบ (โวลต์)
80	130.4
90	1,304.0
100	2,608.6
120	3,913.0
180	5,217.3
190	6,521.7
200	7,826.0
200	8,930.4
200	10,434.7
200	11,739.1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสที่ได้จากการเร่งอนุภาคโปรตอนไปชนฟาราเดย์คัพคอลเลคเตอร์กับศักย์ไฟฟ้าที่จ่ายเข้าขั้วไฟฟ้าโพรบ

จากตารางที่ 5.7 และรูปที่ 5.8 ได้ผลดังต่อไปนี้

จากรูปที่ 5.8 พบว่ากระแสไฟฟ้าของลำอนุภาคโปรตอนนั้นจะแปรตามค่าศักย์ไฟฟ้าที่จ่ายให้กับขั้วไฟฟ้าโพรบ จนกระทั่งเมื่อกระแสมีค่า 200 ไมโครแอมแปร์ ค่ากระแสไฟฟ้าของลำอนุภาคโปรตอนจะมีค่าคงที่ ถึงแม้ว่าจะจ่ายศักย์ไฟฟ้าให้ขั้วไฟฟ้าโพรบมากขึ้นก็ตาม ซึ่งแสดงดังรูปที่ 5.8 และ ตารางที่ 5.7

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

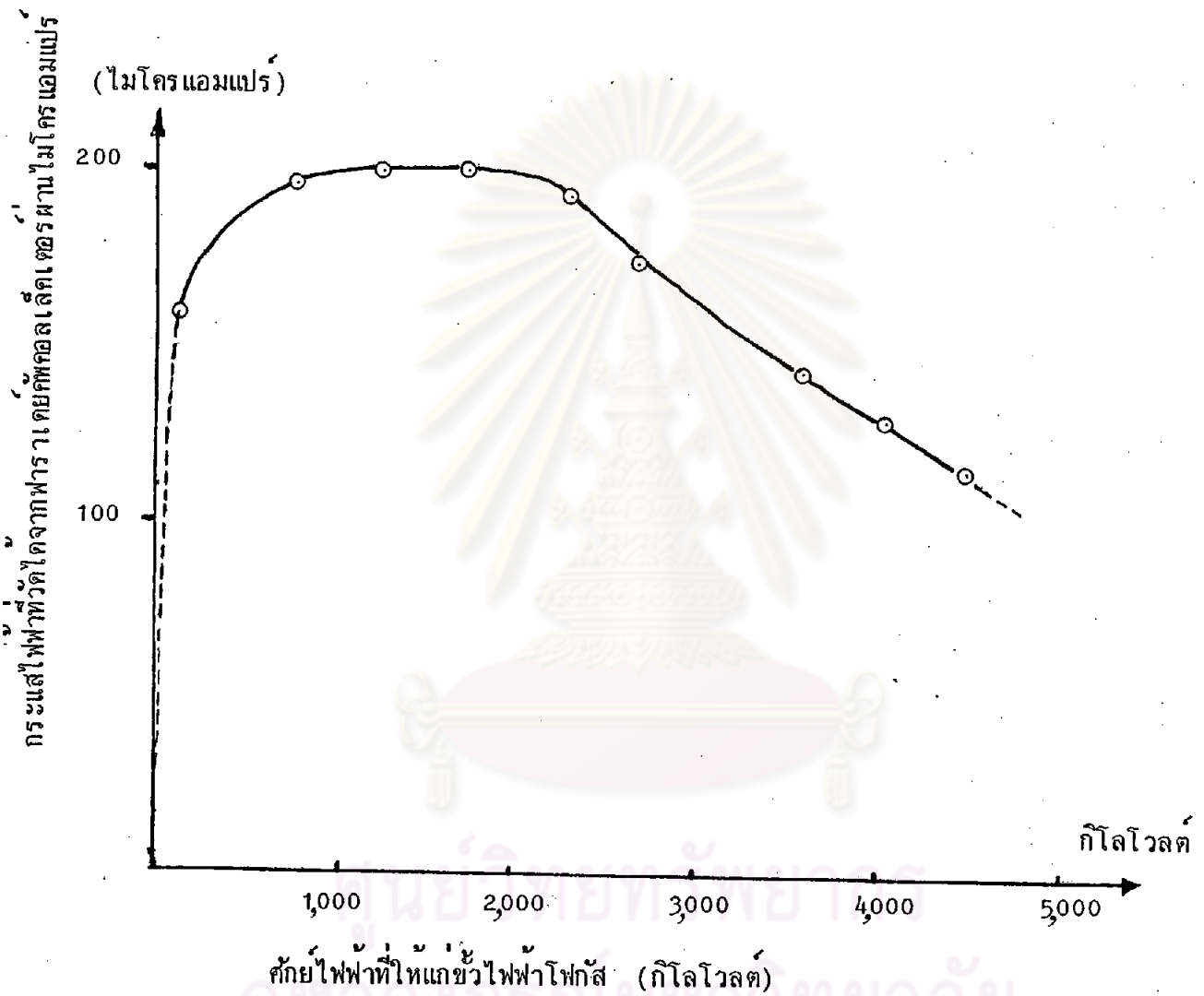
5.4 ผลการทดลองแสดงความสัมพันธ์ระหว่างศักย์ไฟฟ้าของขั้วไฟฟ้าโฟกัสกับกระแสของอนุภาคโปรตอน

โดยการทดลองเหมือนกับการทดลองที่ 5.3.1 แต่เปลี่ยนขั้วไฟฟ้าโฟกัสลำโปรตอนให้มีค่าจากน้อยไปมาก และศักย์ไฟฟ้าที่จ่ายให้ท่อเร่งนั้นมีค่าสูงสุดและคงที่ตลอดเวลา จะได้ค่าต่าง ๆ ดังตารางที่ 5.8

กระแสไฟฟ้าที่อ่านได้จากไมโครแอมมิเตอร์ (ไมโครแอมแปร์)	ศักย์ไฟฟ้าที่ให้แก่ขั้วไฟฟ้าโฟกัส (โวลต์)
150	44
180	440
200	880
200	1,320
200	1,760
190	2,200
170	2,540
150	3,520
130	3,960
120	4,400

ตารางที่ 5.8 แสดงความสัมพันธ์ของศักย์ไฟฟ้าของขั้วไฟฟ้าโฟกัสกับกระแสของลำอนุภาคโปรตอน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.9 รูปกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าของลำอนุภาคที่เร่งแล้วกับศักย์ไฟฟ้าที่ขั้วไฟฟ้าโฟกัสก่อนเข้าท่อเร่งอนุภาค

จากตารางที่ 5.8 และรูปที่ 5.9 จะได้ผลดังต่อไปนี้

จากรูปที่ 5.9 พบว่าเมื่อเพิ่มศักย์ไฟฟ้าน้อย ๆ ให้กับขั้วไฟฟ้าโพรบแล้วจะทำให้ค่าของกระแสไฟฟ้าของลำอนุภาคโปรตอนมีค่าเพิ่มขึ้นในตอนแรก ๆ และเมื่อเพิ่มศักย์ไฟฟ้าให้กับขั้วไฟฟ้าโฟกัสมากขึ้นเป็น 880 - 1760 โวลต์ แล้วจะทำให้กระแสของลำอนุภาคโปรตอนมากที่สุดเป็น 200 ไมโครแอมแปร์ แต่ถ้าเพิ่มศักย์ไฟฟ้าให้กับขั้วไฟฟ้าโฟกัสอีกจะทำค่ากระแสลดลงเรื่อย ๆ ดังนั้นจะเห็นว่าค่าโฟกัสที่เหมาะสมสำหรับให้ลำของอนุภาคโปรตอนได้พอดีกับท่อเร่งนั้นอยู่ระยะประมาณ 880 - 1760 โวลต์

5.5 การทดลองแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสภายนอกของแหล่งกำเนิดไอออนกับกระแสที่ได้จากลำอนุภาคที่ถูกเร่งมาชนกับถ้วยของฟาราเดย์ (Faraday's cup collector)

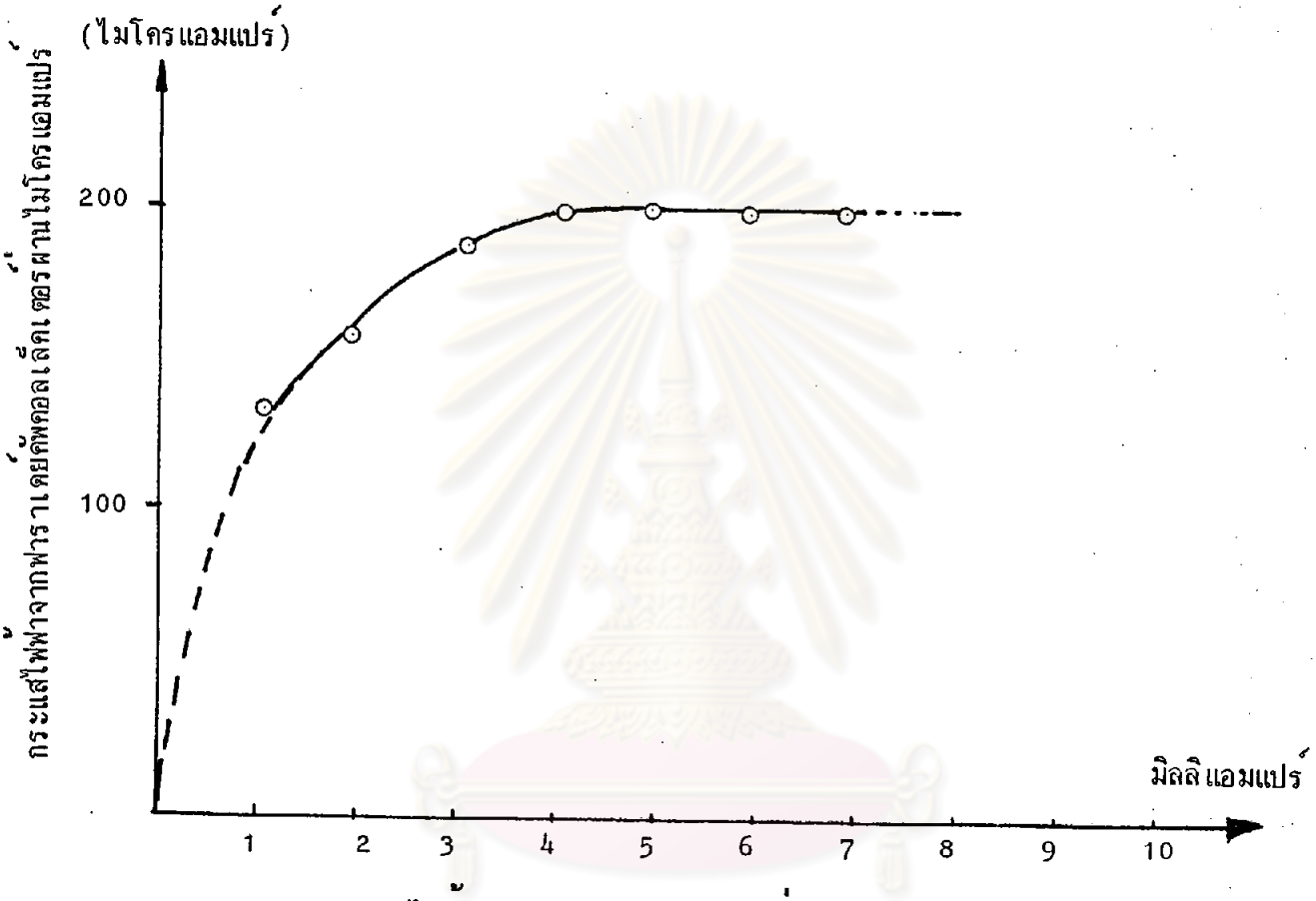
โดยการทดลองเหมือนกับการทดลองที่ 5.3.1 เมื่อปล่อยกาซไฮโดรเจนเข้าแหล่งกำเนิดไอออนแล้วก็จ่ายไฟฟ้าเข้าขั้วไฟฟ้าโพรบ 6 กิโลโวลต์ และขั้วไฟฟ้าโฟกัส 4.5 กิโลโวลต์ แล้วก็เริ่มจ่ายไฟฟ้าเข้าท่อเร่งอนุภาคให้มีค่าสูงสุดคงที่ตลอดเวลา แล้วเริ่มเพิ่มศักย์ไฟฟ้าให้กับแหล่งกำเนิดไอออนเพื่อให้ได้กระแสภายนอกน้อยที่สุดไปยังค่าที่มากที่สุด แล้ววัดค่าต่าง ๆ ออกมาดังตารางที่ 5.9

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.9 แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างกระแสของแหล่งกำเนิดไอออน กับกระแสที่ได้จากลำของอนุภาคที่ถูกเร่ง

กระแสไฟฟ้าที่ให้กับแหล่งกำเนิดไอออน (มิลลิแอมแปร์)	กระแสไฟฟ้าที่ได้จากลำอนุภาคโปรตอน (ไมโครแอมแปร์) กระทบถ้วยของฟาราเดย์
1	130
2	150
3	180
4	200
5	200
6	200
7	200
8	200
9	200
10	200

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสของลำอนุภาคที่ชนกับฟาราเดย์คัพคอลเลคเตอร์กับกระแสไฟฟ้าจากวงจรภายนอกของแหล่งกำเนิดไอออน

จากตารางที่ 5.9 และรูปที่ 5.10 ได้ผลดังต่อไปนี้

จากรูปที่ 5.10 พบว่าระยะแรกที่เพิ่มกระแสวงจรภายนอกให้กับแหล่งกำเนิดไอออนโดยการจ่ายไฟฟ้าเข้าขั้วไฟฟ้าแอโนดและคาโธดของแหล่งกำเนิดไอออนแล้วจะทำให้ค่ากระแสของลำไอออนที่เป็นโปรตอนที่ถูกเร่งเพิ่มขึ้นเรื่อยจนกระทั่ง 200 ไมโครแอมแปร์ จะมีค่าคงที่ตลอด ถึงแม้ว่าจะเพิ่มกระแสไฟฟ้ากับวงจรภายนอกให้กับแหล่งกำเนิดไอออนให้มากขึ้นก็ตาม จากรูปที่ 5.10 จะเห็นว่าเมื่อกระแสวงจรภายนอกเป็น 4 มิลลิแอมแปร์ จะทำให้กระแสของลำอนุภาคที่ถูกเร่งมีค่าเป็น 200 ไมโครแอมแปร์ และถ้าเพิ่มกระแสวงจรภายนอกมากขึ้นไปอีกก็จะทำให้กระแสของลำของอนุภาคที่ถูกเร่งมีค่าเป็น 200 ไมโครแอมแปร์เท่าเดิม

5.6 ผลการทดลองแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ที่ใช้กับขั้วไฟฟ้าคาโธดและแอโนดของแหล่งกำเนิดไอออนกับกระแสของลำอนุภาคโปรตอนที่เร่งมาชนกับถ้วยของฟาราเดย์

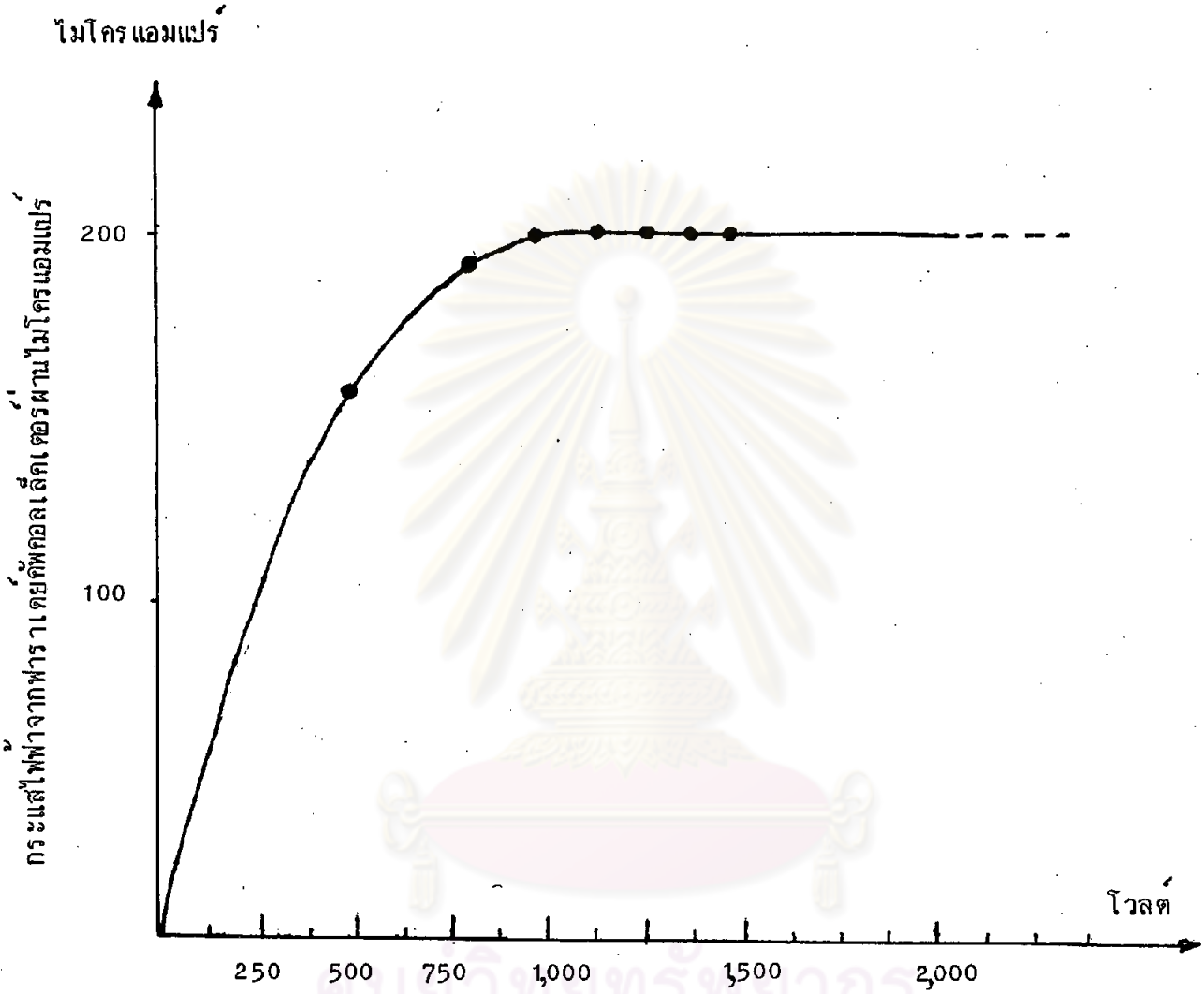
การทดลองนี้เหมือนกับการทดลองในหัวข้อที่ 5.3.1 โดยเปลี่ยนจากการวัดกระแสของแหล่งกำเนิดไอออนเป็นการวัดศักย์ไฟฟ้าระหว่างขั้วไฟฟ้าคาโธดกับแอโนดแทน ซึ่งมีค่าที่วัดได้ดังตารางที่ 5.10 และเมื่อนำเอาข้อมูลในตารางที่ 5.10 ไปเขียนกราฟจะได้รูปกราฟเป็นดังรูปที่ 5.9

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.10 แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างคาโธดกับแอโนดของแหล่งกำเนิดไอออนกับกระแสของลำอนุภาคที่ถูกเร่งไปชนกับถ้วยฟาราเดย์(Faraday's cup collector)

กระแสของลำอนุภาคที่ถูกเร่ง (ไมโครแอมแปร์)	ศักย์ไฟฟ้าที่ให้กับขั้วไฟฟ้าคาโธดกับแอโนดของแหล่งกำเนิดไอออน (โวลต์)
130	329.6
150	588.6
180	784.8
200	915.6
200	1046.4
200	1275.3
200	1504.2
200	1635.0
200	1798.5
200	1962.0

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ศักย์ไฟฟ้าที่ให้กับขั้วไฟฟ้าคาโธดและแอโนดของแหล่งกำเนิดไอออน

รูปที่ 5.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสจากการชนของอนุภาคกับฟาราเดย์คัพคอลเล็คเตอร์กับค่าความต่างศักย์ของขั้วไฟฟ้าคาโธดและแอโนดที่แหล่งกำเนิดไอออน

จากตารางที่ท 5.10 และรูปที่ 5.11 ได้ผลดังต่อไปนี้

จากรูปที่ 5.11 พบว่ากระแสของอนุภาคโปรตอนที่ถูกเร่งจะมีค่าคงที่ตลอดไป ตั้งแต่ศักย์ไฟฟ้าของขั้วไฟฟ้าคาโธดกับแอโนดมีค่าตั้งแต่ 915.6 โวลต์ เป็นต้นไป แต่ระยะแรกนั้นการเพิ่มของกระแสของลำอนุภาคโปรตอนก็ยังเพิ่มขึ้นตามค่าศักย์ไฟฟ้าของขั้วไฟฟ้าแอโนดกับขั้วไฟฟ้าคาโธดของแหล่งกำเนิดไอออนอยู่ จนมีค่าคงที่เมื่อศักย์ไฟฟ้าของขั้วไฟฟ้าคาโธดกับแอโนดมีค่า 915.6 โวลต์ กระแสจะมีค่าคงที่ตลอดไปจนกระทั่งขั้วไฟฟ้าที่สองมีค่าสูงสุด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย