หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

บทที่ 5

การออกแบบอุปกรณ์รวมแสง

การออกแบบอุปกรณ์รวมแสงต้องคำนึงถึงน้ำหนัก และความแข็งแรงของโครงสร้างอุปกรณ์รวมแสง ต้องพิจารณาถึงราคา ความคงทนต่อสภาพดินฟ้าอากาศและประสิทธิภาพ โดยทั่วไปแล้วโครงสร้างของอุปกรณ์รวมแสงนั้นควรทำให้มีน้ำเบา เพื่อสะดวกในการโยกย้ายและประกอบติดตั้ง ทั้งนี้ยังช่วยลดปัญหาทางกล

ในบทนี้กล่าวถึงการเลือกใช้วัสดุสะท้อนแสง การออกแบบโครงสร้าง และการกระจายของแสงอาทิตย์ที่จุดโฟกัสทางทฤษฎีที่คาดว่าจะได้ นอกจากนั้นยังรวมถึงราคาวัสดุที่ใช้สร้างอุปกรณ์รวมแสงทั้งสองแบบ คือ แบบทรงกระบอกพาราโบลิกและแบบจานรวมแสงพาราโบลอยดัล

<u>การเลือกใช้วัสดุสะท้อนแสง</u>

ประสิทธิภาพของอุปกรณ์รวมแสงนั้นขึ้นอยู่กับสัมประสิทธิการสะท้อนแสง จากผลการทดลองหาคุณสมบัติวัสดุในบทที่ 4 ปรากฏว่าวัสดุที่มีสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงค่อนข้างสูง เช่น กระจกเงา และอโนดไดซ์อลูมิเนียม ในการออกแบบได้เลือกอโนดไดซ์อลูมิเนียม เนื่องจากอโนดไดซ์อลูมิเนียมมีน้ำหนักเบา ประกอบได้ง่ายและราคาถูกกว่ากระจกเงาสามเท่า ถึงแม้ว่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของอโนดไดซ์อลูมิเนียมจะต่ำกว่ากระจกเงา แต่กระจกเงามีราคาสูงกว่าและอาจมีปัญหาดังนี้

1. การเคลือบกระจกเงาที่ทำอยู่ในปัจจุบันเป็นอุตสาหกรรมครัวเรือน คุณภาพของการเคลือบกระจกเงาไม่ดีเท่าที่ควร เช่น ไม่มีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นของอากาศในขณะทำการเคลือบ สีที่ทาทับหลังกระจกเงาเป็นสีรองพื้นราคาถูกลอกง่าย ดังนั้นจำเป็นต้องเคลือบวัสดุที่มีคุณสมบัติกันความชื้นทับอีกครั้งเพื่อให้ทนต่อสภาพดินฟ้าอากาศ

2. กาวที่ใช้ทากระจกเงาติดกับโครงสร้างอุปกรณ์รวมแสงต้องใช้กาวที่มีสัมประสิทธิ์การ

ขยายตัว เท่ากับสัมประสิทธิการขยายตัวกระจก มิฉะนั้นแล้วกระจกเงาอาจบิดและแตกในภายหลัง

3. การประกอบกระจกเงาต้องระมัดระวังเป็นอย่างมาก และการโค้งกระจกให้ได้ส่วนโค้งตามต้องการนั้นต้องเสียค่าใช้จ่ายสูง

<u>การออกแบบอุปกรณ์รวมแสง</u>

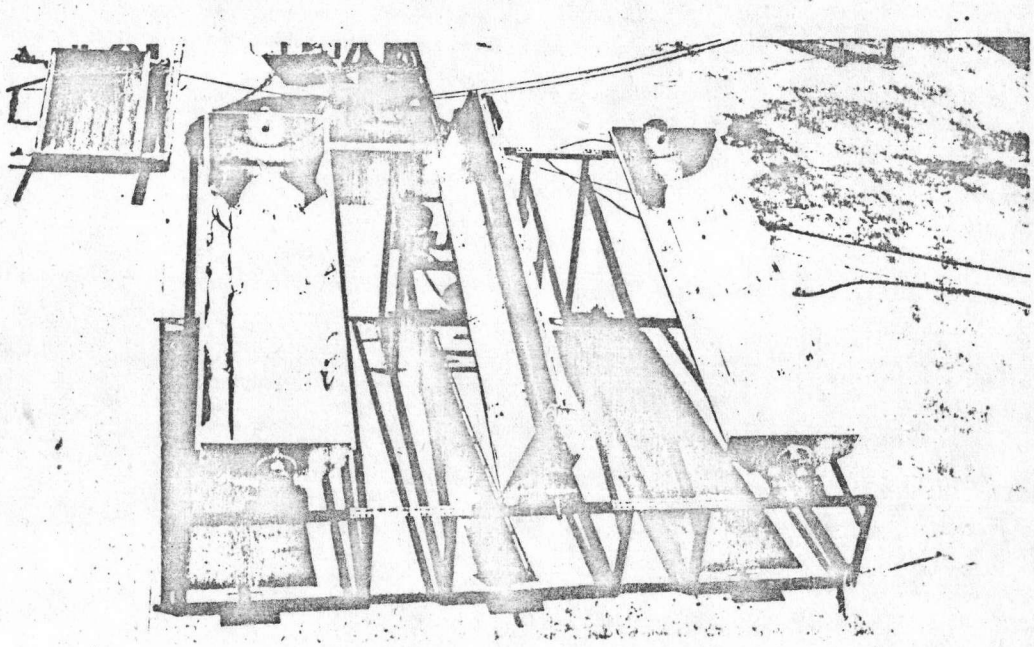
การศึกษาคุณสมบัติของอุปกรณ์รวมแสงได้ดำเนินการออกแบบไว้สองรูปแบบ

1. รางรวมแสงแบบพาราโบลิกขนาด 1กิโลวัตต์ความร้อน สมการที่ใช้ออกแบบรางรวมแสงใช้สมการพาราโบลา

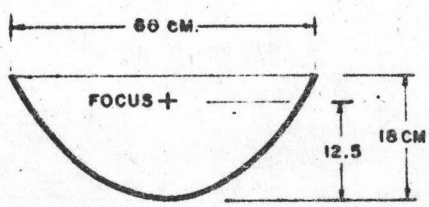
$$y = \frac{1}{50}x^2$$

โดยกำหนดความยาวโฟกัส f = 12.5

โครงสร้างทำด้วยท่อเหล็กบางขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 12.5 ม.ม. ประกอบเป็นรูปทรงกระบอกพาราโบลิกเพื่อจับยึดแผ่นสะท้อนแสง แต่ละรางประกอบด้วยแผ่นอลูมิเนียมอโนด – ไดซ์สี่แผ่น ขอบรางเรียบสามารถใช้แผ่นกระจกครอบปิดได้ ที่ตำแหน่งโฟกัสติดตั้งท่อทองแดงขนาดเส้นผ่าศูนกลาง 25.4 ซม. ซึ่งทำผิวดำแบบ non-selective เพื่อดูดกลืนแสงอาทิตย์และให้ความร้อนกับของเหลวภายในท่อ รางรวมแสงสามารถหมุนตามดวงอาทิตย์ได้โดยการหมุนของเฟืองซึ่งเชื่อมติดไว้ที่แกนของราง โดยที่แกนรวมแสงสวมอยู่ข้างในแกนหมุนของราง ซึ่งทำมุมกับระนาบพื้นดินเป็นมุมยก 15 องศาทางทิศในแนวเหนือใต้(ขนานกับแกนหมุนของโลก) ทั้งระบบวางบนโครงสร้างซึ่งสามารถติดดวงอาทิตย์ในแนวตะวันออกตะวันตกตลอดเวลา ระบบทั้งหมดขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ที่ใช้ไฟฟ้ากระแสสลับ ทำการหดเฟืองหกขั้นได้ความเร็วรอบของรางทั้งสามเท่ากับหนึ่งรอบต่อชั่วโมงดังรูป 5.1 และรูป 5.2 แสดงรางรวมแสงสามชุดที่มีขนาดเท่ากัน



รูป 5.1 รางรวมแสงแบบพาราโบลิกทั้งสาม



รูป 5.2 ภาพตัดขวางรางรวมแสง

ก. ขนาดและน้ำหนักของรางรวมแสง

รางรวมแสงอาทิตย์ขนาดกว้างxยาว	60 x 240	ซม
พื้นที่รับแสง	1.44	ตารางเมตร
พื้นที่สะท้อนแสง	1.74	ตารางเมตร
น้ำหนักของราง	30	ก.ก

ข. ค่าใช้จ่ายในการสร้างอุปกรณ์

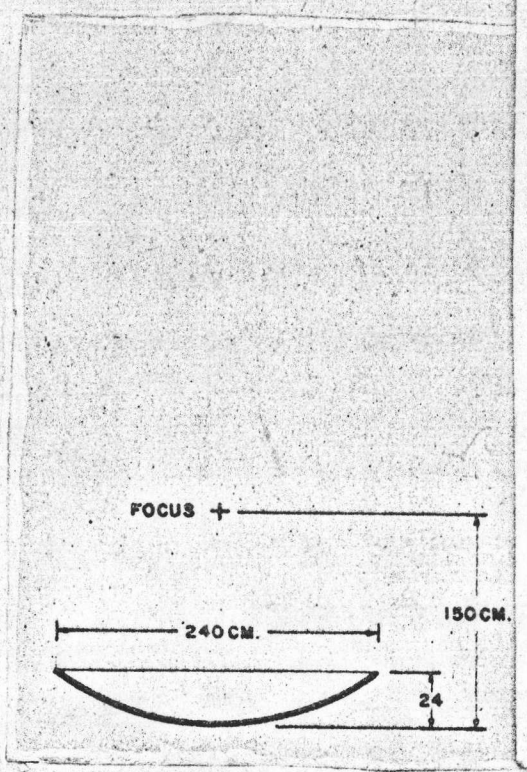
1. ราคาโครงสร้างรางรวมแสงทั้งสามรางเป็นเงิน 1,189.50 บาท
2. ราคาอลูมิเนียมอโนดไดซ์เป็นเงิน 1,152.00 บาท
3. ราคาระบบขับเคลื่อนเป็นเงิน 7,360.00 บาท

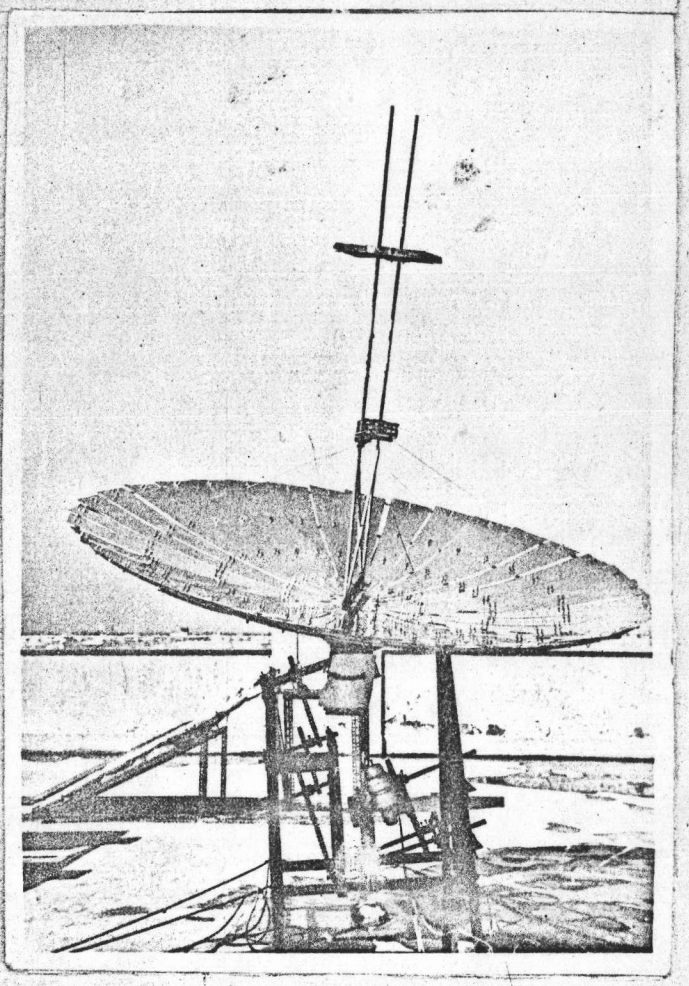
2. จานรวมแสงแบบพาราโบลอยดัลขนาด 4 กิโลวัตต์ความร้อน สมการที่ใช้ออกแบบจานรวมแสงใช้สมการพาราโบลา

$$y = \frac{1}{6}x^2$$

โดยกำหนดความยาวโฟกัส = 1.5 เมตร

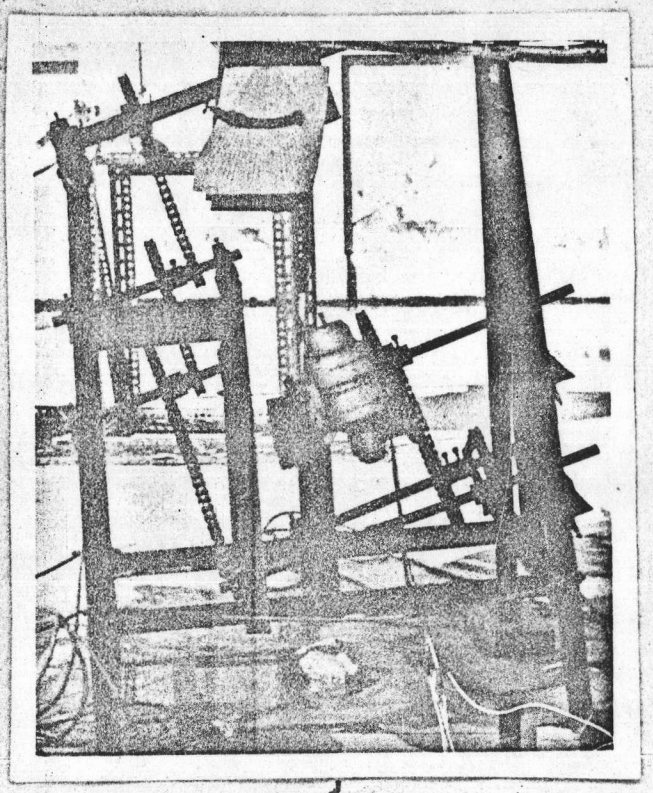
โครงสร้างทำด้วยท่อเหล็กบางเส้นผ่าศูนย์กลาง 12.5 ม.ม. ประกอบเป็นรูปพาราโบลอยดัลเพื่อจับยึดแผ่นสะท้อนแสงอโนดไดซ์อลูมิเนียมจำนวน 34 ชิ้น ในการสร้างจำเป็นต้องมีแกนหมุนสองแกนเพื่อติดตามดวงอาทิตย์ตลอดเวลา โดยแกนที่หนึ่งอยู่ในแนวเหนือใต้ทำมุมยกกับแนวราบทางทิศเหนือ 15 องศา ซึ่งแกนนี้จะทำให้จานรวมแสงเคลื่อนที่ในระนาบตะวันออกตะวันตก ส่วนแกนที่สองอยู่ในแนวตะวันออกตะวันตกใช้ปรับจานรวมแสงตามค่ามุมเดคไคลเนชั่น(ดูภาคผนวก ก) รูป 5.3และรูป 5.4 แสดงภาพจานรวมแสงแบบพาราโบลอยดัลและระบบขับเคลื่อน ระบบทั้งหมดขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์กระแสสลับทำการหดเฟือง 6 ชั้นได้ความเร็วรอบของจานรวมแสงหนึ่งรอบต่อชั่วโมง





รูป 5.3 จานรวมแสงแบบพาราโบลอยดัลและภาพตัดขวาง

1173469X



รูป 5.4 ระบบขับเคลื่อนของจานรวมแสง

ก. ขนาดและน้ำหนักของจานรวมแสง

จานรวมแสงอาทิตย์ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง	240	ซม
พื้นที่รับแสง	4.5	ตารางเมตร
พื้นที่แผ่นสะท้อนแสง	4.7	"
น้ำหนักของจานรวมแสง	50	ก.ก.

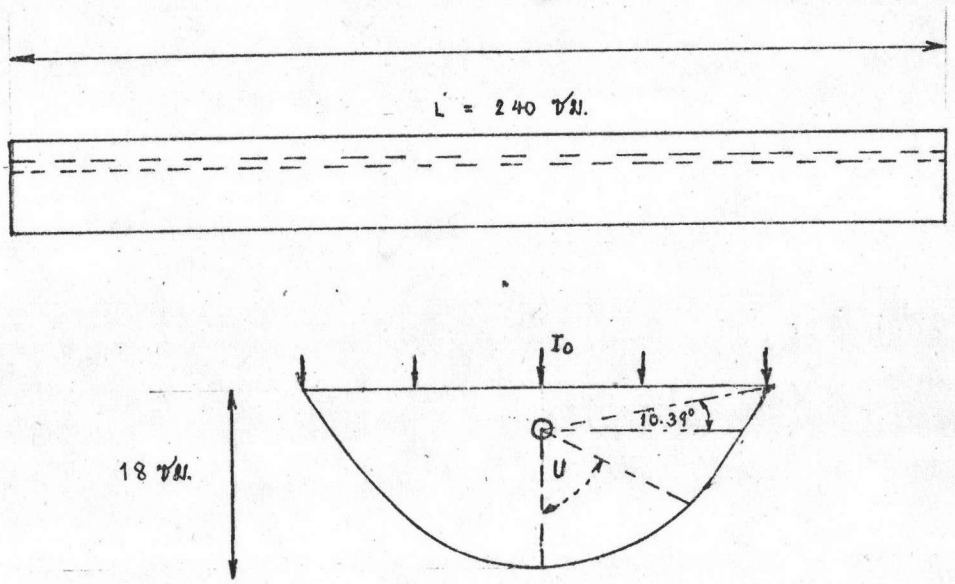
ข. ค่าใช้จ่ายในการสร้างอุปกรณ์

1. ราคาโครงสร้างจานรวมแสงเป็นเงิน	500	บาท
2. ราคาอลูมิเนียมอโนดไดซ์เป็นเงิน	1,045	บาท
3. ราคาระบบขับเคลื่อนเป็นเงิน	4,010	บาท

<u>การหาการกระจายความเข้มแสงอาทิตย์ที่จุดโฟกัสของอุปกรณ์ทางทฤษฎี</u>

การวิเคราะห์การกระจายความเข้มแสงอาทิตย์ของอุปกรณ์รวมแสงทั้ง 2 แบบ

1. อุปกรณ์รวมแสงแบบพาราโบลิก ซึ่งมีความยาวโฟกัส 12.5 ซม, ยาว 2.4 เมตร และเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อ 2.5 ซม ดังรูป 5.5



รูป 5.5 ภาพแสดงการรวมแสงของราง

จากสมการ(4.4) $\frac{I'}{I_0} = \frac{2f}{r'(1+\cos U)}$

อลูมิเนียมอโนดไดซ์(บทที่3) $\rho = 0.835$

$r' = 1.25$ ซม

$f = 12.5$ ซม

จะได้ $\frac{I'}{I_0} = \frac{16.7}{1+\cos U}$

กรณีที่ $-90^\circ \leq U \leq 90^\circ$ ผิวท่อได้รับแสงที่สะท้อนจากแผ่นอลูมิเนียมอโนด์ไดซ์อย่างเดียว

จะได้ $\frac{I'}{I_0} = \frac{16.7}{1+\cos U^\circ}$

กรณีที่ $90^\circ < U \leq 100.39^\circ$ และ $-100.39^\circ \leq U < -90^\circ$ ผิวท่อได้รับแสงจากแสงสะท้อนจากแผ่นอลูมิเนียมอโนดไดซ์ และแสงอาทิตย์โดยตรง

ดังนั้น $I' = \frac{16.7 I_0}{1+\cos U} + \cos(180 - U)$

จะได้ $\frac{I'}{I_0} = \frac{16.7}{1+\cos U} + \cos(180 - U)$

กรณี $U > 00.39^\circ$ และ $U < -100.39^\circ$ ผิวท่อได้รับแสงอาทิตย์โดยตรง

จะได้ $\frac{I'}{I_0} = \cos(180 - U)$

ตารางที่ 5.1 แสดงค่า $\frac{I'}{I_0}$ ที่มุม U ต่างๆรอบท่อขนาด 2.54 ซม.

U(องศา)	I'/I_0	U(องศา)	I'/I_0
0	8.35	±110	1.34
±10	8.41	±120	0.5
±20	8.41	±130	0.64
±30	8.95	±140	0.77
±40	9.46	±150	0.87
±50	10.17	±160	0.94
±60	11.13	±170	0.99
±70	12.44	±180	1.00
±80	14.23		
±90	16.70		
±100	20.39		

รูป 5.6 แสดงกราฟของอัตราส่วนความเข้มของแสงที่ผิวท่อ

2. อุปกรณ์รวมแสงแบบพาราโบลอยดัล ซึ่งมีความยาวโฟกัส 1.5 เมตรและเส้นผ่าศูนย์กลางพื้นที่รับแสง 2.4 เมตร และ f = 24 ซม

จากสมการ(4.8) $\frac{I'}{I_0} = \frac{\rho(\sin^2 U_1 - \sin^2 V)}{\tan^2 16'}$

$\therefore$ $U_1 = \tan^{-1}\left(\frac{1.5-.24}{2.4}\right)$

$= 43.6$ องศา

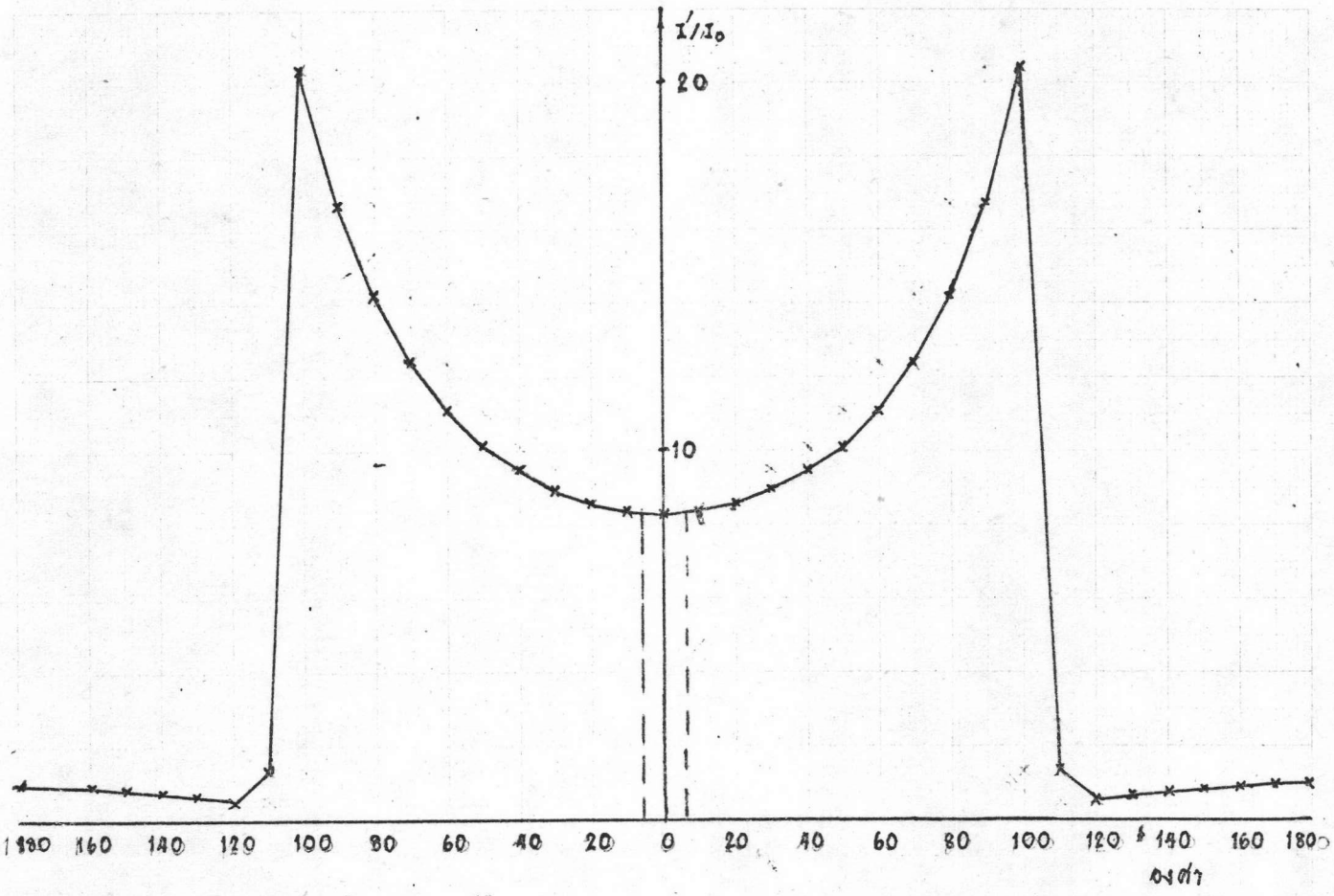
จะได้ $\frac{I'}{I_0} = \frac{0.835(\sin^2 43.6^\circ - \sin^2 V)}{\tan^2(16')}$

จะได้ $b_1 = 2r\tan 16' \sec U$

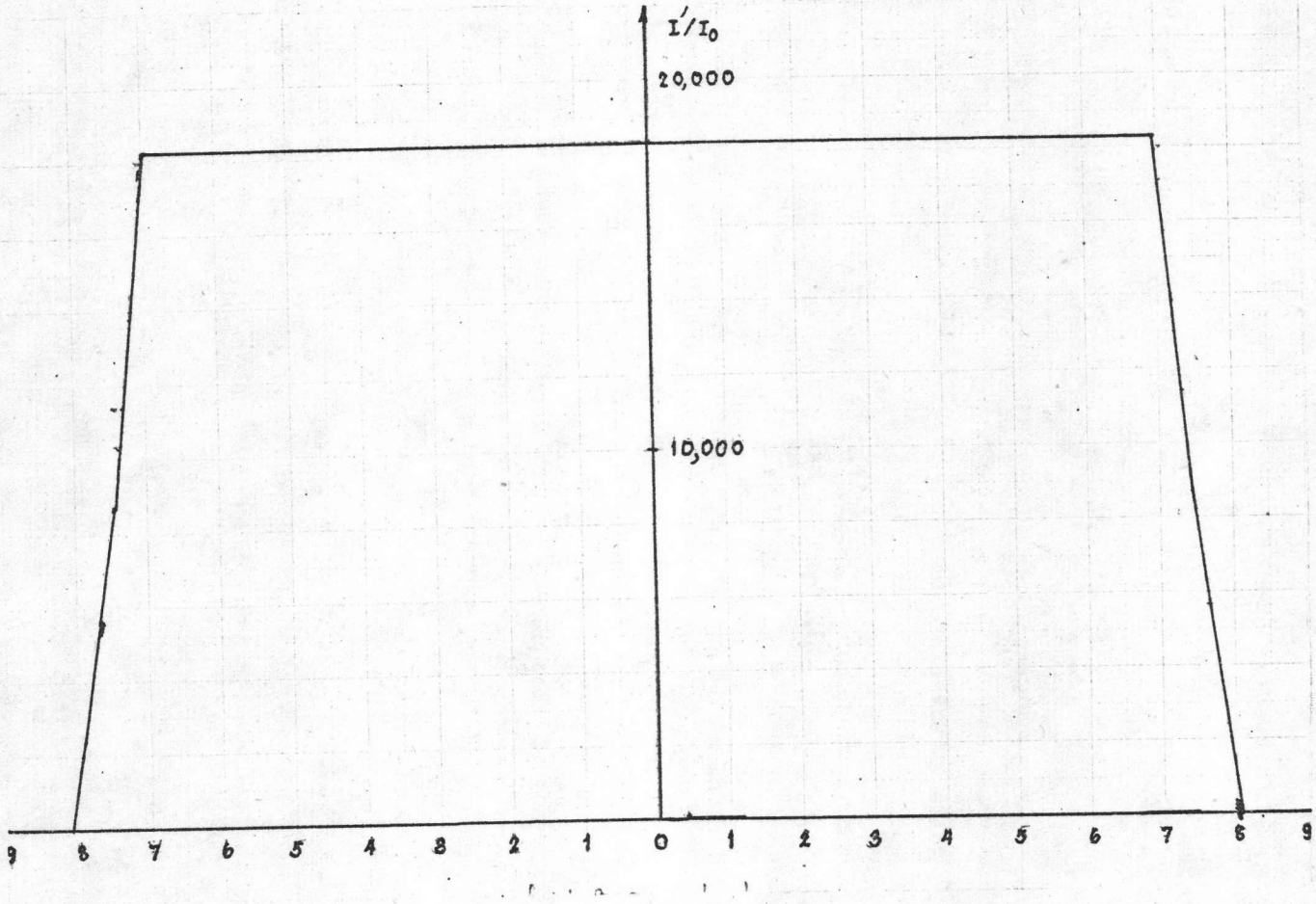
ตาราง 5.2 แสดงค่า $\frac{I'}{I_0}$ และ b_1 ที่มุม V ต่างๆ

V(องศา)	b_1 (ซม.)	I'/I_0
0	6.97	18,299
± 5	6.99	18,007
± 10	7.05	17,139
± 15	7.1	15.722
± 20	7.2	13,798
± 25	7.32	11,427
± 30	7.42	8,680
± 40	7.9	2,401
± 43.6	8.09	0

รูป 5.7 แสดงกราฟของอัตราส่วนความเข้มรังสีบนแผ่นรับรังสี



รูป 5.6 การกระจายความเข้มรังสีควงอาทิตย์รอบท่อขนาด 2.54 ซม.ของรางรวมแสง



รูป 5.7 การกระจายความเข้มรังสีควงอาทิตย์บนพื้นระนาบตั้งฉากกับแกนของจานรวมแสงผ่านจุดโฟกัส