บทที่ ๑

บทนำ

หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

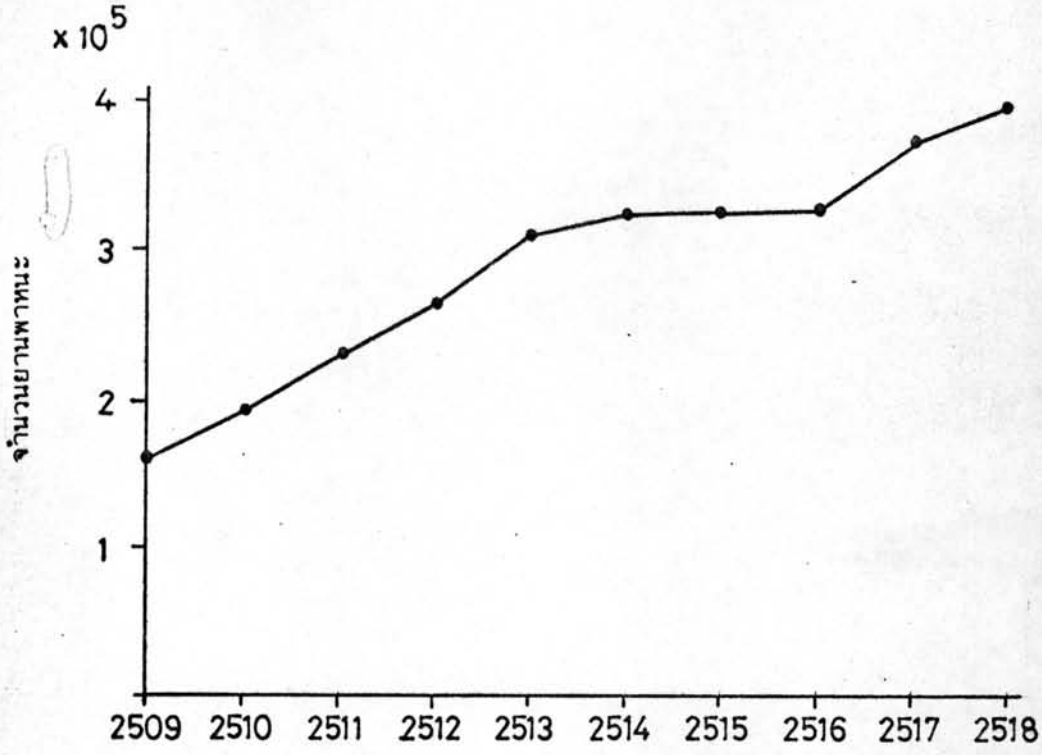
๑.๑ ความเป็นมาของปัญหา

การให้แสงสว่างบนท้องถนนในตอนกลางคืนได้รับการพัฒนาและเล็งเห็นความสำคัญมาช้านาน การศึกษาวิจัยเกี่ยวกับความสามารถในการมองเห็นของตาและเกี่ยวกับด้านแสงสว่างได้ดำเนินกันเรื่อยมา เพื่อให้ได้สภาพการมองเห็นที่เหมาะสมที่สุด งานด้านไฟสาธารณะส่วนใหญ่จึงเป็นเรื่องของการพัฒนาหลอดไฟฟ้า โคมไฟฟ้า การออกแบบไฟถนน การให้แสงสว่างบนพื้นถนน ทั้งนี้เพื่อความสะดวกในการมองเห็น ความปลอดภัยของผู้ขับขี่ยานพาหนะ และยังเป็นการเพิ่มความคล่องตัวของการจราจร

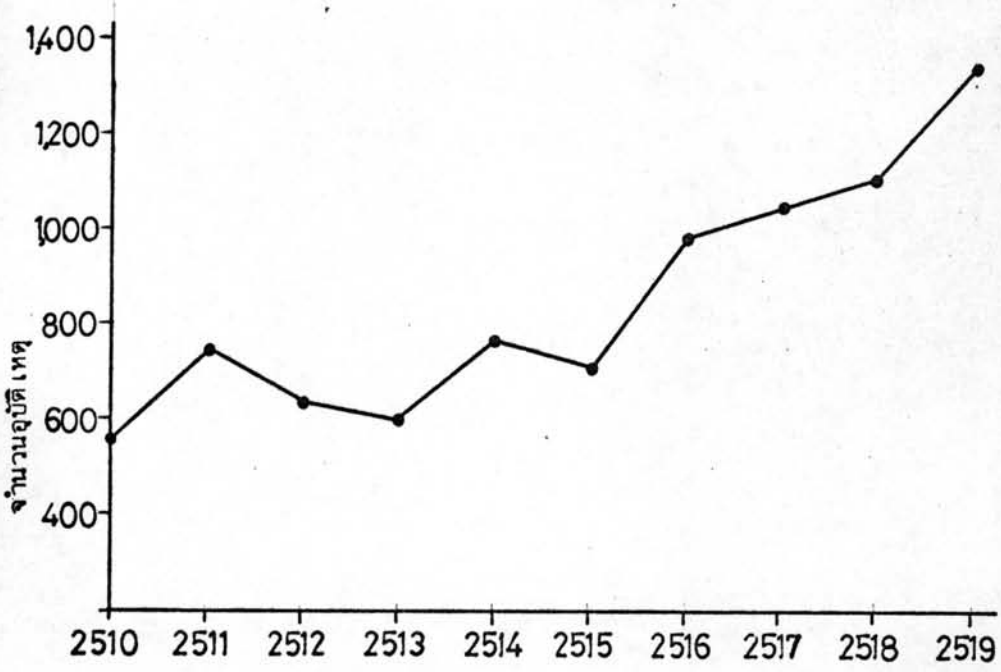
จากสถิติที่ได้มาจากกองตำรวจทางหลวง จะเห็นว่าจำนวนยานพาหนะที่จดทะเบียนในกรุงเทพมหานครได้เพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ ดูกราฟเปรียบเทียบจำนวนยานพาหนะที่จดทะเบียนในแต่ละปี จากปี พ.ศ. ๒๕๐๘ - ๒๕๑๘ ดูกราฟ ๑.๑ นอกจากนี้จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นในตอนกลางคืน ระหว่างเวลา ๑๘.๐๐ - ๐๖.๐๐ น. ก็มีแนวโน้มสูงขึ้นเรื่อยๆ ดูกราฟ ๑.๒ ในเมืองใหญ่ๆ ทั่วไป เวลาจราจรคับคั่งตอนหนึ่ง มักเป็นเวลาตอนพลบค่ำซึ่งเป็นช่วงเวลาที่เลิกงาน ผู้คนต่างพากันกลับบ้าน คุณภาพของแสงไฟถนนในช่วงนี้จึงมีความสำคัญมาก ไฟถนนที่ดีจะไม่ทำให้สายตาเมื่อยล้าเร็ว เพิ่มความสะดวกปลอดภัยบนท้องถนน และทำให้เกิดความคล่องตัวของจราจรบนท้องถนน

๑.๒ ความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันนี้ คุณภาพของแสงไฟที่ติดตั้งบนถนน เรากำหนดด้วยค่าความสว่างของแสง



กราฟรูป 1.1 จำนวนยานพาหนะที่จดทะเบียนในกรุงเทพมหานคร (สถิติกรมทางหลวง)



กราฟรูป 1.2 จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดในช่วงเวลากลางคืน (๑๘.๐๐ - ๒๑.๐๐ น.)

บนพื้นถนน ค่าความส่องสว่างของแสงไฟถนนโดยทั่วไปเรากำหนดตามความสำคัญของถนนและปริมาณของยวดยานที่ใช้ถนนนั้นๆ ต่อชั่วโมง การออกแบบทางด้านแสงสว่างจึงเป็นการคำนวณค่าความสว่างของแสงที่ตกบนพื้นถนนให้ได้ตามที่กำหนดไว้ อย่างไรก็ตาม เป็นที่ทราบดีว่าลักษณะการมองเห็นที่ดีและความปลอดภัยของผู้ขับขี่ยวดยานไม่ได้ขึ้นกับระดับความสว่างมากน้อยของแสงไฟเพียงอย่างเดียว แต่จะขึ้นกับคุณสมบัติการสะท้อนแสงของพื้นถนนด้วย เช่น ผิวคอนกรีตขาวจะให้ค่าความส่องสว่างมากกว่าพื้นยางมะตอยดำที่แสงตกเท่าๆ กันหรือความสว่างเท่ากัน เรามีทางเดียวที่จะคำนวณหาค่าความส่องสว่างได้ คือต้องรู้คุณสมบัติการสะท้อนแสงของพื้นผิวนั้นๆ วิทยานิพนธ์นี้จึงเป็นการศึกษาหาคุณสมบัติในการสะท้อนแสงของพื้นผิวถนน เพื่อเป็นการจัดประเภทของพื้นผิวถนนและใช้ในการคำนวณค่าความส่องสว่างที่มองเห็น

๑.๓ วัตถุประสงค์และขอบเขตของการวิจัย

ดังที่ทราบมาแล้วว่า ค่าความส่องสว่างที่มองเห็นย่อมขึ้นกับคุณสมบัติการสะท้อนแสงของพื้นผิว ความสามารถในการสะท้อนแสงนี้ก็ขึ้นกับชนิดและสภาพของพื้นผิว การวิจัยนี้จึงเป็นการวัดและศึกษาคุณสมบัติในการสะท้อนแสงที่มุมต่างๆ ของพื้นผิวถนนที่ใช้กันทั่วๆ ไป ๓ ประเภทใหญ่ๆ ซึ่งจะทำการวัดทั้งในสภาพแห้งและเปียก โดยใช้แสงจากหลอดไฟถนนทั่วๆ ไป ๒ ชนิด คือ หลอดไอโซเดียมความดันสูงขนาด ๒๕๐ วัตต์ และหลอดไอปรอทความดันสูงขนาด ๒๕๐ วัตต์ จากค่าที่วัดได้นี้จะนำไปคำนวณหาค่าความสะท้อนแสงและค่าความมันของพื้นผิว และนำไปคำนวณหาค่าความส่องสว่าง ในที่นี้ได้เลือกพื้นคอนกรีตเป็นตัวอย่างในการคำนวณค่าความส่องสว่าง พื้นคอนกรีตนี้ได้ให้ความสว่างด้วยโคมไฟหลอดไอโซเดียมความดันสูง ๔๐๐ วัตต์บนเสาสูง ๑๔ เมตร และได้เลือกตอนหนึ่งของถนนรัชดาภิเษกเป็นตัวอย่างจริงในการวัดเทียบ เพราะถนนดังกล่าวถูกให้ความสว่างแบบเดียวกับที่เราศึกษาไว้ นอกจากนี้ได้มีการถ่ายภาพของแสงไฟถนนในช่วงนี้เป็นภาพสไลด์ขาวดำ แล้วนำไปตรวจวัดคุณภาพของแสงไฟและลักษณะของโคมไฟที่ติดตั้งในห้องทดลอง สำหรับการวัดค่าความส่องสว่างจากภาพถ่ายสไลด์นั้น ใช้วัดจุดอื่นๆ เทียบกับจุดที่เราทราบค่าความส่องสว่างจริงในภาพสไลด์นั้น

๑.๔ การดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาและดำเนินการเป็นขั้นตอนตามลำดับดังนี้ คือ

๑.๔.๑ ทำการศึกษาลักษณะของแสงไฟ โคมไฟที่ติดตั้งบนถนน และชนิดของพื้นผิวถนนที่ใช้กันโดยทั่วไป

๑.๔.๒ ออกแบบและสร้างเครื่องสำหรับวัดการสะท้อนแสงของผิวถนนตัวอย่าง เพื่อใช้วัดในห้องทดลองโดยเครื่องวัดสามารถปรับทิศทางของแสงตก และทิศทางของผิวถนนที่มองเห็นเช่นเดียวกับที่เห็นจริงบนถนน เครื่องวัดสามารถวัดการสะท้อนแสงของตัวอย่างในทิศต่างๆ

๑.๔.๓ จัดหาตัวอย่างพื้นผิวถนนที่ต้องการวัดและศึกษา ซึ่งตัวอย่างพื้นผิวถนนทั้ง ๓ ประเภทที่ใช้ในการทดลองนี้ได้รับความอนุเคราะห์จากกองวิเคราะห์และวิจัย กรมทางหลวง

๑.๔.๔ นำตัวอย่างทั้ง ๓ นี้มาวัดค่าความสะท้อนแสง โดยวัดและจดค่าความส่องสว่างที่มองเห็นจากผิวตัวอย่าง และค่าความส่องสว่างของแสงที่ตกบนพื้นตัวอย่าง ได้ทำการทดลองวัดทั้งในสภาพแห้งและเปียก โดยใช้แสงจากหลอดไฟถนน ๒ ชนิด คือ หลอดไอโซเดียมความดันสูง ๒๕๐ วัตต์ และหลอดไอปรอทความดันสูง ๒๕๐ วัตต์

๑.๔.๕ นำผลที่ได้จากการวัดในข้อ ๑.๔.๔ ไปคำนวณค่าความสะท้อนแสงและค่าความมันของผิวตัวอย่างทั้งในสภาพแห้งและเปียก นำค่าไปใช้คำนวณค่าความส่องสว่างของพื้นผิวคอนกรีตซึ่งให้แสงสว่างโดยโคมไฟหลอดไอโซเดียมความดันสูงขนาด ๔๐๐ วัตต์ บนเสาสูง ๑๔ เมตร

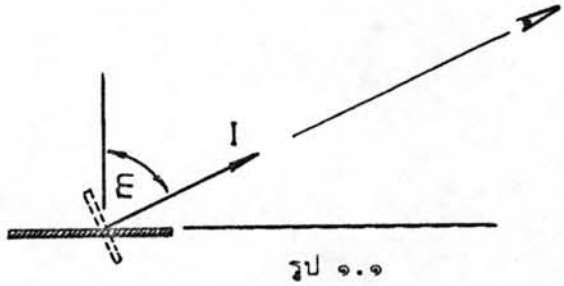
๑.๔.๖ ถ่ายภาพสไลด์ขาวดำของไฟถนนรัชดาภิเษกตอนหนึ่งซึ่งเลือกไว้ใช้ในการศึกษา จากภาพฉายจากสไลด์ในห้องทดลอง สามารถวัดค่าความส่องสว่างที่จุดต่างๆ และตรวจคุณภาพของแสงไฟที่มองเห็นได้ โดยการวัดสอบเทียบกับจุดในภาพสไลด์ที่ได้วัดค่าความส่องสว่างมาแล้ว ณ ที่ติดตั้งไฟฟ้าแสงสว่างจริงๆ

๑.๕ ประโยชน์ที่ได้จากการวิจัย

การออกแบบทางด้านแสงสว่างของไฟถนนในปัจจุบันนี้ เป็นการหาค่าความสว่างของแสงไฟที่ตกบนพื้นถนน เรามักมิได้คำนึงถึงความสามารถในการสะท้อนแสงของผิวถนนมากนัก ความจริงคุณสมบัติข้อนี้ก็เป็นปัจจัยสำคัญอันหนึ่งที่สามารถกำหนดค่าความส่องสว่าง คุณภาพของแสง และยังอาจช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายในการติดตั้งและค่าไฟถนนได้ จากการศึกษาในเรื่องนี้ จะเป็นแนวทางในการเลือกวัสดุที่ใช้ทำผิวถนนให้เหมาะสม เพื่อความสะดวกในการมองเห็น ความประหยัดทางเศรษฐกิจ และยังเป็นแนวทางในการออกแบบให้ความสว่างแก่พื้นถนนชนิดต่างๆ กัน ผลที่ได้จากการวัดนี้ยังนำไปใช้คำนวณค่าความส่องสว่างของพื้นถนนแต่ละชนิดได้ การใช้ภาพถ่ายสไลด์ช่วยในการตรวจสอบลักษณะของโคมไฟ และวัดคุณภาพของแสงไฟที่มองเห็น ณ ที่จุดต่างๆ ซึ่งเป็นการสะดวกคุ้มค่า และปลอดภัยกว่าการออกไปวัดที่สนามจริงๆ สรุปได้ว่าการศึกษานี้เป็นแนวทางแบบใหม่ซึ่งอาจจะใช้ในการออกแบบแสงไฟถนน เพื่อเพิ่มความสะดวกในการมองเห็น ให้ความปลอดภัยแก่ผู้ขับขี่ยวดยานพาหนะ เป็นการลดอุบัติเหตุบนท้องถนนและช่วยในการถ่ายเทยานพาหนะบนท้องถนนให้คล่องตัวมากขึ้นในตอนกลางคืน

๑.๖ นิยามของค่าต่างๆ

๑.๖.๑ <u>ความส่องสว่าง</u> (luminance) การกำหนดค่าความส่องสว่าง ณ จุดบนพื้นผิวแห่งหนึ่งในทิศทางที่กำหนด หมายถึงเป็นค่าความเข้มแห่งการส่องสว่างในทิศทางที่มองของพื้นผิวย่อยนั้น หารด้วยพื้นที่ของส่วนย่อยนั้นที่ฉายตั้งฉากไปบนระนาบซึ่งตั้งฉากกับทิศทางที่กำหนดให้



รูป ๑.๑

ถ้าให้ L เป็นความส่องสว่างในทิศทางที่มอง

I เป็นความเข้มแห่งการส่องสว่างในทิศทางที่มอง

A เป็นส่วนย่อยของพื้นผิวที่มอง

ε เป็นมุมระหว่างทิศทางที่มองกับแนวดิ่ง

จากรูป ๑.๑ ตามคำนิยามเขียนได้ดังนี้

$$L = \frac{I}{A\cos\varepsilon}$$

ค่าความส่องสว่างอาจหาได้อีกแบบหนึ่งจากผลคูณของค่าสัมประสิทธิ์ความส่องสว่าง (coefficient of luminance, q) ในทิศทางที่มองกับค่าความสว่างของพื้นผิวนั้น ซึ่งเขียนได้เป็นสมการดังนี้

$$L = qE$$

หน่วยของความส่องสว่างตามในที่นี้เป็น สติลบ์ (stilb) หรือ แอพโปสติลบ์ (apostilb) โดยกำหนดว่า

$$1 \text{ stilb} = 1 \text{ cd/cm}^2 \quad \text{หรือ} \quad 10^{-4} \text{ cd/m}^2$$

และ $$1 \text{ apostilb} = \frac{1}{\pi} \text{ cd/m}^2 \quad \text{หรือ} \quad \frac{1}{\pi} \times 10^{-4} \text{ stilb}$$

ในการวัดค่าความส่องสว่างโดยทั่วไปจะใช้ luminance meter ซึ่งจะเป็นแบบ visual comparison type เช่น Freund brightness spot meter แต่ luminance meter แบบใหม่สามารถอ่านได้โดยตรงเป็นตัวเลขเช่น digital photometer ของ TEK ที่ใช้ในการทดลองวิจัยนี้

๑.๖.๒ <u>ฟลักซ์การส่องสว่าง</u> (luminous flux) เป็นพลังงานแสงสว่างที่แผ่ออกต่อวินาทีจากแหล่งกำเนิดคลื่นแสงสว่าง เนื่องจากเป็นอัตราการแผ่ของพลังงาน จึงเป็นหน่วยกำลังฟลักซ์การส่องสว่างของแหล่งกำเนิดแสงสามารถหาได้โดยวิธีดังนี้

ก. คำนวณจากการกระจายความเข้มแห่งการส่องสว่างของแหล่งกำเนิดแสง (luminous intensity distribution of light source)

ถ้าให้ $I_{\Delta\Omega}$ เป็นความเข้มแห่งการส่องสว่างเฉลี่ยในแต่ละมุมตันเล็กๆ

$\Delta\Omega$ เป็นมุมตันย่อยๆ ที่ถูกแบ่งออก

ϕ เป็นฟลักซ์การส่องสว่างของแหล่งกำเนิดแสง

จะได้ว่า $\phi = \Sigma\ I_{\Delta\Omega}\Delta\Omega$

ข. หาได้โดยตรงจากการวัดด้วย Integrating photometer

หน่วยของฟลักซ์การส่องสว่างเป็น ลูเมน (lumen ย่อว่า lm)

โดยกำหนดว่า 1 lm = 1 cdsr.

๑.๖.๓ <u>ความเข้มแห่งการส่องสว่าง</u> (luminous intensity) คือค่าความหนาแน่นของฟลักซ์การส่องสว่างจากแหล่งกำเนิดแสงในทิศทางใดทิศทางหนึ่งซึ่งคิดต่อหน่วยมุมตัน

ถ้าให้ $d\phi$ เป็นฟลักซ์การส่องสว่างย่อยในทิศทางที่กำหนด

$d\omega$ เป็นค่ามุมตันย่อยในทิศทางของฟลักซ์ที่พุ่งออก

I เป็นค่าความเข้มแห่งการส่องสว่างในทิศทางนั้น

จะได้ว่า $$I = \frac{d\phi}{d\omega}$$

หน่วยของความเข้มแห่งการส่องสว่าง เป็น แคนเดล่า (Candela ย่อว่า cd)

โดยกำหนดว่า 1 cd = 1 lm/sr

๑.๖.๔ <u>ความสว่าง</u>(illuminance) ค่าความสว่าง ณ จุดใดจุดหนึ่งบนพื้นผิวแห่งหนึ่ง หมายถึง ค่าฟลักซ์การส่องสว่างที่ตกกระทบบนส่วนย่อยของพื้นผิวนั้น หารด้วยพื้นที่ของส่วนย่อยนั้น

ถ้าให้ E เป็นค่าความสว่าง

$d\phi$ เป็นฟลักซ์การส่องสว่างย่อยที่ตกบนพื้นผิว

dA เป็นพื้นที่ของพื้นผิวย่อยนั้น

จะได้ว่า $$E = \frac{d\phi}{dA}$$

$$E = \frac{Id\omega}{dA} \qquad (d\phi = Id\omega)$$

$$E = \frac{I}{dA}\ \frac{dA}{r^2} \qquad \left(d\omega = \frac{dA}{r^2}\right)$$

$$E = \frac{I}{r^2}$$

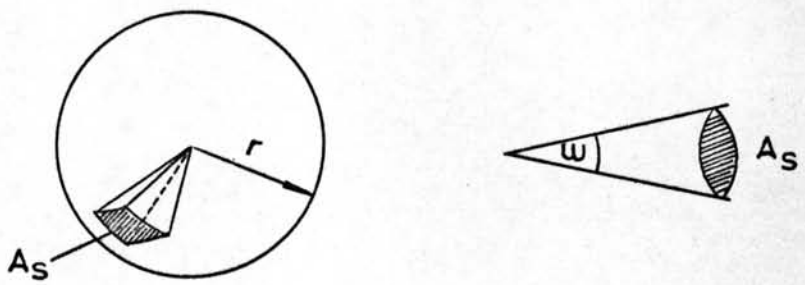
จะเห็นได้ว่า ค่าความสว่างที่จุดใดจุดหนึ่งอาจหาได้จากค่าความเข้มแห่งการส่องสว่างที่ตกบนจุดนั้นหารด้วยกำลังสองของระยะทางจากแหล่งกำเนิดแสงถึงจุดนั้น

หน่วยของความสว่างเป็น ลักซ์ (lux ย่อว่า lx)โดยกำหนดว่า

$1\ lx = 1\ lm/m^2$

เครื่องมือที่ใช้วัดค่าความสว่างเรียกว่า illuminance meter หรือ lux-meter ซึ่งประกอบด้วย photosensitive cell และ microammeter ซึ่งได้รับการสอบเทียบ (calibrated) ให้อ่านเป็นลักซ์โดยตรง light meter ที่ใช้ในการสำรวจจะต้องได้รับการสร้างมาอย่างถูกต้องและมีการชดเชยความผิดพลาดของอุปกรณ์แล้ว

๑.๖.๕ <u>มุมเชิงของแข็ง</u> (solid angle) เขียนย่อด้วย ω หรือ Ω มุมเชิงของแข็งอาจกำหนดรูปร่างโดยกลุ่มของเส้นตรงที่ลากจากจุดๆ หนึ่งออกไปในลักษณะของรูปทรงกรวย ในที่นี้หมายถึงส่วนซอ่งช่องว่างที่ล้อมรอบด้วยผิวของกรวย มุมนี้มีความสำคัญในการคำนวณและการทำความเข้าใจในวิชาวิศวกรรมแสงสว่างมาก



รูป ๑.๒

ถ้ามีทรงกลมจินตภาพ (imaginary sphere) ที่มีรัศมี r และ A_s เป็นพื้นที่บนผิวทรงกลมที่มีรูปร่างอย่างไรก็ได้ ช่องว่างภายในรูปกรวยซึ่งมี A_s เป็นฐาน จะแทนได้ด้วยค่ามุมเชิงของแข็ง ตามรูป ๑.๒ ดังนี้

$$\Omega = \frac{A_s}{r^2}$$

หน่วยของมุมเชิงของแข็งเป็น สเตอเรเดียน (Steradian ย่อว่า Sr.)