

ความสว่าง (Illuminance)

เป็นที่ทราบกันดีว่าแสงเป็นพลังงานรูปหนึ่งที่สามารถทำให้พื้นที่ที่แสงตกกระทบสว่าง ปริมาณพลังงานแสงที่เปล่งออกจากแหล่งกำเนิดแสงใดๆ ต่อหนึ่งหน่วยเวลา หรือ อัตราการให้พลังงาน เรียกว่า **ฟลักซ์ส่องสว่าง (Luminous Flux)** มีหน่วยวัดเป็น *ลูเมน (Lumen, lm)* เขียนแทนด้วย F

ความสว่างที่เกิดบนพื้นที่รองรับแสงเกิดจากฟลักซ์ส่องสว่างหรืออัตราการให้พลังงานแสงตกบนพื้นที่รองรับแสง ดังนั้น **ความสว่าง (Illuminance)** จึงหมายถึง ปริมาณแสงที่กระทบตั้งฉากบนพื้นที่หนึ่งตารางหน่วยภายใน 1 วินาที มีหน่วยเป็น *ลูเมนต่อตารางเมตร หรือ ลักซ์* ซึ่งเขียนแทนด้วย E

ความสว่างบนพื้นผิวใด ๆ สามารถคำนวณหาค่าได้ จากสมการ

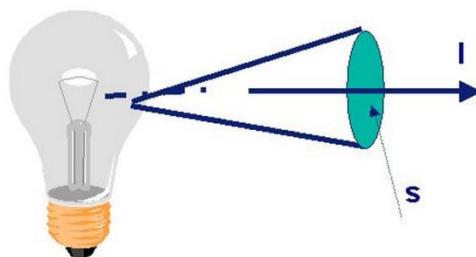
$$E = \frac{F}{A} \quad (1)$$

เมื่อ E แทน ความสว่าง มีหน่วย ลูเมนต่อตารางเมตร (lm/m^2) หรือลักซ์ (lx)

F แทน ฟลักซ์ส่องสว่างที่ตกกระทบพื้น มีหน่วย ลูเมน (lm)

A แทน พื้นที่รับแสง มีหน่วย ตารางเมตร (m^2)

ความเข้มแห่งการส่องสว่าง (Luminous Intensity) คือ ความเข้มของปริมาณแสงที่ส่องไปยังทิศทางใดทิศทางหนึ่งต่อวินาที หรือฟลักซ์การส่องสว่างในทิศทางหนึ่งทีแผ่ออกมาในหนึ่งหน่วยของมุมตัน (steradian) ($I = \frac{F}{4\pi}$) มีหน่วยวัดเป็น *แคนเดลา (Candela, cd)* เขียนแทนด้วย I



รูปที่ 1 ความเข้มแห่งการส่องสว่าง (I) และมุมตัน (S)

ถ้าพิจารณาผิวที่อยู่ห่างจากหลอดไฟที่มีความเข้มแห่งการส่องสว่าง 1 แคนเดลา เป็นระยะทาง 1 เมตร ความสว่างจะมีค่า 1 ลักซ์ โดยความสว่างจะแปรผกผันกับระยะทางกำลังสอง $E \propto \frac{1}{R^2}$

จึงได้ความสัมพันธ์ระหว่างความสว่างและระยะทาง ดังสมการ

$$E = \frac{I}{R^2} = \frac{F}{4\pi R^2} \quad (2)$$

เมื่อ E แทน ความสว่าง มีหน่วย ลูเมนต่อตารางเมตร (lm/m^2) หรือลักซ์ (lx)

I แทน ความเข้มแห่งการส่องสว่างของแหล่งกำเนิดแสง มีหน่วย แคนเดลา (cd)

โดยที่ ($I = \frac{F}{4\pi}$)

R แทน ระยะจากแหล่งกำเนิดแสงถึงผิวของวัตถุในทิศตั้งฉาก มีหน่วย เมตร (m)

F แทน ฟลักซ์ส่องสว่างที่ตกกระทบพื้น มีหน่วย ลูเมน (lm)

หลอดไฟฟ้าซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดแสงที่นิยมใช้กันตามบ้านเรือนมี 2 ชนิด คือหลอดไฟแบบไส้และหลอดฟลูออเรสเซนต์ ฟลักซ์ส่องสว่างของหลอดไฟทั้ง 2 ชนิดแสดงดังตารางที่ 1 ซึ่งจะเห็นว่าฟลักซ์ส่องสว่างของหลอดฟลูออเรสเซนต์มากกว่าหลอดไฟแบบไส้ประมาณ 6 เท่า ดังนั้นเมื่อหลอดทั้งสองใช้กำลังไฟฟ้าเท่ากัน ประสิทธิภาพในการเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นความสว่างของหลอดฟลูออเรสเซนต์จึงสูงกว่าหลอดแบบไส้

ตารางที่ 1 แสดงการเปรียบเทียบฟลักซ์ส่องสว่างของหลอดไฟฟ้าสองชนิด

กำลังไฟฟ้าของหลอด (วัตต์)	ฟลักซ์ส่องสว่าง (ลูเมน)	
	หลอดไฟแบบไส้ (ชนิดใส)	หลอดฟลูออเรสเซนต์
15	120	750
40	500	2,700

โดยปกติความสว่างในสถานที่ต่างๆ นั้น ได้มาจากแหล่งกำเนิดต่างๆ กัน เช่น จากหลอดไฟ ดวงอาทิตย์หรือแสงจากการสะท้อน การคำนวณความสว่างโดยตรงจึงยุ่งยากมาก ในทางปฏิบัติการหาความสว่างทำได้โดยใช้**มาตรความสว่าง (lux meter)** ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 มาตรความสว่าง (lux meter)

ประโยชน์ที่ได้จากการศึกษาเรื่องความสว่างนี้คือช่วยในการจัดหลอดไฟตามอาคารบ้านเรือนและห้องทำงานเพื่อให้ได้ความสว่างอย่างเหมาะสม คือให้ความสว่างพอเหมาะสำหรับการใช้งาน ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงความสว่างที่เหมาะสมในสถานที่ต่างๆ

สถานที่	ความสว่าง (ลักซ์)
บ้าน	
ห้องนั่งเล่น ห้องครัว ห้องอาหาร	150 - 300
ห้องอ่านหนังสือ ห้องทำงาน	500 - 1,000
โรงเรียน	
โรงพลศึกษา หอประชุม	75 - 300
ห้องเรียน	300 - 750
ห้องสมุด ห้องปฏิบัติการ ห้องเขียนแบบ	750 - 1,500

สถานที่	ความสว่าง (ลักซ์)
โรงพยาบาล	
ห้องตรวจโรค	200 - 750
ห้องผ่าตัด	5,000 - 10,000
สำนักงาน	
บันไดฉุกเฉิน	30 - 75
ทางเดินในอาคาร	75 - 200
ห้องประชุม ห้องรับรอง	200 - 750

การติดตั้งหลอดไฟในสถานที่ต่างๆ นั้น นอกจากจะเพื่อให้ได้ความสว่างที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานแล้ว ยังต้องคำนึงถึงการประหยัดพลังงานด้วยซึ่งสามารถทำได้โดยการเลือกใช้หลอดไฟที่สูญเสียพลังงานน้อยที่สุดหรือเลือกใช้หลอดที่มีอัตราการให้พลังงานสูงที่สุด นอกจากนี้ความสว่างที่เหมาะสมยังเป็นเรื่องจำเป็นต่อนัยน์ตาดีกด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับผู้ทำงานที่ต้องใช้สายตามาก เช่น ช่างนาฬิกาหรือศัลยแพทย์ เป็นต้น

ตัวอย่างการคำนวณหาความสว่าง

ตัวอย่างที่ 1 หลอดไฟฟ้าที่มีตัวสะท้อนแสงที่ตีบบรรจุภายใน ให้แสงสว่างตกกระทบบนพื้นโต๊ะเป็นรูปร่างกลมที่มีรัศมีเท่ากับ 20 เซนติเมตร ถ้าหลอดไฟมีลักซ์ส่องสว่าง 500 ลูเมน ความสว่างบนพื้นโต๊ะเป็นเท่าใด

วิธีทำ พื้นที่รับแสง $A = \pi R^2 = (3.14)(0.2\text{m})^2 = 0.1256\text{m}^2$

อัตราการให้พลังงานแสง $F = 500 \text{ lm}$

ความสว่าง $E = \frac{F}{A} = \frac{500 \text{ lm}}{0.1256 \text{ m}^2} = 3981 \text{ lm/m}^2$

ตอบ ความสว่างบนพื้นโต๊ะเท่ากับ 3981 ลักซ์

ตัวอย่างที่ 2 หลอดฟลูออเรสเซนต์ 1 หลอด ให้อัตราพลังงานแสงได้ 2500 ลูเมน ความสว่างจากหลอดไฟ 4 หลอด บนโต๊ะพื้นที่ 5 ตารางเมตร มีค่าเป็นเท่าไร

วิธีทำ จากโจทย์ อัตราการให้พลังงาน $F = 2500 \text{ lm}$

พื้นที่รับแสง $A = 5 \text{ m}^2$

จำนวนหลอดไฟ $n = 4$ หลอด

จาก $E = n \left(\frac{F}{A} \right)$

จะได้ $E = 4 \left(\frac{2500}{5} \right)$

$E = 2000 \text{ lx}$

ตอบ ความสว่างเท่ากับ 2000 ลักซ์

ตัวอย่างที่ 3 หลอดไฟ 64 วัตต์ มีความเข้มแห่งการส่องสว่าง 36 แคนเดลา ถ้าต้องการความสว่างบนโต๊ะอ่านหนังสือ 144 ลักซ์ จะต้องแขวนหลอดไฟสูงจากโต๊ะเป็นระยะกี่เมตร

วิธีทำ จากโจทย์ $I = 36 \text{ cd}$, $E = 144 \text{ lx}$ หา $R = ?$

$$\text{จาก } E = \frac{I}{R^2}$$

$$\text{จะได้ } 144 \text{ lx} = \frac{36 \text{ cd}}{R^2}$$

$$R^2 = \frac{36}{144}$$

$$R = \frac{6}{12} = 0.5 \text{ m}$$

ตอบ จะต้องแขวนหลอดไฟสูงจากโต๊ะเป็นระยะ 0.50 เมตร

ตัวอย่างที่ 4 หลอดฉายภาพยนตร์หลอดหนึ่งมีฟลักซ์ส่องสว่างเท่ากับ 1020 ลูเมน จะสามารถฉายภาพได้ขนาดใหญ่ที่สุดเท่าใด ถ้าคิดการสูญเสียพลังงานแสงเนื่องจากตัวสะท้อนและอุปกรณ์ต่างๆ เท่ากับร้อยละ 18 และให้ความสว่างเฉลี่ยบนจอเท่ากับ 250 ลักซ์

วิธีทำ อัตราการให้พลังงานแสงสูญเสีย 18 %

$$\text{จากสมการ } E = \frac{F}{A}$$

$$\text{ในที่นี้ } E = 250 \text{ lx} \text{ และ } F = (1020 \text{ lm}) \left(\frac{82}{100} \right)$$

$$\text{แทนค่า } 250 \text{ lx} = \frac{(1020 \text{ lm}) \left(\frac{82}{100} \right)}{A}$$

$$\text{จะได้ } A = 3.34 \text{ m}^2$$

ตอบ ภาพขนาดใหญ่ที่สุดมีพื้นที่ 3.34 ตารางเมตร

ตัวอย่างที่ 5 ห้องผ่าตัดโรงพยาบาลแห่งหนึ่ง เมื่อแขวนโคมไฟไว้เหนือเตียงผ่าตัด 1 เมตร ปรากฏว่ามีค่าความสว่างบนเตียง 6,400 ลักซ์ อยากทราบว่าถ้าลดระดับโคมไฟลงมา 20% ความสว่างบนเตียงผ่าตัดจะเพิ่มขึ้นหรือลดลงกี่เปอร์เซ็นต์

วิธีทำ จากโจทย์ $E_1 = 6400 \text{ lx}$, $R_1 = 1 \text{ m}$, $R_2 = \frac{80}{100} R_1 = 0.8 R_1$ ต้องการหา $E_2 - E_1$

$$\text{จาก } E = \frac{I}{R^2}$$

$$\frac{E_2}{E_1} = \left(\frac{R_1}{R_2} \right)^2$$

$$\frac{E_2}{6400 \text{ lx}} = \left(\frac{R_1}{0.8 R_1} \right)^2$$

$$E_2 = \frac{6400 \text{ lx}}{0.64} = 10,000 \text{ lx}$$

จะเห็นว่า $E_2 > E_1$ แสดงว่าเพิ่มขึ้น $E_2 - E_1 = 10,000 - 6400 = 3600 \text{ lx}$

คิดเป็นเปอร์เซ็นต์เพิ่มขึ้นเท่ากับ $\frac{3600 \text{ lx} (100)}{6400 \text{ lx}} = 56.25\%$

ตอบ ความสว่างบนเตียงผ่าตัดจะเพิ่มขึ้น 56 %

ตัวอย่างที่ 6 ห้องสี่เหลี่ยมพื้นที่ 25 ตารางเมตร ต้องการความสว่างเฉลี่ยของห้องมากกว่า 500 ลักซ์ ห้องนี้จะใช้กำลังไฟฟ้าอย่างน้อยที่สุดกี่วัตต์

ตารางอัตราการใช้พลังงานแสงของหลอดไฟ

กำลังไฟฟ้าของหลอด (วัตต์)	อัตราการใช้พลังงานแสง (ลูเมน)	
	หลอดไฟฟ้าแบบไส้ (ชนิดใส)	หลอดฟลูออเรสเซนต์
15	120	750
40	500	2,700

วิธีทำ จากโจทย์ $A = 25 \text{ m}^2$, $E = 500 \text{ lx}$ ก่อนที่จะทราบว่าจะต้องใช้กำลังไฟฟ้าอย่างน้อยที่สุดกี่วัตต์
ต้องการหา $F = ?$ ก่อนแล้วนำไปเทียบในตาราง

$$\text{จาก } E = \frac{F}{A}$$

$$\text{จาก } 500 \text{ lx} = \frac{F}{25 \text{ m}^2}$$

$$\text{ดังนั้น } F = 12500 \text{ lm}$$

หาจำนวนหลอด $n = ?$

- พิจารณาที่กำลังไฟฟ้าของหลอด 15 วัตต์

$$n = \frac{12500}{750} = 16.67 \approx 17 \text{ หลอด}$$

- พิจารณาที่กำลังไฟฟ้าของหลอด 40 วัตต์

$$n = \frac{12500}{2700} = 4.63 \approx 5 \text{ หลอด}$$

หา กำลังไฟฟ้า $P = ?$

- พิจารณาที่กำลังไฟฟ้าของหลอด 15 วัตต์

$$P_{15} = 15 \times 17 = 255 \text{ W}$$

- พิจารณาที่กำลังไฟฟ้าของหลอด 40 วัตต์

$$P_{40} = 40 \times 5 = 200 \text{ W}$$

จะเห็นว่าหลอดไฟ 40 วัตต์ ใช้กำลังไฟฟ้าต่ำสุด เท่ากับ 200 W

ตอบ ห้องนี้จะใช้กำลังไฟฟ้าอย่างน้อยที่สุด 200 วัตต์

แหล่งอ้างอิง

- _____. (2555). หนังสือเรียนรายวิชาฟิสิกส์เพิ่มเติม เล่ม 3. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ สกสศ. ลาดพร้าว.
- _____. (2553). *พื้นฐานด้านแสงสว่าง : นิยามความเข้มการส่องสว่าง (Luminous Intensity)*. Retrieved from http://www.9engineer.com/index.php?m=article&a=show&article_id=955
- _____. (มปท). Retrieved from http://www.rmutphysics.com/physics/oldfront/62/light1/ligh_2.htm