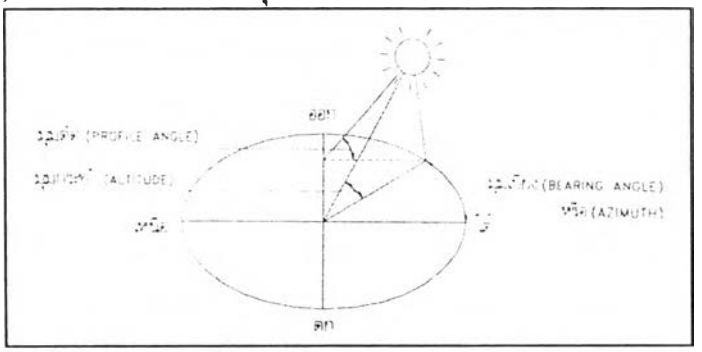
หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

ทฤษฎีและแนวความคิดที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

2.1 นิยามและคำจำกัดความ

- **โบราณวัตถุ** คือ ของโบราณที่เคลื่อนที่ได้ อายุเก่ากว่า 100 ปีขึ้นไป (พจนานุกรม ฉบับราชบัณฑิตยสถาน ปี 2525)
- **พิพิธภัณฑสถาน** คือ สถาบันถาวรที่เก็บรวบรวมและแสดงสิ่งต่างๆที่มีความสำคัญด้านวัฒนธรรม หรือทางวิทยาศาสตร์ โดยมีความมุ่งหมายเพื่อให้ประโยชน์ต่อการศึกษา เล่าเรียนและก่อให้เกิดความเพลิดเพลินใจ (พจนานุกรม ฉบับราชบัณฑิตยสถาน ปี 2525)
- altitude angle **หรือมุมกระทำ** คือ มุมที่ดวงอาทิตย์กระทำจริงทางแนวตั้งกับระนาบขอบฟ้า
- azimuth **หรือ** bearing angle **หรือมุมเบี่ยง** คือ มุมตามแนวระดับที่ดวงอาทิตย์กระทำกับทิศใต้ ซึ่งในตอนเช้าจะหมุนไปทางทิศตะวันออกและตอนบ่ายจะหมุนไปทางทิศตะวันตก สำหรับซีกโลกเหนือ เช่น ประเทศไทย azimuth คือ มุมที่ดวงอาทิตย์หมุนตามแนวระดับเบี่ยงกับทิศใต้ และสำหรับซีกโลกเหนือ azimuth คือมุมที่ดวงอาทิตย์หมุนตามแนวระดับเบี่ยงกับทิศเหนือ
- profile angle **หรือ มุมตัด** คือ มุมที่ระดับของดวงอาทิตย์กระทำในระนาบที่ตั้งฉากกับผนังหรืออาคาร ค่าของมุมตัด(profile angle)จะแตกต่างไปจากค่าของมุมกระทำ



รูปที่2.1 แสดง altitude angle, bearing angle **และ** profile angle

ที่มา : **สมสิทธิ์ นิตยะ**, 2541: 60

- indirect lighting คือ แสงที่ได้จากการสะท้อน
- ambient lighting คือ แสงที่ส่องไปทั่วบริเวณ โดยเราต้องกำหนดระดับความส่องสว่างไว้สำหรับบริเวณทั่วๆไปด้วย

- task lighting คือ แสงที่ส่องไปยังวัตถุ หรือพื้นที่ที่ต้องการ โดยจะต้องมีระดับความส่องสว่างสำหรับการมองเห็นวัตถุนั้นๆ
- task-ambient lighting คือ การผสมผสานกันของแสงที่ส่องวัตถุและแสงสำหรับบริเวณทั่วๆไปในบริเวณที่มีระดับความส่องสว่างสำหรับบริเวณทั่วๆไปต่ำกว่าบริเวณวัตถุ
- direct glare คือ แสงบาดตาที่เป็นสาเหตุมาจากความจ้าจากแหล่งกำเนิดแสงเข้าสู่ตา
- offending zone คือ ตำแหน่งของแหล่งกำเนิดแสงที่จะทำให้เกิดแสงสะท้อนเข้าตาเป็นผลทำให้เกิดแสงบาดตา

2.2 ทฤษฎีเกี่ยวกับแสง, รังสีอัลตราไวโอเลตและรังสีอินฟราเรด

ไม่ว่าจะเป็นแหล่งกำเนิดแสงธรรมชาติจากดวงอาทิตย์หรือแหล่งกำเนิดแสงประดิษฐ์ต่าง ๆ ล้วนแล้วแต่ให้พลังงานแสง, รังสีอัลตราไวโอเลต (Ultraviolet-UV) และรังสีอินฟราเรด(Infrared)ออกมา ซึ่งแสงเป็นพลังงานรูปแบบหนึ่งเช่นเดียวกับพลังงานชนิดอื่น ๆ เช่น พลังงานความร้อน พลังงานกล พลังงานไฟฟ้า ฯลฯ แสงเป็นพลังงานที่เคลื่อนที่ได้ การเคลื่อนที่ของแสงจะอยู่ในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งการเคลื่อนที่ในรูปของคลื่นนี้จะมีความถี่ และความยาวคลื่นเฉพาะตัวต่าง ๆ กันออกไป กล่าวคือ ความถี่หรือความยาวคลื่นจะเป็นตัวกำหนดชนิดของพลังงาน (พิบูลย์ ดิษฐ์อุดม, 2521: 9-10) หากเราพิจารณาพลังงานที่เคลื่อนที่ได้ทั้งหมด ตั้งแต่พลังงานที่มีความยาวคลื่นต่ำสุดจนถึงพลังงานที่มีความยาวคลื่นที่ยาวสุด จะพบว่าแสงเป็นพลังงานที่มีช่วงความยาวคลื่นอยู่ระหว่าง 380 - 780 นาโนเมตร ซึ่งเมื่อแยกแสงดังกล่าวด้วยปริซึมจะได้แถบสี 7 สี เช่นเดียวกับแถบสีของรุ้งกินน้ำ คือ สีม่วง คราม น้ำเงิน เขียว เหลือง แสด แดง ซึ่งเรียกว่าสเปกตรัมของแสง แสงสีม่วงจะเป็นสีแรกที่ปรากฏบนสเปกตรัมของแสงมีความยาวคลื่น 380 นาโนเมตร ซึ่งเป็นความยาวคลื่นที่สั้นที่สุดและมีพลังงานสูงที่สุดในสเปกตรัม แถบสีถัดมาในสเปกตรัมจะมีความยาวคลื่นสูงขึ้นตามลำดับจนถึงแสงสีแดง ซึ่งมีความยาวคลื่นสูงที่สุด แต่มีพลังงานต่ำที่สุดในสเปกตรัม คือ 780 นาโนเมตร รังสีที่มีความยาวคลื่นถัดจากแสงสีแดงเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มองไม่เห็นด้วยตาเปล่า เรียกว่า รังสีInfrared ซึ่งมีความยาวคลื่นอยู่ระหว่าง 770 - 1,000,000 นาโนเมตร โดยที่รังสีInfraredเองสามารถแบ่งย่อยออกเป็นชนิดต่าง ๆ ตามความยาวคลื่นได้อีก (ดูตาราง 2.1) และเราสามารถรู้สึกได้ถึงปริมาณรังสีInfrared คือ เมื่อเราอยู่ใกล้แหล่งกำเนิดแสง แล้วเรารู้สึกร้อน แสดงว่าแหล่งกำเนิดแสงนั้นมีการแผ่รังสีInfraredออกมา ส่วนรังสีที่มีความยาวคลื่นต่ำกว่า เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มองไม่เห็นด้วยตาเปล่า เรียกว่า รังสีUV มีความยาวคลื่นอยู่ระหว่าง 100 - 400 นาโนเมตร ซึ่งก็ประกอบไปด้วย รังสีUV 3 ชนิด (Information Sheet on Ultraviolet Radiation,1999:1-2) ประกอบด้วย

รังสีUV ชนิด A หรือ near-Ultraviolet มีความยาวคลื่น 315-400 นาโนเมตร เป็นรังสีUVชนิดที่มีผลต่อการเสื่อมเสียหายของวัตถุ เช่น การจืดจางของสีมากกว่ารังสีUVชนิดอื่น หากแหล่งกำเนิดแสงคือดวงอาทิตย์ เนื่องจากเป็นรังสีที่ส่องผ่านลงมาสู่ชั้นบรรยากาศโลกได้มากกว่ารังสีUVชนิดอื่น

รังสีUV ชนิด B มีความยาวคลื่น 280-315 นาโนเมตร หากแหล่งกำเนิดแสงคือดวงอาทิตย์จะเป็นรังสีUVที่ปริมาณส่วนใหญ่ หรือเกือบทั้งหมดจะถูกดูดซับโดยบรรยากาศของโลก แต่ส่วนที่ส่องผ่านชั้นบรรยากาศลงมายังโลกนั้น มีผลทำให้วัตถุเกิดความเสียหายได้เช่นเดียวกับชนิด A

รังสีUV ชนิด C มีความยาวคลื่น 100-280 นาโนเมตร เป็นรังสีUVที่ไม่สามารถส่องลงมาสู่ชั้นบรรยากาศโลกได้ เนื่องจากจะถูกดูดซับโดยชั้นบรรยากาศถ้าดวงอาทิตย์คือแหล่งกำเนิดแสง

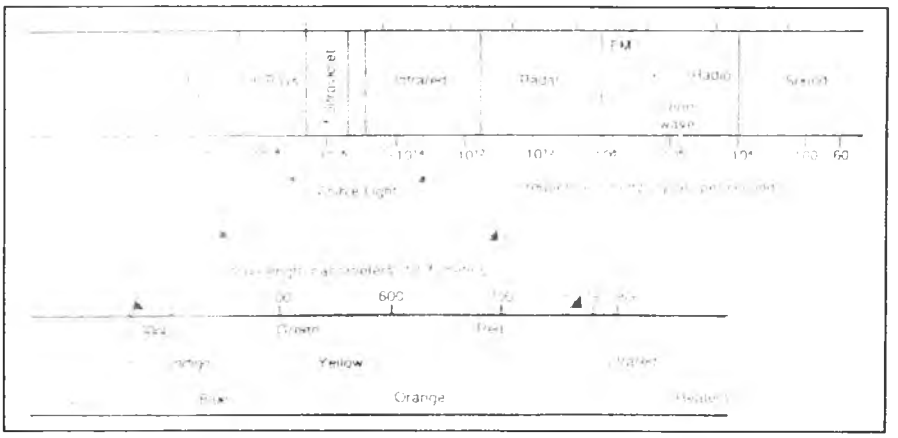
รังสี	ชนิด	ความยาวคลื่น (นาโนเมตร)
UV	UV - A	315 – 400
	UV - B	280 – 315
	UV - C	100 – 280
Visible	VIOLET	380 – 431
	BLUE	436 – 495
	GREEN	495 – 566
	YELLOW	566 – 589
	ORANGE	598 – 627
	RED	627 – 780
Infrared	NEAR INTRARED	770 – 1400
	INTERMEDIAT INTRARED	1400 – 5000
	FAR INTRARED	5000 – 1000000

ตาราง 2.1 แสดงความยาวคลื่นของ visible spectrum รังสีUVและรังสีInfrared

อย่างไรก็ตาม สัดส่วนของรังสีUV รังสีที่มองเห็นได้ด้วยตาและรังสีInfraredของแสงธรรมชาติโดยประมาณมีค่าเป็น 7% 39% และ52% ตามลำดับ(พรรณชลัท สุริโยธินและพิรัส เหล่าไพศาลศักดิ์,1998:5)

2.3 ธรรมชาติของแสงและการมองเห็น

แสงคือพลังงานรูปแบบหนึ่ง เช่นเดียวกับพลังงานความร้อน พลังงานกล พลังงานไฟฟ้า แสงสามารถเคลื่อนที่ได้ในรูปของคลื่น พลังงานที่เคลื่อนที่ได้เหล่านี้จะถูกกำหนดโดยความถี่ (Hz) และความยาวคลื่น (nm) เมื่อพิจารณาพลังงานที่มีความยาวคลื่นต่ำสุด จนถึงพลังงานที่มีความยาวคลื่นสูง ดังรูปที่ 2.2 จะเห็นได้ว่าแสงเป็นแถบพลังงานแถบหนึ่ง ซึ่งมีความยาวคลื่นอยู่ระหว่าง 380 - 760 nm พลังงานแสงในช่วงความยาวคลื่นดังกล่าวช่วยให้เกิดการเห็นพลังงานอื่น



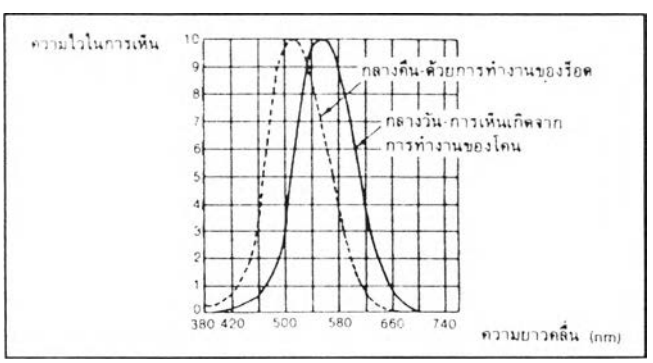
รูปที่ 2.2 แสดงสเปกตรัมของคลื่นต่าง ๆ เรียงลำดับความยาวคลื่น

ที่มา : Mechanical and Electrical Equipment for Building,1992: 912

เมื่อแสงตกกระทบที่วัตถุใด ๆ มันจะสะท้อนเข้าสู่กระบอกตา ผ่านแก้วตา ลูกตา เรตินา ประสาทตา และสมองตามลำดับ กล้าเนื้อตาจะทำหน้าที่ขยายตัวหรือหดตัว เพื่อโฟกัสให้คลื่นแสงที่มากระทบแก้วตาและลูกตามไปตกลงบนเรตินา นอกจากนี้ยังมีม่านตาคอยทำหน้าที่ ปิด - เปิด เพื่อควบคุมปริมาณแสงให้เข้าสู่กระบอกตาตามความเหมาะสม บริเวณเรตินายังประกอบไปด้วยเซลล์ประสาทเป็นจำนวนมาก

เซลล์ จำนวนล้าน ๆ เส้นนี้ จะแบ่งออกเป็นสองกลุ่มใหญ่ ๆ คือ ส่วนที่เรียกว่า โคน ซึ่งจะมีประมาณเจ็ดล้านเซลล์ในกระบอกตาข้างหนึ่ง ๆ โคนจะอยู่ตรงกลางบริเวณเรตินา คอยรับความรู้สึกทางด้านสีและช่วยแยกรายละเอียดของสิ่งต่าง ๆ ที่เราเห็นได้เป็นอย่างดี การเห็นของเราในเวลากลางวัน มักจะเกิดขึ้นเพราะการทำงานของโคนดังกล่าว เซลล์อีกกลุ่มหนึ่งเรียกว่า ร็อด ซึ่งมีอยู่ประมาณ 130 ล้านเซลล์ ในกระบอกตาข้างหนึ่ง ช่วยให้เราสามารถเห็นภาพต่าง ๆ ได้อย่างหยาบ ๆ และสามารถทำหน้าที่ของมันได้เป็นอย่างดีในเวลากลางคืน ร็อดจะไม่สามารถตอบสนองทางด้านสีได้เลย

ด้วยความสามารถในการทำงานและตอบสนองได้ต่างกันของโคน และร็อดนี้ทำให้ตาของคนเราไม่สามารถตอบสนองต่อความยาวคลื่นต่าง ๆ ได้เท่าเทียมกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การเห็นในบริเวณที่สลัว ๆ หรือค่อยข้างมืด ความสามารถในการตอบสนองทางด้านสีจะเพี้ยนไป ทำให้ไม่เป็นผลดีต่อการจัดแสดงงานในพิพิธภัณฑ์ ดังรูปที่ 2.3

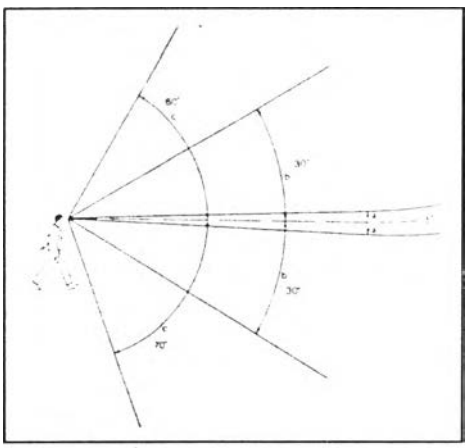


รูปที่ 2.3 กราฟแสดงความสามารถของตาในการเห็นในเวลากลางวันและกลางคืน

ที่มา : พิบูลย์ ดิษฐอุดม , 2521 : 20

2.4 ขอบเขตการมอง (The Visual Field)

ขอบเขต หรือ พื้นที่ที่ตาของคนทั่วไปสามารถมองเห็นได้ในมุมกว้างนั้น จะเป็นมุมยกขึ้นไป 60 องศา จากระดับสายตาปกติ และมุมต่ำลงจากระดับสายตา 70 องศา ส่วนความกว้างหรือองศาในการมองทางแนวระนาบนอนนั้นเป็น 180 องศา และขอบเขตของมุมมองในระยะใกล้ จะเป็นมุม 30 องศาโดยรอบของเส้นสายตา (AIA Research corporation, 1978:9)



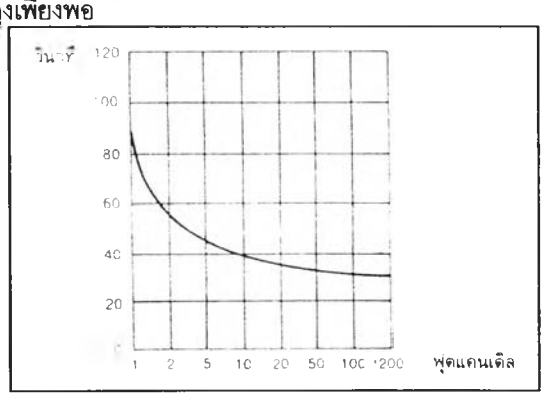
รูปที่ 2.4 แสดง the visual field

ที่มา : Robbins, 1986: 236

2.5 ขนาดของชิ้นงานและการมองเห็น

โดยธรรมชาติแล้ว ตาของคนเราสามารถเห็นวัตถุที่ใหญ่ได้ง่ายกว่าวัตถุที่เล็ก และมีแนวโน้มที่จะเห็นวัตถุชิ้นเดียวกัน มีขนาดเล็กลงในเวลากลางคืนเมื่อเทียบกับเวลากลางวัน (พิบูลย์ ดิษฐอุดม, 2521: 21)

การเพิ่มปริมาณแสงที่เหมาะพอก็คือ การทำให้ตาของคนเรามีความรู้สึกเห็นวัตถุชิ้นเดียวกันนั้นเสมือนขยายใหญ่ขึ้นมาเท่ากับขนาดที่เราเห็นมันในเวลากลางวัน วัตถุยิ่งเล็ก รายละเอียดมาก ปริมาณแสงที่ต้องการก็จะมีมากขึ้นเป็นเงาตามตัว เช่น การอ่านหนังสือ การพิมพ์ดีด การเขียนแบบ ย่อมต้องการปริมาณแสงมากขึ้นเป็นพิเศษ เวลาช่วงหนึ่งในการปรับกล้ามเนื้อตาให้ขยายหรือหดตัว ปริมาณแสงยิ่งน้อยการเห็นก็ยิ่งต้องการเวลามากขึ้น ผู้ออกแบบระบบแสงสว่างจะต้องคำนึงถึงปัญหานี้เป็นพิเศษโดยเฉพาะอย่างยิ่ง ในกรณีที่วัตถุเคลื่อนที่ เช่น การเล่นฟุตบอล ปริมาณแสงที่ต้องการจะต้องสูงเพียงพอ



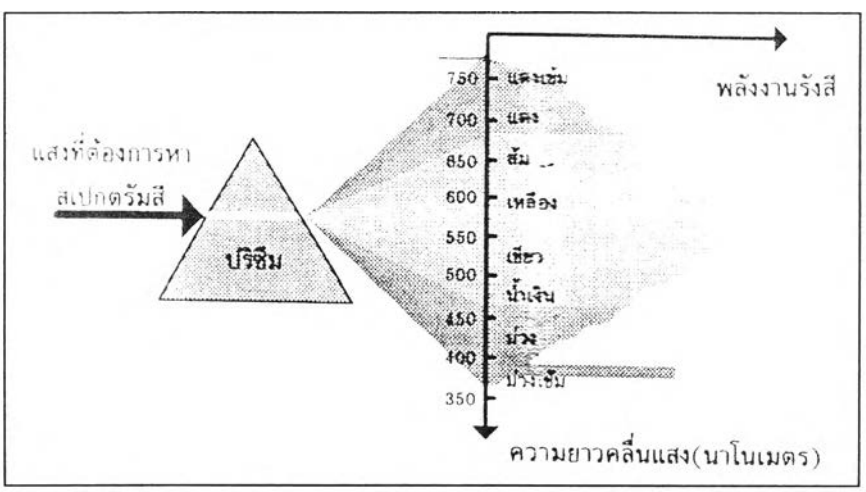
รูปที่ 2.5 ความเร็วในการเห็นเมื่อเทียบกับระดับของความสว่าง

ที่มา : พิบูลย์ ดิษฐอุดม, 2521 : 21

จากรูปที่ 2.5 จะเห็นได้ว่า เมื่อปริมาณแสงเพิ่มมากขึ้น เวลาที่ตาต้องการใช้ในการเห็นจะสั้นลงอย่างไรก็ตาม เมื่อปริมาณแสงมากขึ้น จนถึงค่าค่าหนึ่งเวลาที่ตาต้องการใช้ในการเห็นจะเริ่มคงที่ เพราะเนื่องจากขีดจำกัดของกล้ามเนื้อตานั่นเอง ผู้ที่ทำงานอยู่ภายใต้แสงที่มีปริมาณมากเพียงพอก็ย่อมสามารถทำงานได้เร็วกว่าและถูกต้องมากกว่า

2.6 สเปกตรัมสีของแสง

จากที่ได้กล่าวมาแล้วแสงเป็นพลังงานที่เคลื่อนที่ได้ชนิดหนึ่ง และเมื่อเรานำพลังงานที่เคลื่อนที่ได้ทั้งหมดมาเรียงกัน โดยเริ่มต้นพลังงานที่มีความยาวคลื่นสั้นที่สุด จนถึงพลังงานที่มีความยาวคลื่นยาวที่สุด แสงจะเป็นเพียงแถบพลังงานแถบเล็ก ๆ แถบหนึ่งซึ่งมีช่วงความยาวคลื่นอยู่ระหว่าง 380 - 760 นาโนเมตรเท่านั้น และเป็นช่วงที่ตาเราสามารถรับความรู้สึกได้ ในช่วงความยาวคลื่นดังกล่าวนี้ของแสง ยังประกอบไปด้วยแสงสีต่าง ๆ อีกมากมายซ้อนเรียงกันอยู่ตั้งแต่แสงสีม่วง คราม น้ำเงิน เขียว เหลือง แสด แดง



รูปที่ 2.6 แสดงสเปกตรัมสีของแสงที่เกิดจากการหักเหไม่เท่ากันของความยาวคลื่นแสงที่แตกต่างกัน

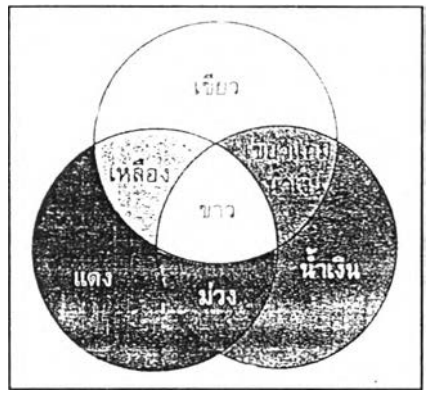
ที่มา : ชำนาญ ห่อเกียรติ, 2542 :1-20

จากรูปที่ 2.6 จะเห็นได้ว่า เมื่อเราฉายแสงสีขาวเข้าสู่ก้อนปริซึม แสงสีต่าง ๆ ซึ่งซ่อนอยู่ในแสงสีขาวนั้น จะถูกแยกตัวออกมาให้เห็นได้ชัดเจน แสงที่มีความยาวคลื่นมากกว่า 610 นาโนเมตรขึ้นไป จะให้สีของแสงออกมาเป็นสีแดง

เราอาจจะกล่าวได้ว่าสีของแสงเกิดขึ้น จากความไม่สมดุลของแสงสีขาวนั่นเอง กล่าวคือ สีของแสงใดที่มีพลังงานสูงที่สุดก็จะมีผลให้แสงนั้นปรากฏออกมาเป็นแสงสีดังกล่าว ส่วนสีของวัตถุต่าง ๆ ที่เราเห็นอยู่ในชีวิตประจำวันเกิดขึ้นจากการที่วัตถุนั้นมีคุณสมบัติในการดูดกลืน (absorption) แสงสีอื่น ๆ ไว้หมด และสะท้อนสีนั้น ๆ ออกมา เช่น เราเห็นมะเขือเทศมีสีแดง ก็เพราะว่ามันดูดกลืนแสงที่มีความยาวคลื่นช่วงอื่นไว้หมด และสะท้อนแสงที่มีความยาวคลื่นอยู่ระหว่าง 610 - 780 นาโนเมตรซึ่งเป็นแสงสีแดงออกมา กล่าวคือ ตาเราจะไม่สามารถเห็นวัตถุออกมาเป็นสีใดสีหนึ่งโดยเฉพาะเลย ถ้าไม่มีพลังงานของแสงสีนั้นอยู่ในแหล่งกำเนิดแสงดังกล่าว อย่างไรก็ตามวัตถุนั้น ๆ ก็จะต้องมีคุณสมบัติในการสะท้อนแสงสีนั้น ๆ ออกมาด้วย

สีของวัตถุใด ๆ อาจจะเพี้ยนไปจากเดิมได้ อย่างเช่นกำแพงซึ่งเคยเป็นสีขาว ภายใต้แสงสีขาวเมื่อเราฉายแสงสีเขียวลงบนกำแพง กำแพงนั้นก็จะปรากฏออกมาเป็นสีเขียว ทั้งนี้ก็เพราะว่ามีแต่พลังงานของแสงสีเขียวเท่านั้นที่ตกลงบนกำแพง จึงมีเพียงแสงสีเขียวสะท้อนออกมาเข้าสู่ตาเรา หรืออย่างเช่นเมื่อเราฉายแสงสีเขียวลงบนกำแพงที่ทาด้วยสีแดงเอาไว้ เราจะเห็นสีที่ค่อนข้างไปทางดำ แทนที่จะเป็นสีแดงเหมือนเดิม เพราะว่าพลังงานของแสงบนกำแพงที่เป็นแสงสีเขียวมีน้อยมาก บนกำแพงจึงไม่สะท้อนแสงสีแดงออกมาเหมือนเราฉายแสงสีขาวหรือสีแดงออกไป

แม่สีของแสงหรือบางครั้งเรียกว่า สีปฐมภูมิ คือ สีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน ซึ่งต่างจากแม่สีในวิชาทางศิลปะ แม่สีของแสงทั้งสามสีนี้เมื่อนำมาผสมกัน โดยการฉายแสงซ้อนกันลงไปเราจะได้แสงชุดที่สองขึ้นเรียกว่า สีทุติยภูมิ ดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 การผสมของแสงสีปฐมภูมิ

ที่มา : พิบูลย์ ดิษฐอุดม, 2521 : 18

จากรูป 2.7 จะเห็นได้ว่าแสงสีเหลืองเกิดขึ้นจากการฉายแสงสีแดงลงบนแสงสีเขียว แสงสีม่วงเกิดขึ้นจากการฉายแสงสีแดงลงบนแสงสีน้ำเงิน และแสงสีน้ำเงินก็เกิดขึ้นจากการฉายแสงสีน้ำเงินลงบนแสงสีเขียว และเมื่อฉายแสงสีชุดที่สองที่เกิดขึ้นพร้อม ๆ กันลงไป ในอัตราส่วนที่เหมาะสมแล้วเราจะได้แสงออกมาเป็นแสงสีขาว

2.7 พฤติกรรมของแสง

เมื่อแสงเคลื่อนที่ออกจากแหล่งกำเนิดแสงผ่านตัวกลาง (medium) ชนิดต่าง ๆ เช่น อากาศ ของเหลว วัตถุโปร่งแสง วัตถุทึบแสง ฯลฯ ทางเดินหรือพฤติกรรมของแสงจะเปลี่ยนไปเมื่อกระทบตัวกลางเหล่านั้น มีลักษณะที่สามารถจำแนกได้ดังนี้

การดูดกลืน (absorption) เป็นปรากฏการณ์ที่แสงถูกดูดกลืนหายเข้าไปในตัวกลาง (medium) และเกิดการเปลี่ยนรูปของพลังงาน โดยทั่วไปเมื่อพลังงานแสงถูกดูดกลืนจะเปลี่ยนรูปเป็นพลังงานความร้อน(heat)

การสะท้อน (reflection) เป็นพฤติกรรมที่แสงตกกระทบบนตัวกลางแล้วสะท้อนออกโดยที่ความถี่ของคลื่นแสงนั้นไม่เปลี่ยนไป ลักษณะของการสะท้อนสามารถพิจารณาออกได้เป็น

- การสะท้อนแบบเสมือนกระจกเงา (specula reflection) เป็นลักษณะที่เกิดเมื่อแสงตกกระทบลงบนตัวกลางที่เป็นวัตถุทึบแสง (opaque material) มีลักษณะเป็นผิวเรียบขัดมัน (polish surface) การสะท้อน

จะมีลักษณะของมุมของแสงที่ตกกระทบ (angle of incident) เท่ากับมุมของแสงที่สะท้อน(angle of reflection)

- การสะท้อนแบบกระจาย (diffuse reflection) เป็นลักษณะที่เกิดเมื่อแสงตกกระทบลงบนวัตถุที่ทึบแสงที่มีผิวหยาบไม่เรียบสม่ำเสมอ แสงที่สะท้อนออกมาจะถูกสะท้อนออกไปในหลาย ๆ ทิศทาง ซึ่งส่วนใหญ่มุมของแสงที่สะท้อนที่กระจายออกไปนั้นจะไม่เท่ากับมุมของแสงที่ตกกระทบ และหากผิววัตถุที่ไม่เรียบนั้นมีลักษณะไม่เรียบแบบสม่ำเสมออย่างสมบูรณ์ (perfectly diffusing surface) แสงสะท้อนที่ได้จะมีลักษณะเป็นการกระจายแสงแบบสมบูรณ์ (perfect diffuse reflection) เป็นการสะท้อนแสงที่ให้ความสว่างเท่า ๆ กันในทุกมุมสะท้อน แต่หากผิววัตถุไม่เรียบ แบบไม่สม่ำเสมอ (semi diffuse surface) แสงสะท้อนที่ได้ก็จะมีลักษณะเป็นการสะท้อนแบบกระจัดกระจาย (semi diffuse reflection)

แต่โดยทั่วไปแสงที่สะท้อนออกมาจากวัตถุจะมีลักษณะผสมกันระหว่าง การสะท้อนแบบเสมือนกระจกเงา (specula reflection) และการสะท้อนแบบกระจาย (diffuse reflection)

สัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของวัสดุ(reflectance,ρ) คืออัตราส่วนระหว่างปริมาณแสง(luminous flux)ที่สะท้อนออกจากพื้นผิวต่อปริมาณแสงที่ตกลงบนพื้นผิววัตถุนั้นๆ หรือความส่องสว่างที่สะท้อนออกมาจากวัตถุ ต่อความส่องสว่างที่ตกกระทบวัตถุนั้น ไม่มีหน่วย แต่เราสามารถเทียบได้เป็นเปอร์เซ็นต์ได้

การส่องผ่าน (transmission) เกิดขึ้นเมื่อแสงตกกระทบด้านหนึ่งของตัวกลาง (medium) แล้วทะลุผ่านไปยังอีกด้านหนึ่ง หากไม่พิจารณาคุณสมบัติหรือลักษณะของตัวกลางที่แสงผ่านแล้ว มุมของแสงที่ตกกระทบจะเท่ากับมุมของแสงที่ทะลุผ่าน และแสงที่ทะลุผ่านจะมีปริมาณของแสงคงเดิม อย่างไรก็ตามเมื่อมุมตกกระทบตัวกลางที่แสงสามารถส่องผ่านได้ใด ๆ แสงส่วนหนึ่งจะถูกดูดกลืน ส่วนหนึ่งจะถูกสะท้อนกลับ และส่วนที่เหลือจะทะลุผ่านหมายถึง ปริมาณแสงที่ตกกระทบจะเท่ากับ ปริมาณแสงที่ถูกดูดกลืนรวมกับปริมาณแสงที่สะท้อนกลับ รวมกับปริมาณแสงที่ทะลุผ่าน สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

absorptance + reflectance + transmittance = 1

ลักษณะการส่องผ่านของแสงสามารถจำแนกได้ตามลักษณะของตัวกลางดังนี้

- ตัวกลางโปร่งใส (transparent medium) การส่องผ่านลักษณะนี้แสงจะเกิดการหักเห (refracted) หรือเปลี่ยนทิศทางขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของตัวกลาง และทะลุผ่านในลักษณะเดิมของลำแสงที่ตกกระทบ โดยยังสามารถมองเห็นแหล่งกำเนิดแสงที่อีกด้านหนึ่งของตัวกลางได้อย่างชัดเจน ตัวกลางจำพวกนี้ เช่น กระจกใส เป็นต้น

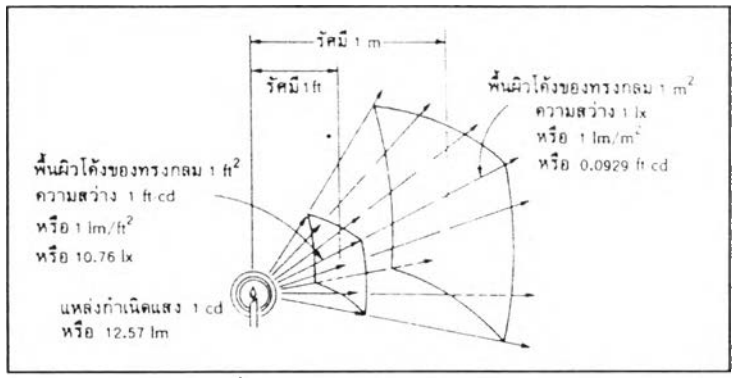
- ตัวกลางโปร่งแสง (translucent medium) การส่องผ่านของแสงลักษณะนี้แสงที่ส่องผ่านจะมีลักษณะเป็นแสงแบบกระจาย (diffuse transmission) และในกรณีนี้จะไม่สามารถมองเห็นแหล่งกำเนิดแสงที่อีกด้านหนึ่งของตัวกลางได้อย่างชัดเจน

สัมประสิทธิ์การส่องผ่านของแสงของวัตถุ (ransmittance,T) คือ อัตราส่วนระหว่างปริมาณแสง(luminous flux)ที่ส่องทะลุผ่านพื้นผิว ต่อปริมาณแสงที่ตกลงบนพื้นผิววัตถุนั้นๆหรือความส่องสว่างที่ทะลุผ่านวัตถุออกมา ต่อความส่องสว่างที่ตกกระทบวัตถุนั้นๆ ไม่มีหน่วย แต่เราสามารถเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์ได้

2.8 ทฤษฎีเกี่ยวกับการส่องสว่าง (illumination)

เมื่อแสงจากแหล่งกำเนิดแสงตกกระทบวัตถุหรือพื้นที่ใด ๆ เป็นผลให้แสงส่วนหนึ่ง สะท้อนเข้าสู่ดวงตาทำให้เกิดการมองเห็น ปริมาณแสงที่ตกกระทบวัตถุหรือพื้นที่นั้น ๆ เราเรียกว่า การส่องสว่าง (illumination) ซึ่งมีนิยามที่เกี่ยวข้องกับการส่องสว่างดังนี้

ปริมาณแสง (luminous flux) คือ ปริมาณแสงที่เปล่งออกมาจากแหล่งกำเนิดแสง (light output) ในหนึ่งหน่วยเวลา เป็นการบอกค่าพลังงาน หรือกำลังงานของแหล่งกำเนิดแสง (power of light source) ใด ๆ ในรูปของเส้นแรงปริมาณแสงที่ออกมาจากแหล่งกำเนิดแสงนั้น ๆ มีหน่วยเป็น ลูเมน (lumen)



รูปที่ 2.8 แสดงรูป luminous flux

ที่มา : พิบูลย์ ดิษฐอุดม, 2521 : 13

solid angle (ω) เป็นการวัดส่วนหนึ่งของพื้นผิวทรงกลมที่ครอบคลุมด้วยพื้นที่รูปทรงกรวยสมมติที่มีส่วนแหลมสุดของกรวยอยู่ที่จุดศูนย์กลางของทรงกลมนั้น ๆ หรือ คือ อัตราส่วน ระหว่างพื้นที่ผิวส่วนที่พิจารณาของทรงกลมต่อรัศมีของทรงกลมนั้น ๆ ยกกำลังสอง มีหน่วยเป็นสเตอเรเดียน (steradian)

" Solid angle is a measure of that portion of space about a point bounded by a conic surface whose vertex is at the point. It can be measured by the ratio of intercepted surface area of a sphere centered on that point of the square of the sphere's radius."

(IES Lighting handbook Reference Volume, 1981, 1-25) เขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$\text{Solid Angle } (\omega) = A / R2 \text{ steradian}$$

โดย A คือ พื้นที่ผิวที่พิจารณาของทรงกลม

R คือ รัศมีของทรงกลม

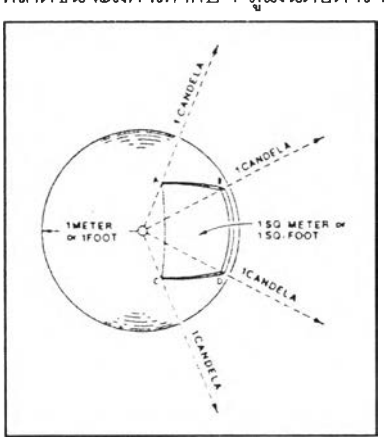
ความเข้มแห่งการส่องสว่าง (luminous intensity) คือ ปริมาณแสงที่เปล่งออกจากแหล่งกำเนิดแสงใน solid angle ใด ๆ ในทิศทางใดทิศทางหนึ่ง

" Luminous Intensity is the luminous flux leaving a point source of light per unit solid angle in the given direction " (IES lighting handbook : reference volume, 1981, 1-19)

เป็นการบอกค่าความมากน้อยของพลังงาน หรือกำลังงานของแหล่งกำเนิดแสงใด ๆ ในรูปของความเข้มแห่งการส่องสว่าง (luminous intensity) หรือบางทีเรียกว่า กำลังส่องสว่าง (candlepower) มีหน่วยเป็น แคนเดลา (candela) หรือ ลูเมนต่อสเตอเรเดียน (lumen per steradian) ซึ่งในการพิจารณาลักษณะนี้ใช้สำหรับการพิจารณา แหล่งกำเนิดแสงที่มีขนาดเล็กมากจนถือว่าแหล่งกำเนิดแสงนั้นเป็นจุด(point source)

หากพิจารณาโดยการนำแหล่งกำเนิดแสงที่เล็กมากจนเหมือนจุด และมีค่าความเข้มแห่งการส่องสว่างสม่ำเสมอทุกทิศทางเท่ากับ 1 แคนเดลา มาวางไว้ที่จุดศูนย์กลางของทรงกลมรัศมี 1 หน่วย ปริมาณแสงที่พุ่งไปตกลงบนทุก ๆ หนึ่งตารางหน่วยพื้นที่ บนพื้นผิวของทรงกลมนี้ จะมีค่าเท่ากับ 1 ลูเมน (lumen) และเนื่องจากพื้นที่ผิวทั้งหมดของทรงกลมรัศมี 1 หน่วยมีค่าเทากับ 12.57 ตารางหน่วยพื้นที่ ดังนั้นความเข้มแห่งการส่องสว่าง 1 แคนเดลาจะสามารถเปล่งปริมาณเส้นแรงของแสงออกมาได้ เท่ากับ 12.57 ลูเมน

ความส่องสว่าง (illuminace) ปริมาณแสงที่ตกกระทบลงบน พื้นที่1 หน่วยใด ๆ ผลที่ได้ คือ ความส่องสว่างมีหน่วยเป็น ลูเมนต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ (lumen per unit of area) หากพิจารณาแหล่งกำเนิดแสงในทรงกลม ที่มีรัศมี 1 ฟุต ปริมาณแสง 1 ลูเมนที่พุ่งไปตกลงบนพื้นที่หนึ่งตารางฟุตของผิวทรงกลม ปริมาณความส่องสว่างที่เกิดขึ้นจะมีค่าเท่ากับ 1 ลูเมนต่อตาราฟุตหรือ 1 ฟุตแคนเดิล (foot-candle) ในทำนองเดียวกัน หากรัศมีของทรงกลมนั้นมีค่าเท่ากับ 1 เมตร ปริมาณความส่องสว่างที่เกิดขึ้นจะมีค่าเท่ากับ 1 ลูเมนต่อตารางเมตรหรือ 1 ลักซ์ (lux)



รูปที่ 2.9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง candelas, lumens, lux and foot - candles

ที่มา : IES handbook :Reference volume, 1981: 1-6

คำอธิบายประกอบรูปที่ 2.9

กำหนดให้จุดแหล่งกำเนิดแสงที่กำลังส่องสว่างสม่ำเสมอ 1 แคนเดลา อยู่ ณ. จุดศูนย์กลางของทรงกลมที่มีรัศมี 1 เมตร หรือ 1 ฟุต โดยถือว่าค่าการสะท้องแสงที่ผิวของทรงกลมมีค่าเป็นศูนย์

ความสว่างที่เกิดบนจุดใด ๆ ของทรงกลมมีค่าเท่ากับ 1 ลักซ์ หรือ 1 ลูเมนต่อตารางเมตร หากรัศมีของทรงกลมนั้นมีค่าเท่ากับ 1 เมตรและความสว่างที่เกิดบนจุดใด ๆ ของทรงกลมจะมีค่าเท่ากับ 1 ฟุตแคนเดิลหรือ 1 ลูเมนต่อตารางฟุต หากรัศมีของทรงกลมนั้นมีค่าเท่ากับ 1 ฟุต

Solid angle ที่ตรงข้ามกับพื้นที่รอบจุด a,b,c,d, มีค่าเท่ากับ 1 สเตอเรเดียน และมีลักซ์ของแสงเท่ากับ 1 ลูเมนต่อสเตอเรเดียน

พื้นที่ผิวของทรงกลมทั้งหมดจะมีค่าเท่ากับ 12.57 ตารางเมตรหรือตารางฟุตและมีปริมาณแสงของทุก ๆ 1 ลูเมนที่ตกลงบนพื้นที่ทุก 1 ตารางเมตร หรือ 1 ตารางฟุตนั้น ๆ เท่ากับ 12.57 ลูเมน

การส่องสว่างและกฎกำลังสองผกผัน ปริมาณแห่งการส่องสว่างบนพื้นที่ผิวใด ๆ จะแปรผันโดยตรงกับความเข้มแห่งการส่องสว่างของแหล่งกำเนิดแสง และแปรผันผกผันกับค่าระยะทางยกกำลังสองระหว่างพื้นผิวนั้นกับแหล่งกำเนิดแสง มีหน่วยเป็น ลักซ์หรือ ฟุตแคนเดิล เขียนได้เป็นสมการดังนี้

$$E = I / d^2$$

โดย E คือ ปริมาณความส่องสว่างบนพื้นที่ผิวที่พิจารณามีหน่วยเป็นลักซ์ หรือ ฟุตแคนเดิล

I คือ ความเข้มแห่งการส่องสว่างของ แหล่งกำเนิดแสงในทิศทางที่พุ่งไปในพื้นที่ผิวที่พิจารณามีหน่วยเป็น แคนเดลา

d คือ ระยะทางระหว่างพื้นที่ผิวที่พิจารณากับแหล่งกำเนิดแสงมีหน่วยเป็น เมตร หรือ ฟุต

2.9 สภาพท้องฟ้า

ค่าความสว่าง และความจ้าของท้องฟ้าอันเนื่องมาจากแสงธรรมชาติที่แปรเปลี่ยนตลอด เวลาอันเนื่องมาจาก ปริมาณของเมฆและอนุภาคในอากาศเช่น ฝุ่น, ควัน หรือไอน้ำ และการเปลี่ยนแปลงของตำแหน่งของดวงอาทิตย์ โดยทั่วไปสภาพของท้องฟ้าแยกพิจารณาออกเป็น 3 ลักษณะ คือ

สภาพท้องฟ้าที่ปกคลุมด้วยเมฆจนไม่สามารถมองเห็นแหล่งกำเนิดแสง หรือดวงอาทิตย์ได้(overcast sky) สภาพท้องฟ้าลักษณะนี้จะมีความสว่างในระดับสูงสุด ที่ส่องกระทบพื้นผิวในแนวระนาบมีค่าเป็น 3 เท่าของความสว่าง ในแนวระนาบที่ส่องกระทบพื้นผิวในแนวตั้ง ทั้งนี้เนื่องด้วยค่าความสว่างของท้องฟ้าที่จุดใด ๆ จะพิจารณาจากมุม altitude ของดวงอาทิตย์
เหนือระดับแนวระนาบ ซึ่งสามารถหาได้จากสมการ

$$L_A = L_Z (1 + 2 \sin A) / 3$$

โดย L_A คือ ความสว่างของท้องฟ้าที่ตำแหน่งมุม A องศา เหนือแนวระนาบในทุกทิศทาง

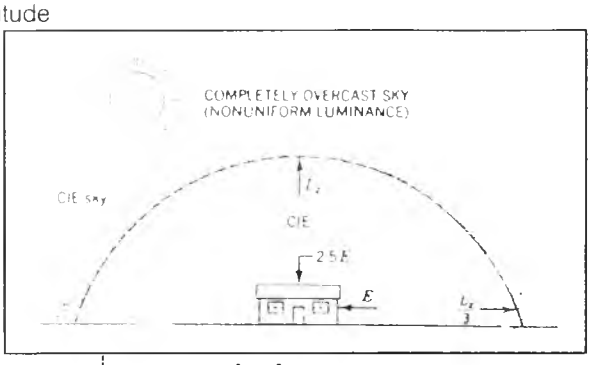
L_Z คือ ความสว่างของท้องฟ้าที่จุดสูงสุด

ดังนั้นความสว่างที่ตำแหน่งแนวระนาบหรือที่มุม A = 0 องศาจะมีค่า = Lz / 3

และจากการศึกษาของ Krochman and Sidel พบว่าส่วนค่าความสว่างที่ระดับสูงสุด zenith luminance

$$L_z = 123 + 8600 \sin A \text{ (cd/sqm)}$$

โดย A คือ solar altitude



รูปที่ 2.10 แสดงท้องฟ้าแบบ overcast sky

ที่มา : Mechanical and Electrical Equipment for Building, 1992:974.

สภาพท้องฟ้าแบบนี้ในอีกกรณีคือมีความสว่างในปริมาณที่สม่ำเสมอกัน (uniform bnghtness) ความสว่างในระดับสูงสุดที่ส่องกระทบพื้นผิวในแนวระนาบ มีค่าเท่ากับความสว่างในแนวระนาบที่ส่องกระทบพื้นผิวในแนวตั้ง แต่ก็มีผลให้พื้นผิวในระนาบมีความสว่างมากว่าพื้นผิวในแนวตั้ง จากการวิจัยพบว่า ค่าความสว่างภายนอกที่ระดับแนวระนาบภายใต้สภาพท้องฟ้าแบบ overcast sky จะแปรผันตาม solar altitude สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$E_H = 300 + 21{,}000 \sin A \text{ (lux)}$$

โดย E_H คือ ค่าความสว่างภายนอกที่ระดับแนวระนาบภายใต้ท้องฟ้า (overcast sky) มีหน่วย เป็นลักซ์

A คือ solar altitude

<u>สภาพท้องฟ้าโปร่งไม่มีเมฆปกคลุม หรือสภาพท้องฟ้าโปร่ง(clear sky)</u> เป็นสภาพท้องฟ้าที่มีเมฆปกคลุมไม่เกิน 30 % ความสว่างของท้องฟ้าลักษณะนี้เกิดจาก 2 องค์ประกอบคือ แสงกระจายจากท้องฟ้า (diffuse illumination) และ แสงจากดวงอาทิตย์ (direct sun) ซึ่งปริมาณความสว่างของทั้งสององค์ประกอบขึ้นอยู่กับตำแหน่งของดวงอาทิตย์ (solar altitude) เป็นหลักโดยมีความสว่างของท้องฟ้าในปริมาณที่แตกต่างกัน ความสว่างในแนวระนาบที่ส่องกระทบพื้นผิวในแนวตั้ง มีค่าเป็น 3 เท่า ของความสว่างในระดับสูงสุดที่ส่องกระทบพื้นผิวในแนวระนาบ หากไม่พิจารณาถึงมุมที่สามารถมองเห็นดวงอาทิตย์

ความส่องสว่างของพื้นผิวแนวระนาบเนื่องจากแสงกระจายของท้องฟ้า หากพิจารณาเพียงครึ่งส่วนท้องฟ้าจะมีค่าความส่องสว่างอยู่ระหว่าง 300 - 2,000 ฟุตแคนเดิลและมีค่าเฉลี่ย 1,000 ฟุตแคนเดิล

จากการวิจัยพบว่าค่าความสว่างของสภาพท้องฟ้าแบบโปร่งสามารถเขียนเป็นสมการแยกออกได้2 กรณีคือ

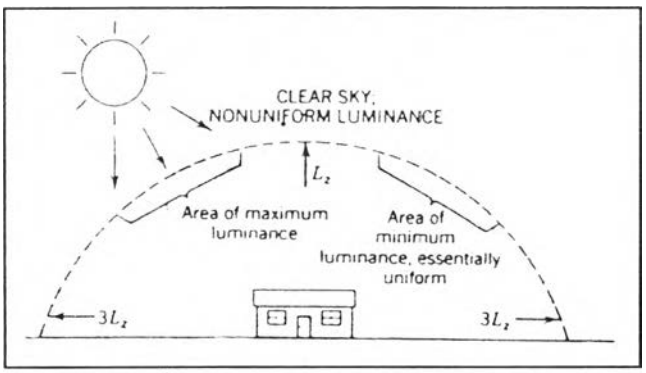
- กรณีเกิดจากท้องฟ้าเพียงอย่างเดียว สมการได้แก่

$$E_H = 1345 + 14,795 \sin A \text{ (lux)}$$

- กรณีเกิดจากรังสีตรงเพียงอย่างเดียว สมการได้แก่

$$\log E_H = 4.466 + 0.31 \log A \text{ (lux)}$$

ความส่องสว่างของพื้นผิวในแนวตั้ง ขึ้นอยู่กับมุม azimuth และ altitude หรือมุมbearing ของดวงอาทิตย์ สภาพท้องฟ้าลักษณะนี้จะมีความสว่างสูงสุดในทิศทางหรือตำแหน่งที่ใกล้ดวงอาทิตย์และจะลดต่ำลงเรื่อยๆและหากมุม beanng มีค่ามากกว่า 90 องศา (ดวงอาทิตย์อยู่ในตำแหน่งด้านหลังของช่องเปิด) จะต้องพิจารณาถึงวัตถุหรือพื้นผิวใด ๆ ที่อาจทำให้เกิดการสะท้อนของแสงสู่ช่องเปิดนั้นด้วย



รูปที่ 2.11 **แสดงท้องฟ้าแบบ** Clear Sky

ที่มา : Mechanical and Electrical Equipment for Building, 1992 :974

สภาพท้องฟ้ามีเมฆปกคลุมบางส่วน (partly cloudy sky) เป็นสภาวะของท้องฟ้าที่มีเมฆปกคลุม 30-70% การหาค่าความสว่างของท้องฟ้า ลักษณะนี้จะทำได้ยากเนื่องจากการแปรเปลี่ยนของเมฆตลอดเวลา โดยทั่วไปการพิจารณาค่าความส่องสว่างของท้องฟ้าแบบมีเมฆปกคลุมบางส่วนนี้ หากเมฆที่ปกคลุมมีลักษณะเบาบางไม่หนาทึบค่าความสว่างจากท้องฟ้านี้มีค่ามากกว่าค่าความสว่างที่ได้จากท้องฟ้าแบบโปร่ง 10 - 15 เปอร์เซนต์ เนื่องจากการสะท้อนแสงของเมฆ (Nakamura and Oki, 1983) พบว่าค่าความสว่างของท้องฟ้าแบบ มีเมฆปกคลุมบางส่วนสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$E_{HP} = 570 A$$

โดย E_{HP} คือ ค่าความส่องสว่างภายนอกที่ระดับระนาบภายใต้ท้องฟ้า partly cloudy sky มีหน่วยเป็น ลักซ์ (โดยทั่วไปความส่องสว่างในแนวระนาบจะเป็น 2.5 เท่าของความส่องสว่างในแนวดิ่ง)

A คือ solar altitude

อย่างไรก็ตามหากเมฆที่ปกคลุมท้องฟ้ามีลักษณะเป็นกลุ่มหนาทึบ หรือมีสีดำ เช่นเมฆฝนก็อาจทำให้แสงกระจายที่สะท้อนจากท้องฟ้าและปริมาณแสงตรงจากดวงอาทิตย์ถูกกั้น นั่นคือ แสงจะถูกดูดกลืนมากกว่าสะท้อน อัน

เป็นผลให้ค่าความสว่างจากท้องฟ้ามีค่าลดลง หากพิจารณาค่าความส่องสว่างในระดับระนาบแนวนอนและระนาบแนวตั้ง ซึ่งมีอิทธิพลในการพิจารณาการนำแสงธรรมชาติมาใช้

2.10 ความสัมพันธ์ระหว่างแสงธรรมชาติกับปริมาณการแผ่รังสีอาทิตย์

จากการวิจัย (Hopkinson, 1996) พบว่า ความสัมพันธ์ของปริมาณการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ทั้งหมดบนระนาบ (BTU/SQ.FT.) กับปริมาณความสว่างจากแสงสว่างของดวงอาทิตย์(footcandle) โดยวิธี regression equation เป็นสมการดังนี้

$$E = 104.8 + 31.007 * I$$

โดยที่ E คือ ปริมาณความสว่างจากแสงสว่างของดวงอาทิตย์ หน่วยเป็น footcandle

I คือ ปริมาณการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ทั้งหมดบนระนาบ หน่วยเป็น btu/hr.sq.ft.

ซึ่งเป็นความสัมพันธ์ครอบคลุมในทุกๆสภาพของลักษณะท้องฟ้าที่ท้องฟ้าเดียวกัน มีค่าความถูกต้องในการกะประมาณ (R-Square) เท่ากับ 0.97 และค่าความผิดพลาดมาตรฐาน (standard error) เท่ากับ 9.7 footcandles

2.11 การวิเคราะห์หาค่าความส่องสว่างภายในอาคารเนื่องจากแสงธรรมชาติด้วยวิธี daylight factor method

เป็นการพิจารณาความสว่างภายในอาคารที่ได้จากแสงธรรมชาติที่เหมาะสำหรับพื้นที่ ที่มีขนาดใหญ่ ระดับแสงภายในจะขึ้นกับสภาพท้องฟ้าเป็นหลัก ซึ่งสัมพันธ์กับตำแหน่งของดวงอาทิตย์ที่มีผลสำคัญต่อแสงสว่างและปริมาณความเข้มของแสง และขึ้นอยู่กับมุมที่ดวงอาทิตย์กระทำต่อพื้นที่แต่ละที่(altitude, azimuth) ซึ่งแปรเปลี่ยนไปตามวันและเวลาที่แตกต่างกัน องค์ประกอบที่สำคัญที่มีผลต่อแสงสว่างธรรมชาติ โดยทั่วไปพิจารณาจาก 3 องค์ประกอบคือ

1. องค์ประกอบจากท้องฟ้า (sky component)
2. องค์ประกอบภายนอก (externally reflected component)
3. องค์ประกอบภายใน (internally reflected component)

องค์ประกอบจากท้องฟ้า sky component (SC) โดยสภาพของท้องฟ้าจะเห็นได้ว่าในหลายสภาพ เช่น ท้องฟ้าโปร่ง (clear sky) หรือที่ปกคลุมด้วยเมฆจนบางครั้งไม่สามารถมองเห็นดวงอาทิตย์ได้ (component overcast sky)

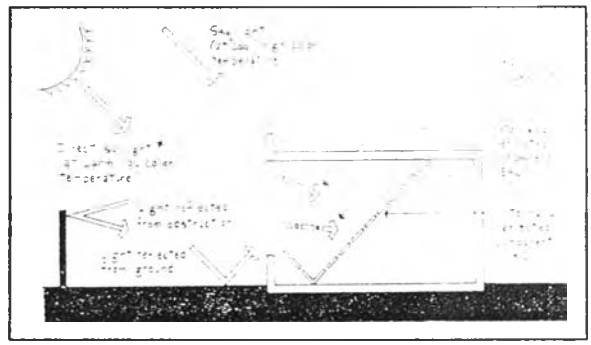
องค์ประกอบภายนอก externally reflected component (ERC) เป็นการพิจารณาที่เกิดจากการสะท้อนของวัตถุหรืออาคาร ที่ตั้งอยู่ภายนอกหรือบริเวณข้างเคียง แสงส่องผ่านเข้ามาสู่ตัวอาคารเสมือนเป็นแหล่งกำเนิดแสงอีกตัวหนึ่ง ซึ่งปริมาณแสงก็ขึ้นอยู่กับทิศทางที่แสงสะท้อนหรือคุณสมบัติของพื้นผิวที่สะท้อนนั้นๆ

องค์ประกอบภายใน internally reflected component (IRC) เป็นการพิจารณาแสงที่เกิดจากการสะท้อนของวัตถุหรืออาคารที่ตั้งอยู่ภายในอาคารโดยได้รับแสงจาก SC และ ERC และปริมาณแสงก็ขึ้นอยู่กับทิศทางที่แสงสะท้อนหรือคุณสมบัติของพื้นผิวที่สะท้อนนั้นๆ เช่นเดียวกันกับ ERC

การกำหนดค่า daylight factor (DF) ก็คือค่าสัดส่วนของปริมาณที่ตกลงบนพื้นที่ภายในอาคารแต่ละจุดใดๆ ต่อปริมาณแสงที่ตกลงบนพื้นที่แนวระนาบภายนอกอาคาร ค่าที่ได้เป็นเปอร์เซ็นต์

$$DF\ (\%) = \frac{\text{ความสว่างภายใน} * 100\%}{\text{ความสว่างภายนอก (ไม่รวมแสงแดดโดยตรง)}}$$

เช่นหาก DF มีค่าเท่ากับ 30% หมายความว่าพื้นที่ในที่นั้นๆได้รับปริมาณแสงเท่ากับ 30% ของปริมาณแสงภายนอกที่ได้รับ



รูปที่ 2.12 แสดง daylight factor องค์ประกอบจากท้องฟ้า (SC) องค์ประกอบภายนอก เช่น อาคารข้างเคียง (ERC) และองค์ประกอบภายใน (IRC)

ที่มา : Egan , 1983 :193

2.12 แหล่งกำเนิดแสงประดิษฐ์

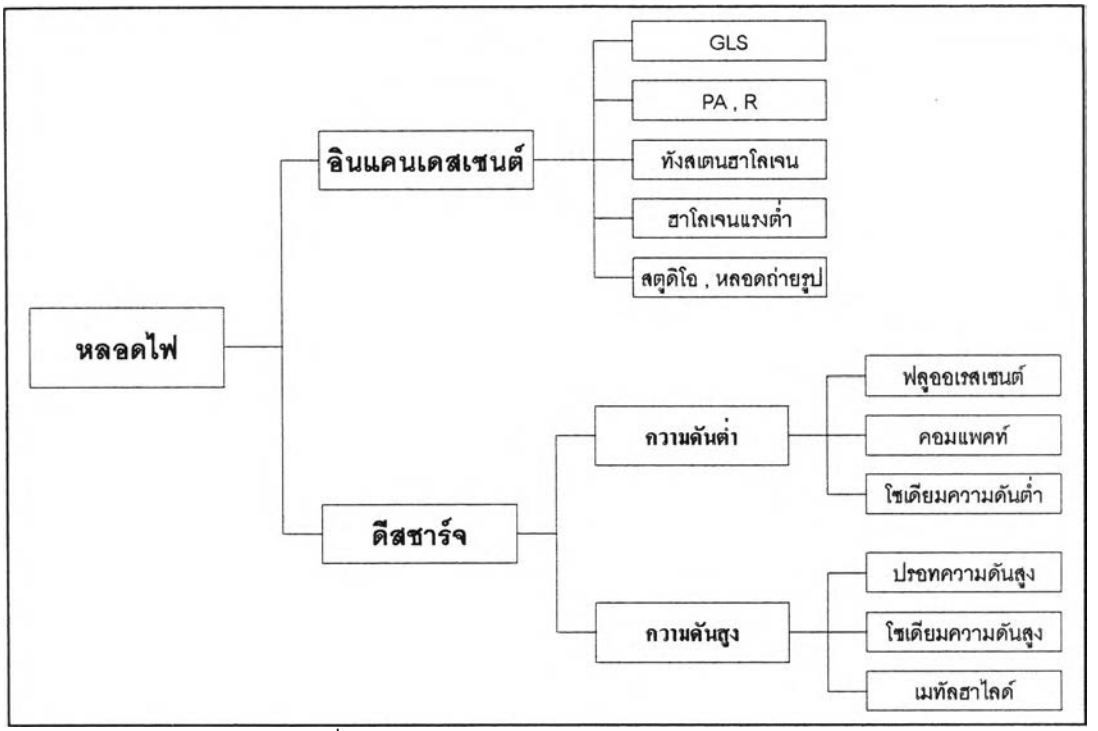
หลอดไฟฟ้า (lamps) มีหลายประเภท ซึ่งในแต่ละประเภทต่างก็มีข้อดีและข้อเสียที่แตกต่างกันออกไป โดยที่การนำไปใช้งานจะเป็นตัวกำหนดชนิดของหลอดไฟ เพื่อให้เหมาะสมกับวัตถุประสงค์ เช่น ถ้าต้องการความถูกต้องของสี ก็ควรเลือกใช้หลอดประเภทหนึ่ง ถ้าต้องการอายุการใช้งานที่ยาวนาน ก็อาจจะต้องเลือกใช้หลอดอีกประเภทหนึ่ง

การแบ่งประเภทของหลอดไฟ

หลอดไฟฟ้าแบ่งเป็นประเภทใหญ่ๆได้ดังนี้

ก. หลอดอินแคนเดสเซนต์ หรือ หลอดมีไส้

ข. หลอดดีสชาร์จ เป็นหลอดที่ไม่ต้องใช้ไส้หลอด หลอดในตระกูลนี้มีหลอดฟลูออเรสเซนต์ (หลอดปรอทความดันต่ำ) หลอดคอมแพคท์ หลอดปรอทความดันสูง หลอดโซเดียมความดันสูงและต่ำ หลอดเมทัลฮาไลด์



รูปที่ 2.13 ไดอะแกรมแสดงการแบ่งประเภทของหลอด

ที่มา : ชำนาญ ห่อเกียรติ : 2540 , 2-5

โดยทั่วไปหลอดในตระกูลอินแคนเดสเซนต์มีอายุการใช้งานสั้น แต่มีแสงสีที่อบอุ่น ส่วนหลอดในตระกูลดีสชาร์จมีอายุการใช้งานนาน จึงเหมาะสำหรับงานที่ต้องการเปิดทิ้งไว้เป็นเวลานาน หรือเหมาะที่จะใช้กับเพดานสูงๆ

ดวงโคม - luminaries

แหล่งกำเนิดแสงประเภทหลอดไฟส่วนใหญ่จะให้แสงออกมาทุกทิศทุกทาง ถ้านำมาใช้งานโดยตรงแล้ว จะเป็นการสิ้นเปลืองพลังงานมาก เพราะมีแสงกระจายไปในทิศทางต่างที่ไม่ต้องการด้วย อีกทั้งยังอาจทำให้เกิดความไม่สบายตาได้ จึงมีการออกแบบดวงโคมขึ้น

การเลือกใช้ดวงโคม ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายประการที่ควรพิจารณา ดังนี้

- การใช้งาน เป็นงานประเภทใด ใช้ภายนอกอาคาร หรือใช้ภายในอาคาร
- ชนิดของหลอด และจำนวนหลอด เป็นหลอดชนิดใด จำนวนหลอดที่ใช้ต่อดวงโคม
- โครงสร้าง เป็นแบบเปิดให้หลอดสัมผัสกับภายนอก หรือแบบปิด
- การติดตั้ง เป็นการติดตั้งแบบฝัง ติดตั้งลอย แขวนห้อย ฯลฯ
- คุณสมบัติทางแสง กราฟแสดงการกระจายแสงของดวงโคม (light distribution curve) กราฟแสดงค่าความสว่าง (luminance curve) และประสิทธิภาพของโคม
- คุณสมบัติทางไฟฟ้า ความปลอดภัยทางไฟฟ้า (electrical safety) ระดับการป้องกันอันตรายทางไฟฟ้า (class of protection) การถูกรบกวนด้วยคลื่นวิทยุ (radio interferance)
- คุณสมบัติทางกล ความปลอดภัยทางกล (mechanical safety) ระดับการป้องกันฝุ่นผงและน้ำ(degree of protection) ความปลอดภัยจากการเกิดเพลิงไหม้ (fire safety) การป้องกันการกระแทก และคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ทำดวงโคม

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คุณสมบัติของดวงโคม

- กราฟการกระจายแสงของดวงโคม (light distribution curve)

  กราฟการกระจายแสงของดวงโคมเป็นสิ่งที่ช่วยให้เราสามารถเลือกได้ว่า ดวงโคมชนิดนั้นเหมาะสมกับการใช้งานหรือไม่ อย่างไร โดยลักษณะของกราฟจะขึ้นอยู่กับชนิดของดวงโคมและวัสดุสะท้อนแสง หรือส่งผ่านแสง ซึ่งมีทั้งการกระจายแสงในลักษณะกราฟสมมาตรกับแนวดิ่ง และกราฟที่ไม่สมมาตร

กราฟการกระจายแสงของดวงโคม ทำหน้าที่บอกความเข้มของแสงในทิศทางต่างๆ จากแนวดิ่ง(มุม0) ขึ้นไปจนถึงแนวขั้วหลอด (มุม 90°) โดยทั่วไปมักบอกค่าในหน่วย แคนเดลาต่อกิโลลูเมน (cd/klm) ส่วนกราฟการกระจายแสงของดวงโคมที่ใช้ส่องเน้น (spot light) มักบอกค่าในหน่วย แคนเดลา

การบอกค่าความเข้มแสงอาจบอกด้วยค่า 2 ค่า คือ ค่าความเข้มแสงที่มุม 0° และความกว้างมุมลำแสง (beam angle) ที่ดวงโคมให้ได้ เป็นความเข้ม 10% หรือ 50% ของความเข้มแสงสูงสุด ซึ่งวิธีนี้มักใช้กับดวงโคมส่องเน้น ส่วนใหญ่แล้วดวงโคมที่ผลิตในสหรัฐอเมริกามักจะให้ค่ามุมลำแสงไว้ที่ความเข้ม 10% ของความเข้มสูงสุดโดยเรียกว่า beam spread ส่วนทางยุโรปหรือญี่ปุ่นมักจะให้ค่ามุมลำแสงไว้ที่ความเข้ม 50% ของความเข้มสูงสุด โดยเรียกว่า half beam angle แต่ทั้งนี้ในแต่ละแคตตาล็อคจะมีการอธิบายการใช้งานกราฟแสดงการกระจายแสงของดวงโคม และมุมลำแสงไว้ด้วย เพื่อให้ผู้เลือกใช้ดวงโคมเข้าใจได้

ตัวอย่างเช่น ดวงโคมชนิดหนึ่งผลิตที่อังกฤษมีความเข้มแสง 10,000 แคนเดลา มีมุมลำแสง (half beam angle) 8° หมายความว่า ดวงโคมดังกล่าวมีลำแสงส่องออกไป เป็นมุมกว้าง 8° มีค่าความเข้มแสงเหลือเพียง 5000 แคนเดลา โดยที่มีความเข้มแสงสูงสุดที่ศูนย์กลางลำแสงเท่ากับ 10,000 แคนเดลา

- กราฟความสว่าง หรือแสงบาดตา (luminance curve)

การพิจารณาการส่องสว่าง ควรคำนึงถึงความสบายของสายตาในการมองด้วย ดังนั้นการเลือกใช้ดวงโคมจึงต้องพิจารณาเรื่องของความสว่าง (luminance) และแสงบาดตา (glare) ด้วย

สำหรับการพิจารณาเรื่องของแสงบาดตามีอยู่หลายมาตรฐาน ซึ่งแต่ละอย่างก็มีวิธีพิจารณาแตกต่างกันออกไป ตัวอย่างเช่น กราฟความสว่างที่ใช้กันทางยุโรป หรือการใช้มุมแสงบาดตาของ CIE ที่ขึ้นอยู่กับชนิดของดวงโคม หรือลักษณะการให้แสงออกจากดวงโคม แต่จะไม่ขอกล่าวถึงในรายละเอียด ณ ที่นี้

- ชนิดและรูปแบบของวัสดุสะท้อน

เป็นสิ่งสำคัญที่ทำให้แสงจากหลอดไฟส่องไปยังทิศทางที่ต้องการได้ และช่วยลดแสงบาดตาด้วย วัสดุที่ใช้เป็นตัวสะท้อนแสงมีทั้งชนิดที่เป็นวัสดุผิวมัน และผิวหยาบ โดยที่วัสดุผิวมันจะมีการสะท้อนแสง (reflection) มากกว่าการกระจายแสง (diffuse) แต่วัสดุผิวหยาบจะมีการกระจายแสงมากกว่าการสะท้อนแสง และแม้ว่าจะเป็นดวงโคมรูปแบบเดียวกัน แต่หากเลือกใช้วัสดุสะท้อนแสงต่างชนิดกัน

- อัตราส่วนแสงจากดวงโคม (light output ratio)

หมายถึง อัตราส่วนปริมาณแสงที่ออกมาจากดวงโคมต่อปริมาณแสงที่ออกมาจากหลอดไฟ ถ้าอัตราส่วนแสงจากดวงโคมมีค่ามาก ดวงโคมนั้นย่อมมีประสิทธิภาพดี แต่ก็ไม่ได้หมายความว่าคุณภาพของแสงจะดีเสมอไป เพราะอาจเป็นดวงโคมที่มีแสงบาดตาก็ได้

ชนิดของดวงโคม

ดวงโคมสามารถแบ่งออกเป็นชนิดต่างๆตามลักษณะการกระจายแสงได้ดังนี้ (พิบูลย์ ดิษฐอุดม , 2521: 63-69)

1. ดวงโคมชนิดกระจายแสงลง (direct luminaire) แสงส่วนใหญ่จากดวงโคมประเภทนี้ประมาณ 90-100 เปอร์เซ็นต์ จะกระจายลงสู่เบื้องล่าง ข้อดีของลักษณะดวงโคมประเภทนี้คือ เราสามารถที่จะควบคุมทิศทางของแสงให้ไปตกบนพื้นที่ที่เราต้องการได้โดยง่าย อย่างไรก็ตามสิ่งที่จะต้องพิถีพิถันเป็นพิเศษก็คือ ความแตกต่างของความจ้าระหว่างผนังเพดานกับตัวดวงโคมเอง ซึ่งอาจแก้ไขได้โดยทาสีห้อง หรือใช้วัสดุต่างๆ ตลอดจนเฟอร์นิเจอร์ที่มีเปอร์เซ็นต์ในการสะท้อนแสงสูงเข้าช่วย
2. ดวงโคมชนิดกึ่งกระจายแสงลง (semi-direct luminaire) ดวงโคมประเภทนี้จะกระจายแสงลงสู่เพดานประมาณ 10-40 เปอร์เซ็นต์ วิธีนี้เราสามารถที่จะลดความแตกต่างของความจ้าระหว่างดวงโคมและเพดานได้อย่างดีที่เดียว ข้อเสียของดวงโคมประเภทนี้และดวงโคมชนิดกระจายแสงลงก็คือ อาจจะเกิดเงาขึ้นบนพื้นงานได้ง่าย ถ้าระยะห่างระหว่างดวงโคมอยู่ห่างกันมากเกินไป
3. ดวงโคมชนิดกระจายแสงรอบด้านหรือกระจายแสงแบบขึ้น - ลง (general diffuse or direct-indirect luminaire) ลักษณะของดวงโคมประเภทนี้จะกระจายแสงลงสู่พื้นและกระจายแสงพุ่งขึ้นสู่เพดานพอๆ กัน ข้อแตกต่างของลักษณะการกระจายแสงแบบรอบด้านและการกระจายแสงแบบขึ้น - ลงก็คือ การะกระจายแสงแบบรอบด้านจะมีแสงบางส่วนพุ่งออกมาในแนวระดับด้วย การควบคุมการกระจายแสงของดวงโคมประเภทนี้ให้ไปตกบนพื้นที่ที่เราต้องการทำได้ยากกล่าวคือ ค่าสัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์ (coefficient of utilization) ของดวงโคมประเภทนี้จะมีค่าต่ำกว่าดวงโคมสองประเภทแรกแต่ดวงโคมประเภทนี้จะให้ค่าความจ้าทั้งพื้นผิวห้องดูสม่ำเสมอและสบายตา
4. ดวงโคมชนิดกึ่งกระจายแสงขึ้น (semi-direct luminaire) ปริมาณแสงส่วนใหญ่ประมาณ 60-90 เปอร์เซ็นต์จากดวงโคมชนิดนี้ จะกระจายขึ้นสู่เพดาน และปล่อยให้แสงส่วนที่เหลือกระจายลงสู่พื้น เพดานจึงทำหน้าที่คล้ายแหล่งกำเนิดแสงแผ่นใหญ่แผ่นหนึ่ง ซึ่งจะสะท้อนแสงลงสู่เบื้องล่าง ฉะนั้นความสามารถในการสะท้อนแสงของเพดานจะต้องสูงมาก ลักษณะการกระจายแสงเช่นนี้ ความจ้าระหว่างตัวดวงโคมกับเพดานจะไม่แตกต่างกันมากนัก เรามักจะใช้ดวงโคมชนิดนี้ในสถานที่ที่มีปัญหาเกี่ยวกับเรื่องการที่แสงแยงตา (glare) มากๆ
5. ดวงโคมชนิดกระจายแสงขึ้น (indirect luminaire) ปริมาณแสงจากดวงโคมเกือบทั้งหมดประมาณ 90-100 เปอร์เซ็นต์จะกระจายขึ้นสู่เพดานและส่วนบนของผนัง แล้วจึงสะท้อนสู่พื้นงาน ความจ้าทั่วบริเวณห้องดูจะสม่ำเสมอจนเกือบเท่ากันหมดถ้าระยะที่ห้อยดวงโคมจากเพดานมีค่ามากพอ ข้อเสียของดวงโคมประเภทนี้ก็คือ มันจะมีค่าสัมประสิทธิ์การใช้ระโยชน์ต่ำสุด

ดัชนีบอกความถูกต้องของสี (colour rendering index , CRI)

ดัชนีบอกความถูกต้องของสีเป็นตัวชี้ให้เห็นว่าสีของแสงจากแหล่งกำเนิดที่ส่องวัตถุนั้น จะให้ความถูกต้องของสีกับวัตถุที่เราเห็นนั้นมากน้อยเพียงไร แสงที่มีค่า CRI เท่ากับ 100 หมายความว่าสีของแสงนั้นๆ ให้สีที่ถูกต้องกับวัตถุไม่ผิดเพี้ยน แสงธรรมชาติเป็นแสงที่ให้ความถูกต้องของสีมากที่สุดเพราะแสงธรรมชาติมีสีในสเปคตรัมของแสงครบทุกสี หากเปรียบเทียบกับสีของแสงจากหลอดโซเดียมความดันต่ำที่เห็นเป็นสีเหลือง ค่า CRI ของแสงนี้มีค่าเท่ากับศูนย์ คือ เมื่อส่องไปที่วัตถุใดก็ตามสีของวัตถุก็เพี้ยนไปหมดทุกสีจึงไม่เหมาะกับการนำมาใช้งานที่ต้องการมองเห็นรายละเอียดของสีเลย

อุณหภูมิสี (color temperture)

สีของแสงมักบอกกันด้วยอุณหภูมิสีทำให้สามารถเข้าใจได้ชัดเจนกว่าการบอกด้วยสีทั่วๆ ไปที่ทำกัน สีที่บอกด้วยอุณหภูมิสี เช่น 3,500 เคลวิน หมายถึง สีที่เห็นเมื่อเผาวัตถุดำ (black body) ที่อุณหภูมิ 3,500 เคลวิน วัตถุดำในที่นี้หมายถึงวัตถุที่มีการดูดซึมความร้อนไปได้ทั้งหมด ซึ่งเมื่อถูกเผาที่อุณหภูมิต่างๆ ก็จะให้สีต่างๆ กัน (ชำนาญ ห่อเกียรติ : 2540 , 1-14)

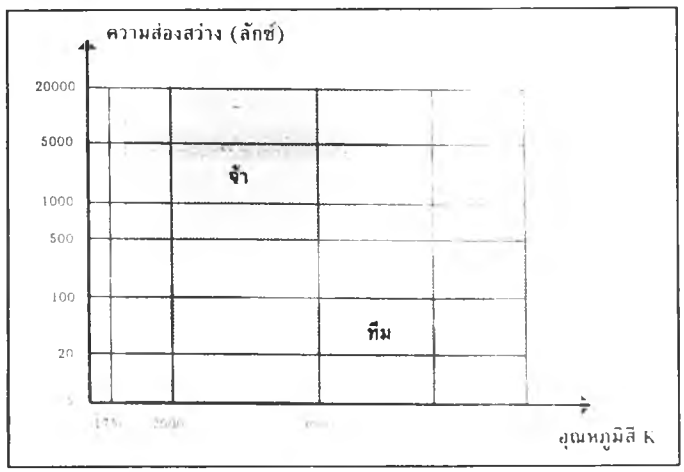
2,200	องศาเคลวิน	มีสี	เหลืองจัด	เทียบกับสีของหลอดโซเดียมความดันต่ำ
2,500	องศาเคลวิน	มีสี	เหลืองทอง	เทียบกับสีของหลอดโซเดียมความดันสูง
2,800	องศาเคลวิน	มีสี	เหลืองอ่อน	เทียบกับสีของหลอดอินแคนเดสเซนต์
3,000	องศาเคลวิน	มีสี	เหลืองขาว	เทียบกับสีของหลอดฮาโลเจน
3,500	องศาเคลวิน	มีสี	เหลืองแดง	เทียบกับสีของหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดwarm white
4,000	องศาเคลวิน	มีสี	ขาวเย็น	เทียบกับสีของหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิด cool white
6,500	องศาเคลวิน	มีสี	ขาวปนฟ้า	เทียบกับสีของหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิด daylight

โดยทั่วไปแล้วสามารถแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มใหญ่ คือ warm , intermediate และ cold

โดย	warm	จะมีอุณหภูมิสี	ต่ำกว่า 3,300 k
	intermediate	จะมีอุณหภูมิสี	3,300 k – 5,300 k
	cold	จะมีอุณหภูมิสี	สูงกว่า 5,300 k

ความสัมพันธ์ระหว่างความส่องสว่างและอุณหภูมิสี

การใช้แสงสีของหลอดให้สัมพันธ์กับความส่องสว่างมีความสำคัญมาก หากเลือกใช้สีของแสงไม่เหมาะสมกับความส่องสว่างที่ต้องการ จะทำให้เกิดความรู้สึกหดหู่ หรือไม่ก็จะรู้สึกจ้า



รูปที่ 2.14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิสีและลักซ์

ที่มา : ชำนาญ ห่อเกียรติ , 2540 : 1-16

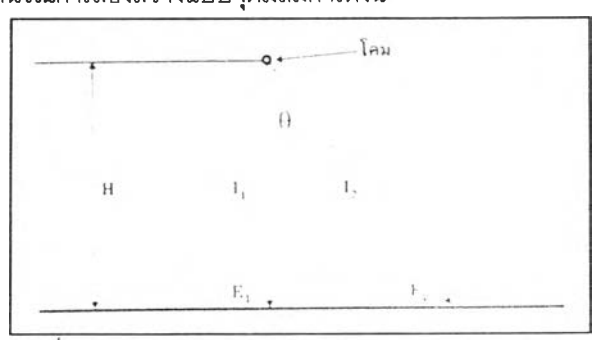
จากรูปสามารถอธิบายได้ว่า หากใช้หลอดที่มีคุณภาพสีต่ำที่ความส่องสว่างสูงจะทำให้ภายในห้องดูจ้าเกินไป และหากใช้หลอดที่มีคุณภาพสีสูงที่ความส่องสว่างต่ำก็จะทำให้ภายในห้องดูทึมเกินไป ดังนั้นความส่องสว่างที่เหมาะสมกับคุณภาพสีของหลอดคือบริเวณตรงกลาง อย่างไรก็ตามในบางครั้งอาจใช้หลอดที่มีคุณภาพสีต่ำที่ความส่องสว่างสูงในบริเวณที่ไม่ต้องใช้เวลานานในการมองได้โดยไม่ทำให้รู้สึกจ้าจนเกินไป เช่น บริเวณตู้จัดแสดงสินค้า

2.13 การคำนวณระดับความส่องสว่างจากแสงประดิษฐ์ภายในอาคาร

<u>การคำนวณแบบจุดต่อจุด</u>

การคำนวณแบบจุดต่อจุด คือการคำนวณหาความส่องสว่างทีละจุดที่จุดที่ต้องการ การคำนวณแบบนี้จำเป็นต้องทราบกราฟกระจายแสงของโคม มักจะใช้คำนวณหาค่าระดับความส่องสว่างในบริเวณเล็กๆ บริเวณใดบริเวณหนึ่ง หรือจุดใดจุดหนึ่งบนพื้นงาน เช่น การคำนวณความส่องสว่างเนื่องจากโคมไฟส่องสว่างแบบสปอต เพื่อใช้กับรูปปั้นหรือรูปภาพ เป็นการคำนวณที่อาศัยกฎกำลังสองผกผัน หาค่าระดับความส่องสว่างในจุดที่พิจารณา

สูตรสำหรับการคำนวณการส่องสว่างแบบจุดมีสมการดังนี้



รูปที่ 2.15 รูปประกอบการคำนวณแสงสว่างแบบจุดต่อจุด

ที่มา : ชำนาญ ห่อเกียรติ , 2540 : 4-31

ความส่องสว่างใต้โคมสามารถหาได้จากสมการ

$$E_v = I / H^2$$

โดย E_v คือ ความส่องสว่างในแนวตั้งฉากกับแสง (ลักซ์)

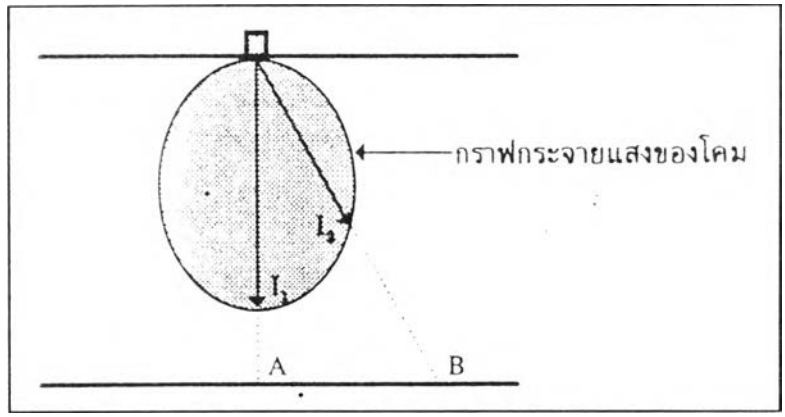
I คือ ความเข้มแสง (แคนเดลา)

H คือ ระยะจากโคมไปยังจุดที่ต้องการ (เมตร)

ความส่องสว่างที่จุดห่างจากดวงโคมออกไปมีสมการดังนี้

$$E_2 = I_2 x \cos^3\Theta / H^2$$

การคำนวณการส่องสว่างแบบจุดต่อจุด นอกจากต้องการคำนวณความส่องสว่างแล้ว ก็ควรคำนวณเส้นผ่านศูนย์กลางของวงแสงด้วย โดยทั่วไปความส่องสว่างที่ใช้เพื่อคำนวณเส้นผ่านศูนย์กลางของ วงแสง คือ 100 ลักซ์ เพราะที่ความส่องสว่างประมาณ 100 ลักซ์ จะเห็นเป็นวงแสงที่ค่อนข้างชัด

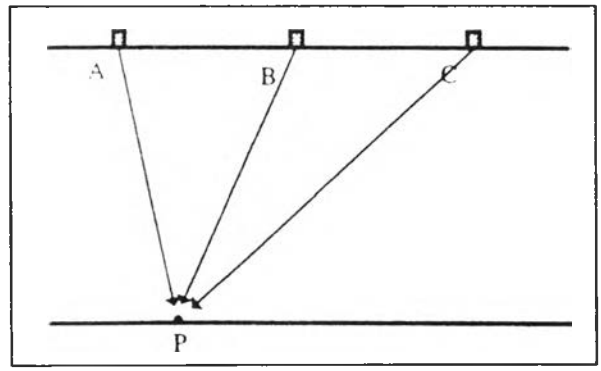


รูปที่ 2.16 การคำนวณจุดต่อจุดจากโคมต้องอาศัยค่าความเข้มแสงจากโคมในทิศทางที่ต้องการคำนวณความส่องสว่าง

ที่มา : ชำนาญ ห่อเกียรติ , 2540 : 4-32

จากรูปที่ 2.16 เมื่อต้องการคำนวณความส่องสว่างที่จุด A หรือ B ก็ต้องหาความเข้มแสง (แคนเดลา) จากกราฟการกระจายแสงของโคมในทิศทางที่ส่องไปที่ A และ B ก่อนที่จะใช้สูตรในสมการข้างต้น

ในกรณีที่มีโคมหลายโคมสามารถหาความส่องสว่างที่จุดใดๆ เนื่องจากโคมแต่ละโคมแล้วนำมารวมกันดังแสดงในรูปที่ 2.17 เมื่อต้องการหาความส่องสว่างที่จุด P ดังในรูป ต้องหาความส่องสว่างเนื่องจากโคมไฟ A B และ C ที่จุด P แล้วนำมารวมกันแบบพีชคณิต เช่น ความส่องสว่างเนื่องจากโคมไฟ A B และ C ในแนวระดับที่จุด P ได้ค่า 200 100 และ 50 ลักซ์ ตามลำดับ ดังนั้นความส่องสว่างในแนวระดับที่จุด P มีค่า 200+100+50 = 350 ลักซ์



รูปที่ 2.17 แสดงการหาค่าความส่องสว่างจากหลายๆดวงโคม

ที่มา : ชำนาญ ห่อเกียรติ , 2540 : 4-32

zone cavity method

เป็นการพิจารณาระดับความส่องสว่างเฉลี่ยทั้งห้องที่พิจารณา จากนิยามของความส่องสว่าง

$$E = L / A \quad ; \quad \frac{\text{ปริมาณแสงทั้งหมดที่เปล่งออกมาจากดวงโคม (ลูเมน)}}{\text{พื้นที่ที่ต้องการพิจารณาระดับการส่องสว่าง (ตารางเมตร หรือ ตารางฟุต)}}$$

เนื่องจากเป็นการพิจารณาค่าเฉลี่ยของแสงที่เปล่งออกมาจากดวงโคมที่กระจายอยู่ทั่วห้อง บางส่วนจะถูกดูดกลืน และบางส่วนจะถูกสะท้อนโดยฝ้าเพดาน ผนัง พื้น และวัสดุภายในห้อง ดังนั้นปริมาณแสงที่พิจารณาจะต้องพิจารณาร่วมกับ 2 องค์ประกอบหลัก คือ องค์ประกอบที่มีผลทำให้ค่าระดับความส่องสว่างเปลี่ยนไป อันเนื่องมาจากค่าการดูดกลืน และการสะท้อนของวัตถุรอบๆ พื้นที่ที่พิจารณา (coefficient of utilization)

องค์ประกอบที่มีผลให้ปริมาณแสงลดลงของดวงโคม (LLF) มีหัวข้อที่พิจารณาดังนี้

1. ฝุ่นหรือความสกปรก
   - ความสกปรกของห้อง (room surface dirt depreciation) หรือ RSDD
   - ความสกปรกของหลอด (luminaire dirt depreciation) หรือ LDD
   - ความสกปรกของโคม (luminaire surface depreciation) หรือ LSD
2. อายุการใช้งานของหลอดไฟ (lamp lumen depreciation) หรือ LLD
3. บัลลาสต์ (luminaire ballast factor) หรือ IBF
4. อุณหภูมิโดยรอบหลอด (luminaire ambient temperature factor) หรือ LAT
5. ระดับแรงดันกำลังไฟฟ้าของหลอด (voltage to luminaire factor) หรือ VLF
6. การจุดติดของหลอด (lamp burnout factor) หรือ LBO

$$LLF = RSDD * LDD * LSD * LLD * LBF * LAT * VLF * LBO$$

โดยทั่วไป (ชำนาญ ห่อเกียรติ , 2540 : 4-2)

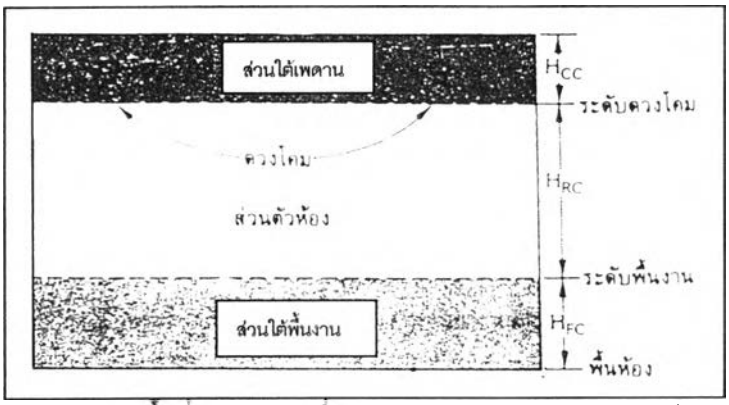
- อาคารสะอาด มีการทำความสะอาดบ่อยครั้ง ค่า LLF จะสูง ประมาณ 0.90 เช่น ห้องเด็กอ่อนในโรงพยาบาล
- อาคารที่มีการทำความสะอาดเป็นครั้งคราว ค่า LLF จะสูง ประมาณ 0.75-0.80 เช่น อาคารสำนักงานที่มีการทำความสะอาดเป็นครั้งคราว
- อาคารที่มีการทำความสะอาดน้อย ค่า LLF จะสูง ประมาณ 0.50 เช่น ห้องเก็บของ

ดังนั้นสมการจะเป็น

$$E = L / A * LLF$$

องค์ประกอบมี่มีผลให้ค่าระดับความส่องสว่างเปลี่ยนไป (CU) เป็นค่าที่แสดงการนำแสงสว่างมาใช้งานจริง ซึ่งขึ้นอยู่กับความกว้าง ยาว สูงและคุณสมบัติในการสะท้อนแสงของเพดาน ผนัง พื้น เป็นค่าที่หาได้จากการเปิดตารางการหาค่า CU พิจารณาโดยแบ่งห้องที่ต้องการหาค่าระดับความส่องสว่างออกเป็น 3 ส่วน(zonal cavity) ได้แก่

- ส่วนโพรงเพดาน (ceiling cavity) คือส่วนตั้งแต่เพดานจนถึงระดับดวงโคม หรือระดับความต่ำของดวงโคม
- ส่วนตัวห้อง (room cavity) คือส่วนที่อยู่ต่ำจากระดับดวงโคมลงมาถึงระดับพื้นที่ใช้งานหรือ Working Plane
- ส่วนใต้พื้นที่ใช้งาน (floor cavity) คือส่วนที่อยู่ต่ำจากระดับพื้นที่ใช้งานลงมาถึงพื้นห้อง



รูปที่ 2.18 การแบ่งส่วนพื้นที่ภายในห้องเพื่อพิจารณาค่าความส่องสว่างตามวิธี zonal cavity method

ที่มา : พิบูลย์ ดิษฐอุดม , 2521 : 82

และพิจารณาทั้งสามส่วนเป็นอัตราส่วนระหว่างพื้นที่ในแนวดิ่งต่อพื้นที่ในแนวตั้ง หรืออัตราส่วนโพรง (cavity ration) ทั้งสามส่วน

- อัตราส่วนโพรงเพดาน (ceiling cavity ratio หรือ CCR)
- อัตราส่วนตัวห้อง (room cavity ratio หรือ RCR)
- อัตราส่วนใต้พื้นที่ใช้งาน (floor cavity ratio หรือ FCR)

โดยที่อัตราส่วนโพรงแต่ละค่าคำนวณได้จากความสูงของแต่ละส่วนที่สัมพันธ์กับความกว้าง (W) ยาว (L) ของห้อง เขียนเป็นสมการได้ดังนี้

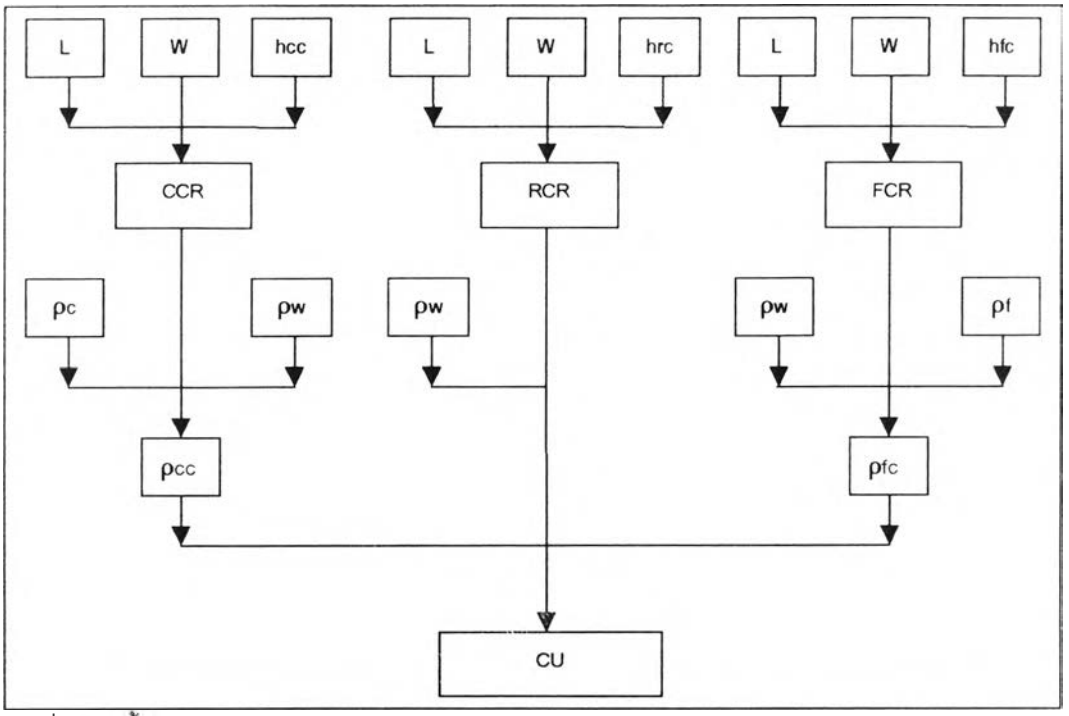
$$CCR = 5\ hcc\ (W + L) / W * L$$

$$RCR = 5\ hrc\ (W + L) / W * L$$

$$FCR = 5\ hfc\ (W + L) / W * L$$

การคำนวณค่า CU มีขั้นตอนดังนี้

1. หาค่า CCR , RCR และ FCR
2. หาค่าการสะท้อนแสงของฝ้าเพดาน (ρcc) ผนัง (ρw) และพื้น (ρfc)
3. หาค่า CU จากการเปิดตารางตามภาคผนวก หากค่าไม่ต้องใช้วิธีเทียบบัญญัติไตรยางค์เพื่อปรับค่า CU



รูปที่ 2.19 ขั้นตอนการหาค่า coefficient of utilization จากแสงประดิษฐ์ตามวิธี zonal cavity method

ดังนั้นสมการจะกลายเป็น

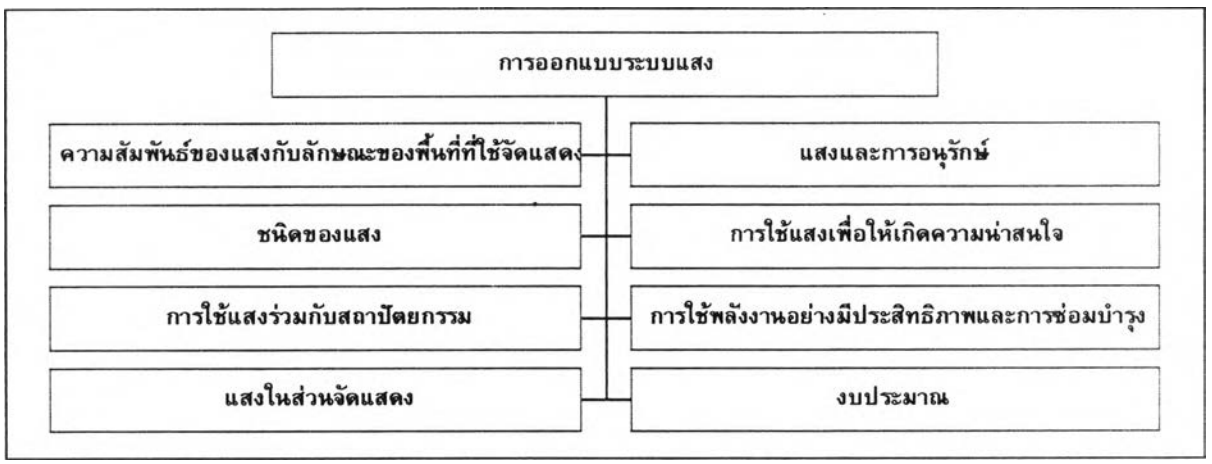
$$E = L / A * LLF * CU$$

2.14 หลักการและข้อควรพิจารณาในการนำแสงเข้ามาใช้ในอาคารพิพิธภัณฑ์

ในการนำแสงเข้ามาใช้ในอาคาร ไม่ว่าจะเป็นแสงธรรมชาติหรือแสงประดิษฐ์ มีข้อควรพิจารณาดังนี้

1. **ความสัมพันธ์ของแสงกับลักษณะของพื้นที่ที่ใช้จัดแสดง** ถ้าพื้นที่มีการจัดแสดงไม่สัมพันธ์กับแสงที่ได้หรือที่ออกแบบไว้ อาจจะไม่ทำให้เกิดความน่าสนใจ
2. **ชนิดของแสง** ไม่ว่าจะเป็นแสงธรรมชาติหรือแสงประดิษฐ์ ควรมีการพิจารณาให้เหมาะสมกับพื้นที่และวัตถุที่จะจัดแสดง ซึ่งในการจัดแสดงวัตถุต่างชนิดกัน ย่อมต้องการแสงที่แตกต่างกัน เช่น ในการจัดแสดงวัตถุ 2มิติชนิดที่ไวแสง ต้องควบคุมให้มีระดับความส่องสว่างไม่เกิน 50 ลักซ์ หากใช้แสงธรรมชาติย่อมควบคุมได้ยาก ในขณะที่จัดแสดงวัตถุ 3 มิติที่ทำจากวัสดุประเภท หิน เซรามิค การเลือกใช้แสงธรรมชาติจะทำให้เห็นมิติของวัตถุได้ชัดเจนโดยที่ไม่จำเป็นต้องใช้แสงประดิษฐ์เลยก็ได้หากในบริเวณนั้นมีระดับความส่องสว่างเพียงพอต่อการมองเห็นและไม่มีแสงแดด
3. **การใช้แสงร่วมกับสถาปัตยกรรม** แสงเป็นส่วนหนึ่งของอาคารและจะประสบความสำเร็จได้ ถ้ามีการออกแบบร่วมกันอย่างเหมาะสมระหว่างแสงธรรมชาติและแสงประดิษฐ์
4. **แสงในส่วนจัดแสดง** ในการใช้แสงในส่วนนี้ ควรจะคำนึงถึงความรู้สึก ความน่าสนใจที่จะเกิดแก่ผู้เข้าชม ไม่ควรให้มีแสงบาดตาหรือแสงจ้าเข้าสู่ตา
5. **แสงและการอนุรักษ์** คลื่นพลังงานในแสง เป็นตัวการในการทำให้วัตถุเกิดความเสียหาย ดังนั้น ควรพิจารณาถึงชนิดของวัตถุ ชนิดของแสง ระดับของแสง ที่ทำให้เกิดความน่าสนใจ ที่จะไม่ทำให้วัตถุเกิดความเสียหาย หรือเสียหายน้อยที่สุด

6. **การใช้แสงเพื่อให้เกิดความน่าสนใจในการจัดแสดง** ควรมีการใช้แสงให้สัมพันธ์กับลักษณะของชิ้นงาน เช่น ถ้าเป็นการจัดแสดงภาพนิ่งก็ต้องใช้แสงอย่างหนึ่ง ถ้าเป็นการจัดแสดงภาพเคลื่อนไหว ซึ่งต้องใช้อุปกรณ์ต่างๆ เช่นวีดีโอ เครื่องฉาย จะต้องจัดแสดงหรือออกแบบระบบแสงให้สัมพันธ์กับอุปกรณ์เหล่านั้น
7. **การใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ** ควรจะคำนึงถึงชนิดหรืออุปกรณ์ของหลอดไฟที่มีประสิทธิภาพสูง ซึ่งจะให้ปริมาณแสงที่ออกมามากเมื่อเทียบกับปริมาณพลังงานที่ป้อนเข้าไป
8. **การบำรุงรักษา** ประสิทธิภาพของแสงที่ได้ขึ้นอยู่กับการบำรุงรักษา การทำความสะอาด อุปกรณ์ต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ประกอบกับตัวหลอดไฟหรือ ผนัง หน้าต่าง
9. **งบประมาณ** ในทางด้านเทคนิคจะประกอบไปด้วย 2 อย่าง คือ ในส่วนของการติดตั้งและดำเนินงาน สำหรับในส่วนของการติดตั้งระบบที่มีประสิทธิภาพ อาจจะต้องเสียค่าใช้จ่ายมากแต่เมื่อเทียบกับงบประมาณการก่อสร้างอาคารแล้ว ยังถือว่าน้อยอยู่มาก



รูปที่ 2.20 **แสดงข้อควรพิจารณาในการออกแบบแสงสว่างในอาคารพิพิธภัณฑ์**

ที่มา CIBSE lighting guide art galleries & museums,1993 : 3

<u>การใช้แสงธรรมชาติในอาคารพิพิธภัณฑ์</u>

แสงธรรมชาติ เป็นแสงที่เหมาะสมที่สุดในการจัดแสดงพิพิธภัณฑ์ เพราะเป็นแสงที่ทำให้รู้สึกนุ่มนวลและไม่เปลี่ยนแปลงสีของวัตถุ(จิราภรณ์ อรัณยะนาค, 2539 :13) แต่เนื่องจากแสงธรรมชาติมีองค์ประกอบที่มีทั้งรังสีUV, รังสี Infrared, รังสีที่มองเห็นได้ ซึ่งมีความยาวคลื่นสามารถที่จะทำให้เกิดความเสียหายแก่วัตถุต่าง ๆ ดังนั้น ควรจะคำนึงถึงการอนุรักษ์ด้วยโดยในการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ในอาคารพิพิธภัณฑ์นั้น หัวใจสำคัญคือ ไม่ควรให้แสงส่องไปยังวัตถุโดยตรง (จิราภรณ์ อรัณยะนาค,2539 :40) ดังนั้น แสงที่เข้าสู่อาคารควรเป็นแสงแบบกระจาย (diffuse light) หรือแสงที่ผ่านการสะท้อนก่อนเข้าสู่อาคาร เพื่อลดปริมาณความร้อน ปริมาณรังสีUV ยิ่งถ้าแสงผ่านการสะท้อนมากครั้งเท่าไร ยิ่งช่วยลดปริมาณความร้อน และรังสีUVได้มากเท่านั้น แต่จะต้องคำนึงถึงปริมาณแสงที่จะเข้าสู่อาคารด้วย เพราะปริมาณแสงก็จะลดตามจำนวนครั้งของการสะท้อนด้วย

William Lam ได้ทำการศึกษาและพบว่า หลังจากที่แสงสะท้อนวัสดุที่มีพื้นผิวเป็นสีขาวครั้งที่1 การสะท้อนตั้งแต่ครั้งที่ 2จะทำให้ปริมาณรังสีUVลดลงได้ถึง 95 % (After the first bounce, each additional bounce of daylighting reduce the UV component by about 95%)

วัสดุที่ใช้ในการนำแสงธรรมชาติ เข้ามาไม่ว่าจะเป็นกระจกหรือวัสดุโปร่งแสง ควรจะพิจารณาค่าการส่องผ่านของทั้งปริมาณแสง ปริมาณรังสีUVรังสีInfrared รวมถึงคุณภาพของแสง เช่น สีของแสงที่จะผ่านกระจกเข้ามา

ในการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ ควรจะมีการตรวจสอบการโคจรของพระอาทิตย์ ทิศทาง, คุณภาพแสง และปริมาณแสงที่จะได้ เพราะในเวลาต่างกันย่อมจะมีทิศทางต่างกัน รวมถึงควรใช้อุปกรณ์บังแดดที่เหมาะสมที่สามารถปรับเปลี่ยนทิศทาง หรือลดปริมาณแสงด้วย แต่จะต้องระวังสีของแสงที่ได้จากการสะท้อนอุปกรณ์บังแดดที่มีสี เพราะสีของแสงธรรมชาติจะเปลี่ยนไปตามสีของอุปกรณ์นั้น

การใช้แสงประดิษฐ์ในอาคารพิพิธภัณฑ์

แสงธรรมชาติ ถึงแม้ว่าจะเหมาะสมกับวัตถุทำให้วัตถุดูเหมือนจริง ไม่บิดเบือน แต่แสงธรรมชาติก็มีข้อจำกัดในการใช้ คือ เป็นแสงที่ควบคุมได้ยาก เปลี่ยนแปลงตลอดวันและเวลา ดังนั้น ทางเลือกอีกทางหนึ่งของการใช้แสงภายในอาคารพิพิธภัณฑ์ ก็คือแสงประดิษฐ์ การใช้แสงประดิษฐ์ในส่วนจัดแสดง สิ่งที่จะต้องคำนึงก็คือ การใช้แสงเพื่อช่วยทำให้เกิดความน่าสนใจต่อวัตถุ แต่วัตถุแต่ละชนิดก็ต้องการปริมาณและคุณภาพแสงที่แตกต่างกัน ดังนั้น จึงไม่มีหลักการที่ตายตัวแน่นอน ถึงแม้ว่าจะเคยมีการทดลองเพื่อกำหนดความส่องสว่าง สำหรับการจัดแสดงวัตถุต่าง ๆ ในอาคารพิพิธภัณฑ์ แต่ก็ไม่สามารถสร้างมาตรฐานได้ว่าควรจะใช้ความส่องสว่างที่เท่าไรกับวัตถุแต่ละชนิด แต่โดยหลักการแล้วแสงในอาคารพิพิธภัณฑ์ควรจะเป็นแสงที่ไม่จ้าจนเกินไป แต่ก็ต้องเพียงพอต่อการมองเห็น นั่นคือ ควรจะเป็นแสงที่อ่อนนุ่ม

การใช้แสงประดิษฐ์ขึ้นอยู่ที่ลักษณะของการจัดแสดง และวัตถุที่ใช้ในการจัดแสดงบางอย่างอาจจะซ่อนตำแหน่งไฟ บางอย่างอาจจะใช้ติดบนหลังคาแทนแสงธรรมชาติ ซึ่งจะให้แสงในปริมาณที่คงที่และกระจายทั่วกันมากกว่าแสงธรรมชาติ แต่จะต้องแน่ใจว่าเหมาะสมกับการจัดแสดง และพื้นที่ที่ใช้จัดแสดงไม่ขัดแย้งกันระหว่างแสงที่ส่องไปยังวัตถุกับแสงรอบ ๆ หลักการที่พอจะใช้เป็นแนวทางก็คือระดับความส่องสว่างทางแนวตั้ง (vertical illuminance) โดยประมาณ เป็น 3 : 1 ถ้าอัตราส่วนมากกว่านี้ อาจจะทำให้เกิดความจ้าได้จนทำให้ผู้เข้าชมจะต้องใช้เวลาในการปรับสายตา อาจจะทำให้เกิดความจ้าได้ จนทำให้ผู้เข้าชมจะต้องใช้เวลาในการปรับสายตา แต่อัตราส่วนนี้ก็ไม่ได้กำหนดตายตัวแน่นอน อาจจะขึ้นอยู่กับบรรยากาศและความเหมาะสมของวัตถุแต่ละชนิด

ในการตัดสินใจหรือออกแบบแสงประดิษฐ์นั้น สิ่งที่ควรจะพิจารณาก็คือ

1. ความถูกต้องของสี(colour rendering index)จะต้องไม่ต่ำกว่า 90(CIBSE lighting guide art gallenes & museums,1993:16)
2. เราต้องการแสงประเภท cool light หรือ warm light เพื่อสร้างบรรยากาศ
3. ค่าปริมาณรังสีUVของแสงจากแหล่งกำเนิดแสงชนิดใดน้อยที่สุด
4. ความร้อนและปริมาณรังสีInfraredของหลอดไฟที่ใช้เป็นเท่าใด และควรใช้ชนิดที่มีค่าน้อยที่สุด
5. spectrum ของหลอดไฟเป็นอย่างไร เหมาะสมกับวัตถุหรือไม่

2.15 ชนิดหลอดไฟที่เหมาะสมกับอาคารพิพิธภัณฑ์ (Garry,1978:8-10)

ในการใช้หลอดไฟในอาคารพิพิธภัณฑ์นั้น สิ่งที่จะต้องคำนึงก็คือ คุณภาพแสง ลำแสง สี ปริมาณ รังสีUVและรังสีInfrared อันเกิดจากหลอดไฟ ดังนั้น ในการเลือกใช้ก็แล้วแต่เทคนิคและวิธีการในการจัดแสดงว่าเหมาะสมกับหลอดไฟชนิดใด แต่ที่จะกล่าวต่อไปนี้เป็นหลอดไฟพื้นฐานที่สามารถใช้ได้ในอาคารพิพิธภัณฑ์ และมีใช้ทั่วไปในอาคารพิพิธภัณฑ์ สำหรับหลอดไฟชนิดอื่นนั้นในการเลือกใช้จะต้องตรวจสอบดูจากคู่มือการใช้หลอดไฟของแต่ละชนิด

- หลอดอินแคนเดสเซนต์

หลอดไฟชนิดนี้ให้อุณหภูมิสีที่ดี ดูแล้วเหมือนจริง และทำให้บรรยากาศดูอบอุ่น ถึงแม้ว่าจะให้ปริมาณแสงที่ต่ำ แต่ก็มีหลายชนิดให้เลือกใช้ ลำแสงที่ได้จะมีทั้งลำแสงที่กว้างและแคบ เราสามารถควบคุมปริมาณแสงได้ โดยการหรี่แสง ซึ่งจะเพิ่มอายุการใช้งาน และในการเลือกใช้ควรจะเลือกดูที่ปริมาณวัตต์ของหลอดไฟซึ่งเป็นวิธีที่ดี เพราะจะทำให้ปรับ-เปลี่ยนปริมาณแสงได้มาก-น้อยตามต้องการ หลอดอินแคนเดสเซนต์จะให้ปริมาณรังสีUVน้อย แต่จะให้ความร้อนมากเมื่อเทียบกับปริมาณพลังงานที่ป้อนเข้าไป แต่เราสามารถลดปริมาณความร้อนนั้นได้ โดยการใช้ฟิลเตอร์, ไดโครอิค รีเฟคเตอร์ ซึ่งจะให้ความร้อนออกทางด้านหลัง ทำให้ความร้อนไม่เกิดแก่วัตถุโดยตรง

หลอดทังสเตนฮาโลเจนซึ่งเป็นหลอดชนิดหนึ่งของหลอดอินแคนเดสเซนต์ มักจะใช้เพื่อส่องเน้นวัตถุ เพราะมีลำแสงที่แคบ

หลอดฮาโลเจน ไดโครอิค เป็นหลอดไฟสปอตหรือส่องเน้นแบบแรงดันต่ำ ที่มีตัวสะท้อนแสง dicroic จะดูดซับแสงสีแดงไปด้านหลัง ทำให้ไม่เกิดความร้อนมากจนเกินไป

- หลอดฟลูออเรสเซนต์

หลอดไฟประเภทนี้จะให้ปริมาณรังสีUVมาก ถึงแม้ว่าจะเลือกใช้หลอดไฟชนิดที่ให้ปริมาณรังสีUVต่ำแล้วก็ตาม แต่เราอาจจะใช้ฟิลเตอร์ช่วยได้

หลอดฟลูออเรสเซนต์เป็นที่นิยมใช้ในพิพิธภัณฑ์ เพราะว่าหลอดประเภทนี้ให้แสงแบบกระจาย และเมื่อเทียบปริมาณความร้อนแล้ว หลอดไฟประเภทนี้ให้ปริมาณความร้อนน้อยกว่าหลอดอินแคนเดสเซนต์

ควรใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ที่มีอุณหภูมิประมาณ 4200 k หรือชนิด cool white (BRAWNE, 1965 : 170) เพราะสามารถใช้ร่วมกับหลอดอินแคนเดสเซนต์แล้ว ทำให้ไม่รู้สึกขัดตา และมีอุณหภูมิสีไม่ต่างกันมาก

2.16 การพิจารณาระบบแสงสว่างในเชิงคุณภาพ (quality of light)

เมื่อเราพูดถึงคุณภาพของระบบแสงสว่างภายในอาคารพิพิธภัณฑ์ สิ่งที่เราควรพิจารณาเพื่อทำให้เกิดความสบายในการใช้สายตา รวมถึงการทำให้วัตถุเกิดความน่าสนใจ นั้นคือ

1. ความจ้า (brightness)
2. ความเปรียบต่าง (contrast)
3. แสงบาดตา (glare)

4. การปรับสายตา (eye adaptation)

5 ความสม่ำเสมอของการส่องสว่าง (uniformity of Illumination)

ความจ้า(brightness)หรือความสว่าง(luminance)

เมื่อแสงส่องกระทบวัตถุแล้วเกิดการสะท้อน หรือส่องผ่านของแสงจากวัตถุเข้าสู่ตา ทำให้เกิดการมองเห็นวัตถุนั้นแล้ว สายตายังรับรู้ความสว่างหรือที่เรียกว่า ความจ้าของวัตถุ ความจ้าหรือความสว่างของวัตถุที่สายตารับรู้ขึ้นอยู่กับ 2 องค์ประกอบหลักคือ ความสามารถในการสะท้อนหรือส่องผ่านของแสงของวัตถุทำให้วัตถุนั้น ๆ เปรียบเสมือนเป็นแหล่งกำเนิดแสงที่ 2 และความสามารถในการปรับตัวของสายตา หากพิจารณาในเชิงปริมาณแสง และค่าความสว่างของพื้นผิวที่มีลักษณะเป็น diffuse reflector จะแปรผันตรงกับค่าความสว่างและค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงดังสมการ

$$L = (E * \rho)/\P \quad \text{หน่วยเป็นแคนเดลาต่อตารางเมตร}$$

$$L = (E * \tau)/\P \quad \text{หน่วยเป็นแคนเดลาต่อตารางเมตร}$$

หรือ $L = E * \rho$ หน่วยเป็นฟุตแลมเบิร์ต

$L = E * \tau$ หน่วยเป็นฟุตแลมเบิร์ต

โดยที่ L = ความสว่างหรือความจ้า มีหน่วยเป็น ฟุตแลมเบิร์ต (ลูเมนต่อตารางฟุตหรือแคนเดลาต่อตารางเมตร

ρ = ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของวัตถุ (reflectance)

τ = ค่าสัมประสิทธิ์การส่องผ่านของวัตถุ (transmittance)

E = การส่องสว่าง (illuminance) มีหน่วยเป็น แคนเดลา หรือฟุตแคนเดิล และ

1	แคนเดลา/ตารางเมตร	=	0.2919	ฟุตแลมเบิร์ต หรือ
1	ฟุตแลมเบิร์ต	=	3.4263	แคนเดลา/ตารางเมตร

สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างความสว่างของพื้นที่ผิวของวัตถุและ ค่าความเข้มของแสงสามารถหาได้จากสมการ

$$I = L\cos\theta$$

ดังนั้นปริมาณความเข้มแสงที่เปล่งออกมาจากพื้นผิวของวัตถุต่อหน่วยพื้นที่จึงสามารถหาได้จากสมการ

$$L = I / \cos\theta$$

โดยที่ I = ความเข้มแสง(แคนเดลา)

L = ความสว่างหรือความจ้า มีหน่วยเป็น ฟุตแลมเบิร์ต (ลูเมนต่อตารางฟุตหรือแคนเดลาต่อตารางเมตร)

อย่างไรก็ตาม ความสว่างจะถูกกล่าวถึงเมื่อเรามองในแง่ของคุณสมบัติของวัสดุ และความจ้าจะถูกกล่าวถึงเมื่อมองในแง่ของการเปรียบเทียบระหว่างวัตถุอื่นๆที่อยู่ในมุมมองที่เรามอง หรือกล่าวอีกนัยหนึ่ง ความจ้าที่ปรากฏ(apparent brightness)ให้เห็นบนพื้นผิวนั้นส่วนหนึ่งขึ้นอยู่กับความสามารถในการปรับสายตา(eye adaptation)และอีกส่วนหนึ่งขึ้นอยู่กับปริมาณแสงที่สะท้อนจากพื้นผิวนั้นเข้าสู่สายตา คำนิยาม luminance (objective brightness)

ถูกนำมาใช้อธิบายปริมาณทางกายภาพ ซึ่งขึ้นอยู่กับ 2 สิ่ง คือ ความจ้าของแสงจากพื้นผิวในทิศทางของผู้มองและพื้นที่(projected area)ของพื้นผิวที่ให้แสงหรือสะท้อนแสง ยิ่งพื้นผิวเล็กเท่าไร ความจ้าก็ยิ่งมากขึ้นในทิศทางนั้นๆ

อัตราส่วนความจ้า (brightness contrast ratio)

เมื่อเรามองวัตถุที่มีความจ้ามากๆ ม่านตาจะหรี่ลงเพื่อควบคุมมิให้ปริมาณแสงเข้าตามากเกินไป และม่านตาจะขยายตัวออกหากวัตถุมีความจ้าน้อยๆ เพื่อปรับแสงให้ระดับแสงเข้าสู่ตามากขึ้น ดังนั้นจะเห็นได้ว่า ถ้าวัตถุที่อยู่ใกล้เคียงกันมีระดับความจ้าที่ต่างกันมากๆแล้ว กล้ามเนื้อตาก็จะต้องทำงานถี่มากขึ้น อันจะเป็นผลทำให้กล้ามเนื้อตาล้าเร็ว ดังนั้นถ้าเราสามารถจัดให้ความจ้าของสิ่งแวดล้อมทั้งหมดสอดคล้องกลมกลืนกันได้ก็จะทำให้รู้สึกสบายตา และเพื่อให้มีความจ้าของสภาพแวดล้อมกลมกลืนกัน จึงควรกำหนดให้อัตราส่วนความจ้าไม่ควรเกินค่าที่แสดงดังต่อไปนี้ (Mechanical and Electrical Equipment for Buildings, 1992: 958)

3 ต่อ 1 อัตราส่วนระหว่างวัตถุ ต่อ บริเวณที่ติดกัน (between task and adjacent surrounding)

10 ต่อ 1 อัตราส่วนระหว่างวัตถุ ต่อ บริเวณข้างเคียงที่ไกลออกไปที่มืดกว่า (between task and more remote darker surfaces)

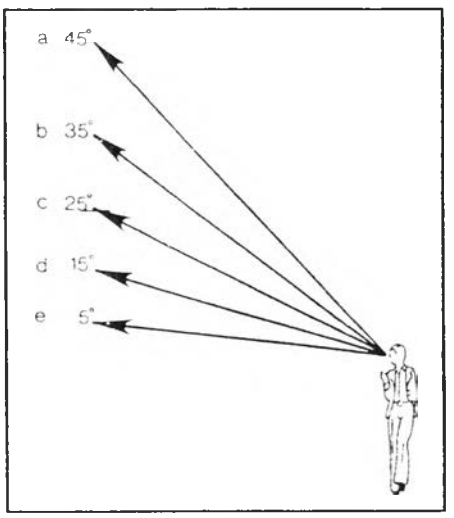
1 ต่อ 10 อัตราส่วนระหว่างวัตถุ ต่อ บริเวณข้างเคียงที่ไกลออกไปที่สว่างกว่า (between task and more remote lighter surfaces)

20 ต่อ 1 อัตราส่วนระหว่างแหล่งกำเนิดแสงหรือส่องสว่าง ต่อ พื้นผิวที่ติดกัน (between luminaires or fenestration and surfaces adjacent to them)

40 ต่อ 1 อัตราส่วนของบริเวณใดๆก็ตามในมุมมอง (anywhere within the normal field of view)

ความจ้าและความสบายตา(brightness and limits of visual comfort)

ตาของคนเราสามารถรับความสว่างในระดับต่างๆกัน หากมุมที่แหล่งกำเนิดแสงกับสายตาต่างกัน โดยหากแหล่งกำเนิดแสงอยู่ในระดับที่ใกล้ระดับสายตาของคนปกติ ตาของเราจะสามารถทนความจ้าได้น้อยกว่า แหล่งกำเนิดแสงที่อยู่ในระดับสูงขึ้นไป ดังรูป



รูปที่ 2.21 แสดงความจ้าที่ตาของคนเราสามารถยอมรับได้

ที่มา : Robbin, 1986 : 236

จากรูปหากที่มุมต่างๆ มีค่าความสว่างเกินกว่าที่กำหนดจะทำให้รู้สึกเกิดความไม่สบายทางสายตาได้ โดย

ที่มุม 45° คนเราจะทนความสว่างได้ 750 fL หรือ 2,565 cd/m^2

ที่มุม 35° คนเราจะทนความสว่างได้ 535 fL หรือ 1,829.7 cd/m^2

ที่มุม 25° คนเราจะทนความสว่างได้ 375 fL หรือ 1,282.5 cd/m^2

ที่มุม 15° คนเราจะทนความสว่างได้ 250 fL หรือ 855 cd/m^2

ที่มุม 5° คนเราจะทนความสว่างได้ 170 fL หรือ 581 cd/m^2

ความเปรียบต่าง (contrast)

หมายถึง ความสว่างของวัตถุที่ต้องการมองเทียบกับความสว่างรอบข้าง(ชำนาญ ห่อเกียรติ, 2540:1-11) หรือความแตกต่างของจุดสังเกตกับสิ่งที่อยู่รอบข้าง ยิ่งมีความเปรียบต่างมากจะทำให้การมองเห็นง่ายขึ้น ในขณะที่ความต้องการปริมาณแสงและเวลาในการรับภาพมีน้อยลง เช่น ตัวหนังสือดำบนกระดาษขาวย่อมเห็นได้ง่ายกว่าตัวหนังสือดำบนกระดาษเทา อย่างไรก็ตามความเปรียบต่างที่มากเกินไปจนสายตาเกิดการปรับตัวเป็นผลให้สายตาล้า หรือเกิดการระคายเคืองของสายตา นั่นคือการเกิดแสงบาดตา(glare)

ความเปรียบต่างสามารถกำหนดได้ด้วยอัตราส่วน ของความแตกต่างระหว่างความสว่างของวัตถุ หรือ จุดสังเกตและความสว่างของสภาพแวดล้อมที่อยู่รอบข้างที่ติดกัน อัตราส่วนยิ่งมีค่ามากก็ทำให้การมองเห็นชัดเจนขึ้น แต่หากมากจนเกินไปก็จะทำให้เกิด glare สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$\text{contrast} = |(L_B - L_T) / L_T |$$

โดย L_B คือ ความสว่างของสภาพแวดล้อม

L_T คือ ความสว่างของวัตถุ

ความเปรียบต่างอาจจะเปรียบเทียบโดยการใช้อัตราส่วนของค่าการสะท้อนแสงของวัตถุก็ได้ดังสมการ

$$\text{contrast} = |(\rho_B-\rho_T) / \rho_T|$$

โดย ρ_B คือ ค่าการสะท้อนแสงของสภาพแวดล้อม

ρ_T คือ ค่าการสะท้อนแสงของวัตถุ

หากเรากล่าวถึงความสัมพันธ์ระหว่างความเปรียบต่างและความสบายทางสายตา เราสามารถใช้อัตราส่วนความสว่างเป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบได้ เนื่องจากความเปรียบต่าง คือ การเปรียบเทียบระดับความสว่างของวัตถุที่อยู่ติดกัน

และอัตราส่วนของวัตถุ : บริเวณที่ติดกัน : บริเวณรอบๆที่ไกลออกไป ควรจะเป็น 10:3:1 จะทำให้เกิด Contrast Grading (Hopkinson, 1969:57)

อย่างไรก็ตาม นอกจากการพิจารณาถึงความสบายตาแล้ว การทำให้วัตถุเกิดความน่าสนใจก็เป็นสิ่งที่จะต้องพิจารณาด้วย Darragh and James ได้กล่าวไว้ว่า อัตราส่วนของความสว่างของวัตถุและสภาพแวดล้อมเป็น 3: 1 จะ

ทำให้วัตถุเกิดความน่าสนใจได้แต่หากต้องการเน้นให้เกิดความน่าสนใจและความรู้สึกเด่นมากยิ่งขึ้นก็สามารถเพิ่มเป็น 10 : 1 ได้ (Darragh and James,1993 : 263)

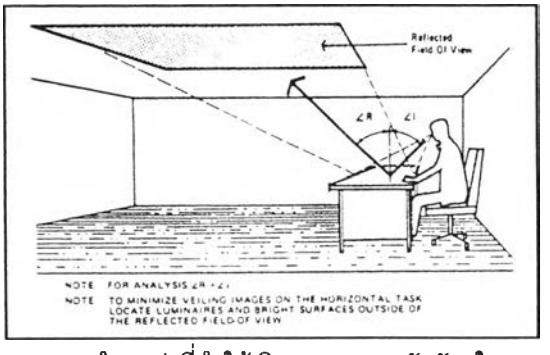
แสงบาดตา (glare)

หมายถึง แสงที่เข้าตาทำให้มองเห็นวัตถุได้ยากหรือมองไม่เห็นเลย (ชำนาญ ห่อเกียรติ, 2540:1-12) ซึ่งอาจเกิดจากความแตกต่างกันมากๆของระดับความส่องสว่างของสภาพแวดล้อมทั่วไปที่อยู่ในขอบเขตของมุมมอง แบ่งเป็น 4 ชนิด คือ

1. disability glare เป็นแสงบาดตาที่ทำให้ไม่สามารถมองเห็นวัตถุได้เลย มักเกิดจากการที่แสงจากแหล่งกำเนิดแสงสว่างกว่าสภาพแวดล้อมมาก แสงจ้านั้นจึงบังสิ่งที่ต้องการมองจนเป็นผลทำให้ความสามารถในการมองเห็นลดลง ทำให้ไม่สามารถมองเห็นวัตถุได้ (Moore, 1991:28)
2. discomfort glare เป็นแสงบาดตาประเภทที่รบกวนการมองเห็นวัตถุทำให้รู้สึกไม่สบายตา โดยไม่ได้มีผลต่อความสามารถในการมองเห็นแต่อย่างใด (Moore, 1991:28) มักเป็นผลมาจากการเกิดความเปรียบต่างที่มากเกินไประหว่างแหล่งกำเนิดแสงที่มีความสว่างมากกับความสว่างของสภาพแวดล้อมรอบๆที่มืดกว่าในมุมมอง
3. veiling reflections เป็นแสงบาดตาที่เกิดจากแสงสะท้อนจากแหล่งกำเนิดแสงที่มีความสว่างมากในบริเวณที่เรามองหรือวัตถุที่มีความสว่างน้อยกว่า " Veiling Reflections are caused when the reflected image of a source of light is brighter than the luminane of the task" (Schiler , L-4) จะเกิดขึ้นเมื่อผิววัสดุที่สะท้อนแสงแหล่งกำเนิดแสงเป็นผิวเรียบ มัน เช่น เงาสะท้อนของแสงจากหลอดไฟที่เกิดขึ้นบนจอคอมพิวเตอร์ หรือบนหนังสือที่มีกระดาษผิวมัน
4. reflected glare เป็นแสงบาดตาที่เกิดจากแสงจากแหล่งกำเนิดแสงตกกระทบไปยังพื้นผิวที่มีลักษณะเป็นผิวเรียบ มัน แล้วสะท้อนเข้าตา โดยมุมที่แสงจากแหล่งกำเนิดแสงตกกระทบเท่ากับมุมสะท้อนเข้าสู่ตา(Mirror angle) เช่น แสงจากดวงอาทิตย์สะท้อนจากน้ำในสระน้ำเข้าสู่ตา(Schiler , L-4) หรือ แสงจากดวงโคมสะท้อนภาพวาดที่มีกระจกใสหรือวัสดุที่มีความมัน วาวเป็นกรอบเข้าสู่ตา

ตำแหน่งของแหล่งกำเนิดแสงที่อาจทำให้เกิดแสงบาดตา (glare zones)

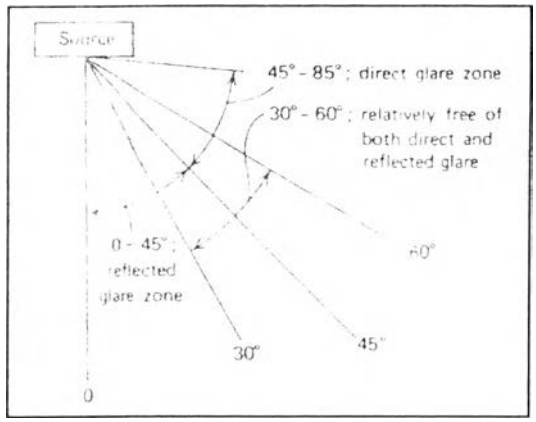
ตำแหน่งของแหล่งกำเนิดแสงอาจทำให้เกิดแสงบาดตาได้หากตำแหน่งนั้นเป็นตำแหน่งที่ทำให้เราสามารถเห็นแหล่งกำเนิดแสง หรือเป็นตำแหน่งที่ทำให้มุมที่แหล่งกำเนิดแสงตกกระทบวัตถุเท่ากับมุมที่สะท้อนออกมาเข้าสู่ตา (mirror angle)



รูปที่ 2.22 A แสดงตำแหน่งที่ทำให้เกิดแสงบาดตากับวัตถุในแนวระนาบนอน

ที่มา : Mechanical and Electrical Equipment for Buildings, 1992:958

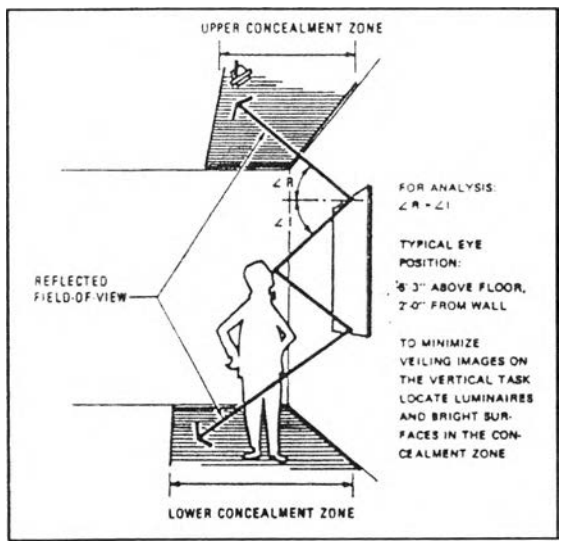
I19510224



รูปที่ 2.22 B แสดงองศาที่ทำให้เกิดแสงบาดตากับวัตถุในแนวระนาบนอน

ที่มา : Flynn , AIA and Segil, 1970:33

จากรูปหากตำแหน่งของแสงเป็นตำแหน่งที่ทำให้มุมของแหล่งกำเนิดแสงกระทำกับวัตถุ ในระนาบนอนเป็นมุม 0 องศา – 45 องศา อาจมีผลทำให้เกิด reflected glare และ 45 องศา – 85 องศา อาจทำให้เกิด direct glare zone ดังนั้นตำแหน่งของแหล่งกำเนิดแสงควรจะวางที่มุมระหว่าง 30 องศา – 60 องศา ซึ่งเป็นตำแหน่งที่เกิดแสงบาดตาน้อยที่สุด



รูปที่ 2.23 แสดงตำแหน่งและองศาที่ทำให้เกิดแสงบาดตากับวัตถุในแนวระนาบตั้ง

ที่มา : Flynn , AIA and Segil, 1970:33

จากรูปหากตำแหน่งของแหล่งกำเนิดแสงจัดวางอยู่ในตำแหน่งที่มุมตกกระทบเท่ากับมุมสะท้อนเข้าสู่ตา จะมีผลทำให้เกิด reflect glare หรือ veiling reflect glare รวมถึงหากวัสดุที่ใช้เป็นพื้นภายในอาคารมีลักษณะที่ทำให้พื้นนั้นกลายเป็นแหล่งกำเนิดแสงและสะท้อนเข้าสู่ตาก็อาจทำให้เกิด reflect glare หรือ veiling reflect glare ได้เช่นเดียวกัน

การหลีกเลี่ยงการเกิดแสงบาดตา (Hopkinson . 1963:217)

1. ไม่วางตำแหน่งของแหล่งกำเนิดแสงที่ทำให้มุมระหว่างแหล่งกำเนิดแสงกระทำกับระนาบตั้งเกิน 45 องศา เนื่องจากจะทำให้แสงจากแหล่งกำเนิดแสงรบกวนการมอง
2. ปิดบังแหล่งกำเนิดแสง
3. เพิ่มระดับการส่องสว่างที่ระดับใช้งานจากภายในอาคารมีระดับการส่องสว่างน้อย
4. ควบคุมให้อัตราส่วนความจ้าไม่เกินจากที่มาตรฐานกำหนด

The Glare Index (Hopkinson . 1963:98-99)

เป็นวิธีที่ใช้วัดปริมาณแสงบาดตาชนิด discomfort glare ว่าอยู่ในชั้นที่ทำให้เกิดความไม่สบายตาหรือไม่ โดยมีสิ่งที่ใช้ในการพิจารณาดังต่อไปนี้

1. ความจ้าของแหล่งกำเนิดแสง (the bnghtness of the glaring light source)
2. ขนาดของแหล่งกำเนิดแสง หรือ มุมระหว่างแหล่งกำเนิดแสงกับผู้สังเกต (the apparent size of the the sources, that is the solid angle subtended bythe sources at the eye of the observer)
3. ระดับของการปรับสายตา (the general level of adaptation)
4. ความจ้าของบริเวณสภาพแวดล้อมรอบๆที่ติดกับวัตถุ (the bnghtness of the immediate surroundings to the sources)
5. ตำแหน่งของแหล่งกำเนิดแสงสัมพันธ์กับทิศทางการมอง (the position of the sources relative to the direction of viewing)

$$\text{The Glare Constant } G = \frac{B_s^{16}\omega^{08}}{B_b f(Bi) f(\Theta)}$$

โดย B_s = ความจ้าของแหล่งกำเนิดแสง

ω = ขนาดของแหล่งกำเนิดแสง

B_b = ความจ้าของสภาพแวดล้อม

Bi = ความจ้าของสภาพแวดล้อมรอบๆที่ติดกับวัตถุ

Θ = มุมระหว่างทิศทางของแหล่งกำเนิดแสงและทิศทางการมอง

หากแหล่งกำเนิดแสงมีหลายจุดจะต้องนำมาเข้าสมการ

$$\text{Glare Index} = 10 \log_{10} \Sigma G$$

โดยที่ ΣG คือ ผลรวมของ The Glare Constant ของแต่ละจุด

เมื่อเราหาค่า Glare Index ได้แล้วจะต้องนำมาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานที่ถูกกำหนดโดย Illuminationg Engineering Society of North America (IES) ได้กำหนดให้ Limiting Glare Index สำหรับพิพิธภัณฑ์เป็น16 นั่นหมายความว่า แสงบาดตาที่เกิดขึ้นภายในอาคารพิพิธภัณฑ์ในส่วนจัดแสดงงานต้องไม่เกิน16(Brawne ,1965 : 171)

การปรับสายตา(eye adaptation)

เป็นขบวนการที่ระบบการมองเห็นพยายามที่จะปรับสายตาให้คุ้นเคยกับสภาพแสงมากหรือน้อย หรือแสงที่เกิดจากความแตกต่างกันของสี((IES Lighting handbook: Reference Volume,1981: 1-1)และที่ระดับความแตกต่างกันของแสง 100 : 1 ตาของคนเราจะใช้เวลาในการปรับสายตาอย่างสมบูรณ์(100%) 15 นาที และอย่างน้อย 70% แรกของที่สายตาจะต้องปรับ ใช้เวลา 90 วินาที หรือในการปรับสายตาที่ความแตกต่างของแสง 1,000:1 เราจะต้องใช้เวลาในการปรับ 15-25 นาทีและ70% แรกของที่สายตาจะต้องปรับ ใช้เวลา 2 นาที(Robbins,1986 : 23)

ดังนั้นในการจัดลำดับความส่องสว่างของห้องแสดงงานในอาคาร หรือส่วนที่ติดต่อกันระหว่างภายนอกและภายในอาคารจะต้องไม่ให้เกิดความแตกต่างกันมากจนเกินไป เนื่องจากจะทำให้ผู้เข้าชมต้องใช้เวลานานในการปรับสายตา

Uniformity of illumination for daylight

เมื่อแสงธรรมชาติเข้าสู่ภายในอาคาร ระดับความส่องสว่างบริเวณใกล้หน้าต่างหรือช่องแสงจะมากกว่าบริเวณที่ลึกเข้าไปภายในห้อง ทำให้ระดับความส่องสว่างของทั้ง 2 บริเวณแตกต่างกันและหากระดับความส่องสว่างของทั้ง 2 บริเวณแตกต่างกันมากเกินไป จะทำให้ผู้ใช้อาคารเกิดความไม่สบายตา และเราสามารถใช้สมการดังนี้เพื่อหาความแตกต่างของระดับความส่องสว่าง อันเนื่องมาจากทั้ง 2บริเวณ(Assaf,1997:207)

$$\frac{DF_{\max}}{DF_{\min}} \leq 3 \qquad \text{หรือ} \qquad \frac{E_{\max}}{E_{\min}} \leq 3$$

โดย DF_{max} คือ ค่า Daylight Factor ที่มากที่สุดของระดับความส่องสว่างภายในอาคาร

DF_{min} คือ ค่า Daylight Factor ที่น้อยที่สุดของระดับความส่องสว่างภายในอาคาร

E_{max} คือ ระดับความส่องสว่างที่มากที่สุดของแสงธรรมชาติ

E_{min} คือ ระดับความส่องสว่างที่น้อยที่สุดของแสงธรรมชาติ

2.17 วิธีการใช้แสงประดิษฐ์ในส่วนจัดแสดงงาน

สิ่งที่ควรคำนึงในการออกแบบระบบแสงสว่างภายในส่วนจัดแสดงงาน อาคารพิพิธภัณฑ์ (Japan Lighting Information Services- Lighting Seminar- Museum Lighting 2-e)

1. การทำให้แสงเกิดความสม่ำเสมอ (uniform) ทั่วทั้งบริเวณจัดแสดงงาน
2. ต้องทำให้วัตถุดูมีคุณค่า โดยการออกแบบให้วัตถุดูเด่นชัดกว่าสภาพแวดล้อมรอบๆ
3. ดึงดูดความสนใจ โดยการใช้ไฟส่องเน้นที่วัตถุ แต่หากไฟที่ส่องเน้นนั้นมีความเข้มแสงมากเกินไป จะทำให้เกิดเงา ดังนั้นจะต้องพิจารณาทิศทางของแสงรวมถึงลักษณะการกระจายของลำแสงด้วย
4. ไม่ให้เกิดแสงบาดตา แสงจากแหล่งกำเนิดแสงไม่ว่าจะเป็นแสงธรรมชาติ หรือแสงประดิษฐ์จะต้องไม่เข้าสู่ตาโดยตรง ดังนั้นตำแหน่งของแหล่งกำเนิดแสงควรได้รับการพิจารณาให้เหมาะสม
5. ควรใช้แสงประดิษฐ์ที่มีความถูกต้องของสี (colour rendering index) ที่มีค่าอย่างน้อย 90
6. ป้องกันการเกิดความเสียหาย โดยการควบคุมรังสีUV

7. ป้องกันอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นจากการใช้หลอดไฟที่ปล่อยรังสีInfraredมาก
8. ในกรณีที่ต้องการใช้แสงธรรมชาติ ควรใช้อุปกรณ์ลดหรือป้องกันรังสีUVที่กระจกของหน้าต่าง

- การใช้แสงทางอ้อม (concealed or indirect lighting)

เราจะใช้แสงทางอ้อมเพื่อให้ผนังฝ้าเพดาน, พื้นผิวอื่น ๆ ของอาคารช่วยเป็นแหล่งกำเนิดแสง ซึ่งเป็นแนวทางหนึ่งที่น่าสนใจ โดยที่ไม่ทำให้เกิด direct glare ในการใช้แสงแบบนี้จะต้องออกแบบให้มีความสัมพันธ์กับองค์ประกอบของอาคาร ซึ่งจะต้องช่วยส่งเสริมให้เกิดคุณภาพแสงที่ดี ดังนั้น องค์ประกอบภายในอาคาร เช่น ผนัง, ฝ้าเพดาน ที่ใช้ไม่ควรมีค่าการสะท้อนแสงน้อยกว่า 70% รวมถึงสีขององค์ประกอบภายในอาคาร ซึ่งจะทำให้เกิดแสงของสีต่าง ๆ กันไป ก็ควรถูกนำมาพิจารณาด้วย

- การให้แสงที่ผนัง (wall lighting)

การซ่อนแหล่งกำเนิดแสงที่ติดตั้งบนพื้นที่ผิวทางตั้งหรือผนังสามารถทำได้โดยง่าย และหลอดฟลูออเรสเซนต์ก็เหมาะสมในการใช้ เพราะแสงที่จ้าจะแผ่กระจายไปตามแนวของผนังได้มากกว่าหลอดไฟชนิดอื่น และลวดลายของผนังก็ไม่ควรเป็นริ้วลาย เพราะจะทำให้เกิดเป็นเงาบนผนัง ลดความเด่นของวัตถุลง

อัตราส่วนของ illuminance ของพื้นผิวหรือผนังต่อวัสดุที่ใช้ในการตกแต่งผนังด้านตรงอาจจะเป็น 10 : 1 สามารถปรับเปลี่ยนได้ตามความเหมาะสมผนังที่ใช้จัดแสดง รูปภาพควรจะเป็น 3 : 1 และระดับของแสงที่จะใช้ส่องบนพื้นผิวนั้นขึ้นอยู่กับลักษณะของพื้นผิว เช่น ถ้าพื้นผิวมีลักษณะเรียบและมีสีเดียว ปริมาณแสงควรจะเข้มมากกว่าพื้นผิวที่ขรุขระ

- แสงที่ส่องขึ้นด้านบน (uplighting)

เป็นการให้แสงในทิศทางที่ส่องขึ้นสู่ด้านบน เช่น ส่องขึ้นสู่ฝ้าเพดาน, ผนัง, ส่วนบนของเฟอร์นิเจอร์, ตู้จัดแสดงต่าง ๆ

การใช้แสงแบบนี้ควรจะระวังให้แหล่งกำเนิดแสงอยู่เหนือระดับสายตา (1.80 ม.) เพื่อหลีกเลี่ยงการมองเห็นตัวแหล่งกำเนิดแสง และระยะห่างระหว่างแหล่งกำเนิดแสงกับฝ้าเพดานจะต้องต่ำพอที่จะแน่ใจว่าลักษณะของแสงที่ได้เป็นแสงที่นุ่ม ไม่เข้ม หรือแข็งจนเกินไป จนขัดกับความสว่างรอบ ๆ

ลวดลายของแสงที่เกิดกับเพดาน จะต้องสัมพันธ์กับตัวฝ้าเพดาน และระดับความสูงของฝ้าเพดาน ไม่ควรต่ำกว่า 3 เมตร ถึงแม้ว่าการใช้แสงประเภทนี้จะติดตั้งให้ลำแสงขึ้นสู่ฝ้าเพดาน แต่ควรจะแน่ใจว่าความจ้า (Brightness) ของแสงไม่จ้า ไม่เด่นจนทำให้ผู้เข้าชมรู้สึกขัดแย้งไม่เป็นธรรมชาติ

- แสงที่บัวเพดาน (cornice lighting)

เป็นการใช้ไฟจากทางด้านบนที่ติดตั้งหรือออกแบบอย่างพิถีพิถัน โดยการใช้บัวเพดานรอบ ๆ มุมห้อง ซึ่งติดเป็นแนวๆ จะต้องอาศัยความพิถีพิถันในการตกแต่งและควรจัดพื้นที่ไว้สำหรับสายไฟด้วย มักจะใช้สำหรับพื้นที่ที่ต้องจำกัดความจ้า (brightness) ที่จะเกิดกับด้านบนของผนัง ตำแหน่งของฝ้าเพดานจะต้องอยู่เหนือระดับสายตา เพื่อ

หลีกเลี่ยงการเกิด glare หลอดไฟที่เหมาะสมกับใช้แสงแบบนี้ควรจะเป็นหลอดอินแคนเดสเซนต์ หลอดเล็ก ๆ เพราะจะทำให้ลำแสงสามารถสะท้อนเกิดเป็น Indirect light ได้ทั้งลำแสง

วิธีการใช้แสงประดิษฐ์ส่องเน้นวัตถุ

แสงที่เราฉายหรือส่องไปยังวัตถุแต่ละชนิด จะทำให้เกิดลำแสงที่ต่างกันออกไป ซึ่งจะช่วยทำให้เกิดความเด่นที่วัตถุในลักษณะที่ต่างกันออกไปด้วย ในการใช้แสงเพื่อเน้นวัตถุนั้น ผู้ออกแบบจะต้องเข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับองค์ประกอบของลำแสง ดังนี้

1. ขนาดและรูปทรงของลำแสง
2. ปริมาณแสงที่ลำแสงแผ่ออกมา
3. ความเข้มแสง

ขนาดของลำแสงเป็นสิ่งสำคัญในการตัดสินใจหรือกำหนดว่าจะทำให้เกิดความสว่างของวัตถุที่เหมาะสมหรือไม่ ส่วนใหญ่แล้วลำแสงของหลอดไฟจะมีลักษณะเป็นกรวย ถ้าหากมีความต้องการให้ลำแสงส่องเหลื่อมกัน เพื่อให้เกิดความน่าสนใจเราจะต้องพิจารณาถึงมุมของลำแสง โดยการคำนวณระยะห่างระหว่างวัตถุกับแหล่งกำเนิดแสงได้ โดยทั่วไปเราจะกำหนดมุมของลำแสง โดยการให้ความเข้ม ที่ตกลงบนวัตถุหรือพื้นผิวเป็นครึ่งหนึ่งของความเข้มแสงที่มากที่สุดที่ได้จากแหล่งกำเนิดแสง หรืออาจจะดูได้จากคู่มือการใช้ของหลอดไฟ

แสงที่ตกลงบนพื้นผิวที่อยู่นอกลำแสงหลักที่ใช้ในการเน้นวัตถุ อาจจะเป็นลักษณะแผ่กระจายก็ได้ จำนวนหรือปริมาณแสงแล้วแต่ชนิดของลำแสงหรือผลของความเปรียบต่างของลำแสงกับบริเวณรอบ ๆ ลำแสงที่แผ่กระจายมาก ๆ จะทำให้มีผลต่ออัตราส่วนความสว่างของ background และวัตถุ จะทำให้ไม่เกิดความน่าสนใจแก่วัตถุ ดังนั้น เราควรจะใช้ลำแสงที่เป็นจุดไม่แผ่กระจาย เพื่อที่จะทำให้เกิดผลแก่วัตถุเท่านั้น โดยไม่ทำให้เกิดผลแก่บริเวณรอบ ๆ วัตถุด้วย

นอกจากนั้น ทิศทางของแสงประดิษฐ์ที่สัมพันธ์กับรูปทรงและพื้นผิวของวัตถุที่จัดแสดงก็เป็นสิ่งที่ควรพิจารณาด้วยเช่นกัน

ทิศทางของแสง รูปทรงและพื้นผิวของวัตถุ

แสงทำให้เกิดผลกระทบกับวัตถุ ซึ่งจะทำให้เห็นรายละเอียดมากหรือน้อยแล้วแต่การออกแบบ โดยส่วนใหญ่แล้วแสงที่ทำให้เราสามารถเห็นรายละเอียดที่ดีได้นั้นมาจากทิศทางของแสง, ปริมาณของแสงรวมถึงคุณภาพของแสง ซึ่งถ้าแสงส่องตรงมาทางด้านหน้าของวัตถุ จะทำให้วัตถุดูแบนราบกว่าความเป็นจริง รวมถึงจะทำให้สีของวัตถุดูผิดเพี้ยนไป แต่การใช้แสงที่เข้มส่องไปยังวัตถุในด้านเอียง ๆ จะทำให้เกิดเงาตัดกันอย่างชัดเจนที่ระนาบของวัตถุที่ต่างกัน อาจจะช่วยทำให้เห็นระนาบของวัสดุที่ใช้จัดแสดงเด่นขึ้นมาได้ เช่น ถ้าเราใช้แสงส่องไปยังภาพวาดสีน้ำมัน หรือประติมากรรม ในลักษณะที่เอียง ๆ หรือเฉียงไปจากด้านหน้า จะทำให้ตัวภาพวาดสีน้ำมันหรือประติมากรรมมีมิติขึ้นมาได้

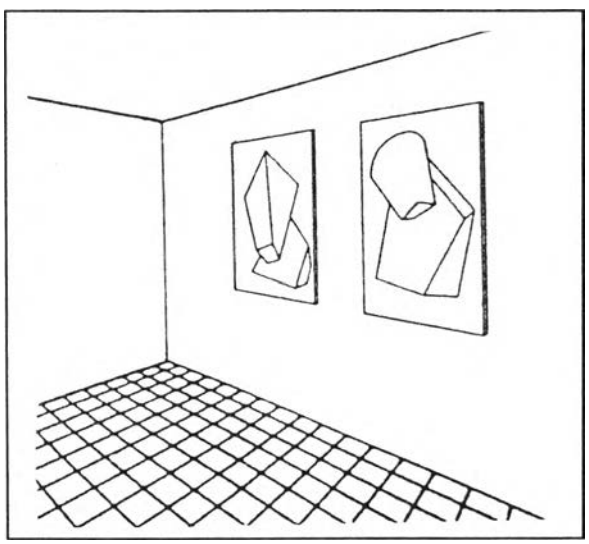
การใช้แสงประดิษฐ์กับวัตถุที่จัดแสดงกับผนังอาคาร (wall side exhibition lighting) (Japan lighting information services- Lighting seminar- museum lighting 2-e)

1. ควรใช้แสงที่ใช้เพื่อการมองเห็นทั่วๆ ไป (ambient light) ที่มีลักษณะนุ่ม (soft) และเป็นแสงแบบกระจาย
2. จัดให้แสงมีความสม่ำเสมอ (uniform) ทั่วทั้งวัตถุ ในกรณีที่วัตถุนั้นเป็นภาพที่มีขนาดใหญ่
3. ทำให้ระดับความส่องสว่างเป็นไปตามที่มาตรฐานกำหนดไว้สำหรับวัตถุชนิดต่างๆ
4. ป้องกันไม่ให้แสงจากหลอดไฟเข้าตาโดยตรง
5. การใช้แสงประดิษฐ์ที่มีความสว่างสูงใกล้กับมุมมองของสายตาจะทำให้ตาพร่า
6. ไม่ควรใช้ไฟส่องเน้นที่ภาพสีน้ำมัน หรือภาพที่มีกรอบไม่เรียบเสมอกับวัตถุ เนื่องจากจะทำให้เกิดเงาที่ภาพจัดแสดง
7. ระดับความส่องสว่างที่ระนาบตั้ง อย่างน้อยที่สุด จะต้องเท่ากับความส่องสว่างที่ระนานอน(Navaab,1993 : C77)

การใช้แสงประดิษฐ์เพื่อเน้นวัตถุกับการจัดแสดงงานทางตั้ง(Gordon,1995:233)

ในการจัดแสดงงาน เพื่อทำให้เกิดความน่าสนใจประกอบไปด้วย 2 วิธีการ ดังนี้

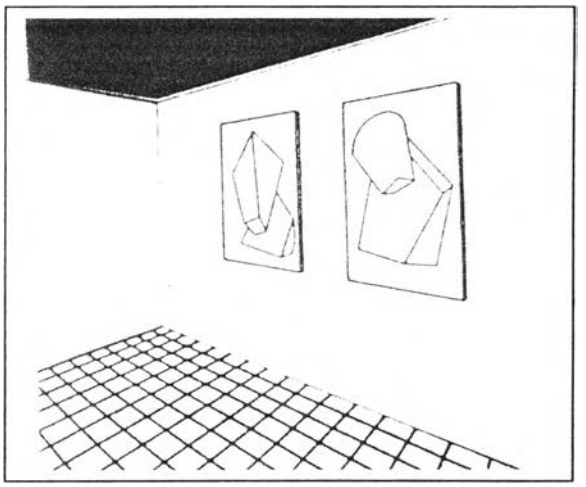
1. การใช้แสงที่ทำให้เกิดความสม่ำเสมอของระดับความส่องสว่าง (uniform of illumination) เป็นลักษณะที่ทำให้เกิดความส่องสว่างเท่ากันตลอดทั่วทั้งผนังและรูปภาพหรือวัตถุ อย่างไรก็ตามผนังที่ใช้ในการติดตั้งวัตถุ จะต้องเป็นผนังที่เรียบและมีสีขาว เพื่อไม่ทำให้เด่นกว่าวัตถุ ในการใช้แสงแบบนี้เราสามารถเปลี่ยนตำแหน่งและขนาดของวัตถุที่ใช้ในการจัดแสดงได้โดยไม่ต้องปรับเปลี่ยนระบบของแสงประดิษฐ์



รูปที่2.24 แสดงการใช้แสงที่ทำให้เกิดความสม่ำเสมอของระดับความส่องสว่าง

ที่มา : Gordon , 1995 : 234

2. การใช้แสงที่ทำให้เกิดความเด่นเฉพาะที่บริเวณวัตถุ (nonuniform illumination) การใช้แสงลักษณะนี้จะกำหนดให้มีความส่องสว่างที่บริเวณวัตถุมากกว่าบริเวณข้างๆ ทำให้วัตถุเกิดเป็นจุดเด่น แต่วิธีการนี้จะต้องเปลี่ยนระบบไฟประดิษฐ์ทุกครั้งที่มีการปรับเปลี่ยนการจัดแสดงงาน



รูปที่ 2.25 แสดงการใช้แสงที่ทำให้เกิดความไม่สม่ำเสมอของระดับความส่องสว่าง

ที่มา : Gordon , 1995 : 234

ความสัมพันธ์ของตำแหน่งในการติดตั้งหลอดไฟ การจัดแสดงรูปภาพและการมองเห็น (Japan lighting information services- Lighting seminar- museum lighting 2-e)

1. เมื่อรูปภาพที่จัดแสดงสูง 1.40 ม. หรือน้อยกว่านั้น จุดศูนย์กลางของภาพควรจะอยู่ที่ 1.60 ม. จากพื้นอาคาร
2. หากรูปภาพสูงกว่า 1.40 ม. ควรจะให้ขอบล่างของภาพสูงจากพื้น 0.90 ม.
3. ระยะห่างที่ต้องการในการมองภาพจะเป็น 1 - 1.5 เท่าของเส้นทแยงมุมของภาพ
4. ถ้าภาพนั้นมีกรอบที่ไม่เรียบเสมอวัตถุ จะต้องติดหลอดไฟให้ทำมุมกับส่วนล่างสุดของภาพอย่างน้อย20°

ตำแหน่งของดวงโคมที่เหมาะสมในการจัดแสดงงานทางตั้ง

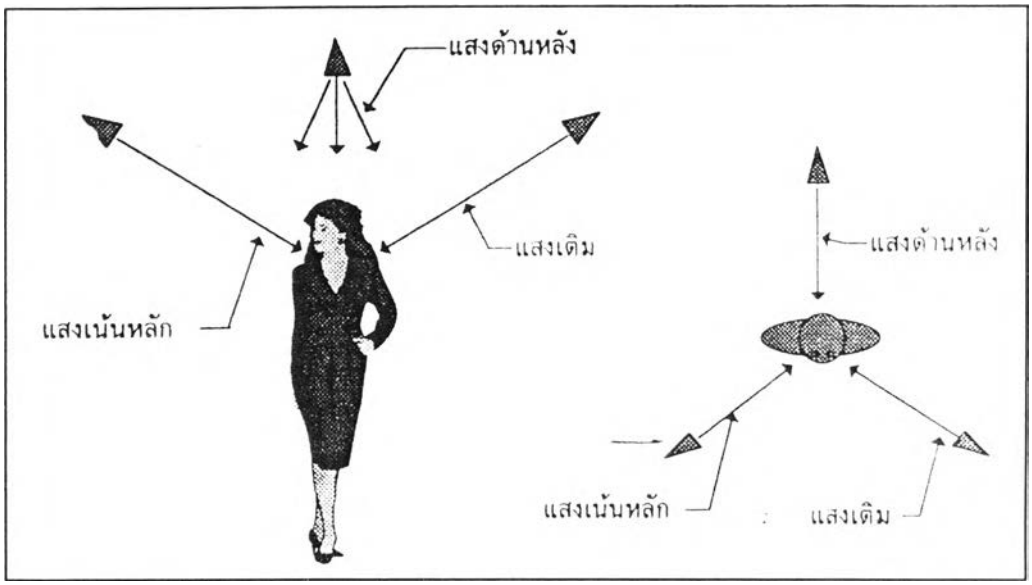
ในการจัดแสดงงานตำแหน่งที่ควรติดตั้งเพื่อไม่ให้เกิดแสงบาดตา คือตำแหน่งที่กระทำมุมกับกึ่งกลางวัตถุ(รูปภาพ)หรือระดับสายตาเป็นมุม 30 องศากับแนวตั้ง (Thomson,1978:34)

อย่างไรก็ตาม สิ่งที่ควรระวังอีกอย่างหนึ่งคือจะต้องพยายามไม่ให้เห็นแหล่งกำเนิดแสงด้วย

การใช้แสงกับวัตถุประเภทประติมากรรม

ในการออกแบบระบบแสงเพื่อให้เกิดมิติในการมองนั้น ประกอบไปด้วยแสงสว่าง 3 ส่วน คือ

- แสงหลัก(key light)หมายถึง แสงในทิศทางที่ต้องการส่องเน้นที่วัตถุ อาจจะมาจากทางซ้ายหรือขวาก็ได้ แล้วแต่ด้านที่ต้องการเน้น และเป็นแสงที่มีความส่องสว่างมากกว่าแสงส่วนอื่น
- แสงเสริม(fill light) หมายถึง แสงในอีกทิศทางหนึ่งนอกเหนือจากมี แสงเน้นหลักแล้วทั้งนี้ก็เพื่อลบเงาที่เกิดจากแสงเน้นหลัก เพื่อไม่ให้มีเงาที่ชัดเจนเกินไป และเพื่อเป็นการให้แสงอีกด้าน เพื่อให้เห็นวัตถุได้ชัดเจนขึ้น แสงเสริมจะให้ความส่องสว่างที่วัตถุต่ำกว่าแสงหลัก
- แสงด้านหลัง (back light) หมายถึง การให้แสงสว่างเพื่อให้เห็นวัตถุเด่นขึ้น เป็นการสร้างรูปแบบหรือขอบสันของวัตถุให้ชัดเจนขึ้น ซึ่งอาจให้แสงทางด้านหลังส่องมาที่วัตถุหรือส่องที่พื้นด้านหลัง เพื่อให้เห็นวัตถุภายใต้พื้นด้านหลังที่สว่าง ทิศทางในการใช้แสงทั้ง 3 สามารถดูได้จากรูปที่ 2.26



รูปที่ 2.26 แสดงการออกแบบระบบแสงที่เหมาะสมกับประติมากรรม

ที่มา :ชำนาญ ห่อเกียรติ, 2540:5-30

จากรูปจะเห็นว่า แสงเน้นหลักจะสว่างกว่าแสงเสริม ทำให้ใบหน้าในรูปสว่าง และความส่องสว่างทางด้านของรูปปั้นที่มาจากแสงเสริมสว่างน้อยกว่า ดังนั้น รูปปั้นที่ได้จะเห็นเป็น 3 มิติ ทั้งนี้เนื่องจากแสงสว่างจากแสงหลักและแสงเสริมให้ความส่องสว่างที่ไม่เท่ากันนั่นเอง ส่วนแสงด้านหลังส่องเพื่อให้เห็นรูปร่างของรูปนั้นได้ชัดเจนมากขึ้น

ตำแหน่งของดวงโคมที่เหมาะสมในการจัดแสดงงาน 3 มิติ

ตำแหน่งของดวงโคมที่เหมาะสมในการจัดแสดงวัตถุ 3 มิติควรจะติดตั้งที่ 30°- 45° จากระนาบนอน และระหว่าง30°- 45° กับระนาบตั้ง จะทำให้วัตถุดูสมจริง มีมิติ(Gordon,1995:235)

2.18 การใช้แสงธรรมชาติร่วมกับแสงประดิษฐ์

ในการใช้แสงประดิษฐ์ร่วมกับแสงธรรมชาตินั้น ควรจะระวังไม่ให้เกิดความขัดแย้งกัน ไม่เป็นธรรมชาติ เราอาจจะใช้แสงประดิษฐ์ในทิศทางหรือตำแหน่งที่คล้ายกับทิศทางเดียวกับแสงธรรมชาติ แต่ควรจะระวังในเรื่องสีของแสงประดิษฐ์ อาจทำให้เกิดการขัดแย้งกันระหว่างแสงธรรมชาติและแสงประดิษฐ์ โดยเราอาจจะใช้ spot lights กับช่วงเวลาที่แสงธรรมชาติให้ความรู้สึกหรือสีแบบโทนอุ่น ฯลฯ ผู้ออกแบบจะต้องออกแบบหรือหาแนวทางเพื่อให้เกิดความสมดุลย์ระหว่างแสงธรรมชาติและแสงประดิษฐ์ ซึ่งแล้วแต่เทคนิคและวิธีการของแต่ละคน

2.19 การควบคุมระบบแสง

การพิจารราระบบแสงในอาคารพิพิธภัณฑ์จะต้องพิจารณาถึงความสะดวกในการควบคุมระบบแสงด้วย สำหรับแสงธรรมชาตินั้นการควบคุมจะค่อนข้างทำได้ยากกว่าแสงประดิษฐ์ และแสงที่ดีควรจะเป็นแสงที่นุ่ม ส่วนใหญ่มักจะได้จากหลอดฟลูออเรสเซนต์ หรืออินแคนเดสเซนต์ ในกรณีของหลอดฟลูออเรสเซนต์นั้น เราจะไม่สามารถหรี่เพื่อที่จะปรับเปลี่ยนระดับความสว่างตามการใช้งานได้ เพราะจะทำให้บรรยากาศของห้องดูทึม ๆ อย่างไรก็ตาม เราอาจจะพิจารณาใช้หลอดไฟอินแคนเดสเซนต์แทนได้ ในกรณีที่ต้องการปรับเปลี่ยนปริมาณแสง

ระบบการควบคุมแบบอัตโนมัติ สามารถช่วยทำให้เกิดประสิทธิภาพในการนำแสงประดิษฐ์ควบคู่กับการใช้แสงธรรมชาติได้ โดยการหรี่, เปิด-ปิด แสงประดิษฐ์ เมื่อมีแสงธรรมชาติที่น้อยไปหรือมากเกินไปต่อการจัดแสดง แต่ผู้ออกแบบจะต้องวางแผนในการควบคุมระบบอัตโนมัตินี้ให้ดี เพราะในบางครั้งขณะที่มีการเข้าชม ระบบอัตโนมัติทำงานเมื่อมีแสงธรรมชาติมากเกินไป ชัตเตอร์เริ่มปิดลง แสงประดิษฐ์ถูกใช้แทนแสงธรรมชาติ อาจจะทำให้เกิดความสับสนและไม่พอใจจากผู้เข้าชมได้ แต่เราอาจจะมีวิธีการในการใช้ระบบอัตโนมัตินี้ได้ โดยการออกแบบให้แสงประดิษฐ์ที่ถูกใช้แทนที่แสงธรรมชาตินั้น มีลักษณะคล้ายกับแสงธรรมชาติ

2.20 การทำความสะอาดบำรุงรักษาระบบไฟ

การทำความสะอาดระบบอุปกรณ์ต่าง ๆ ถือเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับพิพิธภัณฑ์ ในการออกแบบระบบไฟจะต้องมีการวางแผนเพื่อให้เกิดความสะดวกในการบำรุงรักษาหรือทำความสะอาดอุปกรณ์ต่าง ๆ โดยที่ไม่รบกวนการเข้าชม อาจจะต้องจัดเตรียมพื้นที่ไว้สำหรับซ่อมบำรุงซึ่งไม่ไกลจากส่วนจัดแสดงมากนัก แต่สามารถแต่มีฉากหรือส่วนปิดบังกั้นไว้ก็ได้ .

2.21 การใช้แสงในตู้จัดแสดง

ปกติโดยทั่วไปพิพิธภัณฑ์หรือห้องแสดงงานศิลปะ มักจะใช้ตู้จัดแสดงแบบปิด เพื่อป้องกันความเสียหาย อันเกิดจากฝุ่นและสภาพแวดล้อมภายนอกและการโจรกรรม

ในการออกแบบระบบแสงนั้นจะต้องพิจารณาระยะห่างหรือขนาดของตู้จัดแสดงก่อน เพราะแหล่งกำเนิดแสงควรจะถูกซ่อนไม่ให้เห็นแหล่งกำเนิดแสง และถ้าเป็นไปได้อาจจะต้องเพิ่มวัสดุที่ใช้ในการกรองแสงเพื่อหลีกเลี่ยง glare ที่จะทำให้เกิดความไม่สบายตาได้ แสงสำหรับตู้จัดแสดงในอาคารพิพิธภัณฑ์นั้น อาจจะวางอยู่ภายนอกหรือภายในตู้ก็ได้ แต่ถ้าวางแหล่งกำเนิดแสงไว้ภายในตู้ จะต้องระวังเรื่องความร้อนอันจะเกิดแก่วัตถุด้วย และถ้าวางแหล่งกำเนิดแสงไว้ภายนอกตู้จัดแสดง จะต้องระวังไม่ให้เกิดเงาที่กระจกหรือพลาสติกที่ครอบตู้จัดแสดง ควรหลีกเลี่ยงตำแหน่งแสงที่จะทำให้เกิดเงาของผู้เข้าชม และจะต้องแน่ใจว่าไม่เกิดการสะท้อนของอุปกรณ์ของระบบไฟในระดับสายตาด้วย

หลอดฟลูออเรสเซนต์หรือหลอดทังสเตน สามารถใช้ได้สำหรับการวางหลอดไฟไว้ภายในตู้จัดแสดง อย่างไรก็ตาม เราอาจจะใช้ท่อนำแสง (light pipe) ในการติดตั้งได้เป็นอีกทางเลือกหนึ่ง ซึ่งเทคนิคนี้จะสามารถนำแสงมาจากแหล่งกำเนิดแสงที่ไกลออกไปได้ และลดปัญหาการเกิดความร้อนภายในตู้จัดแสดงได้

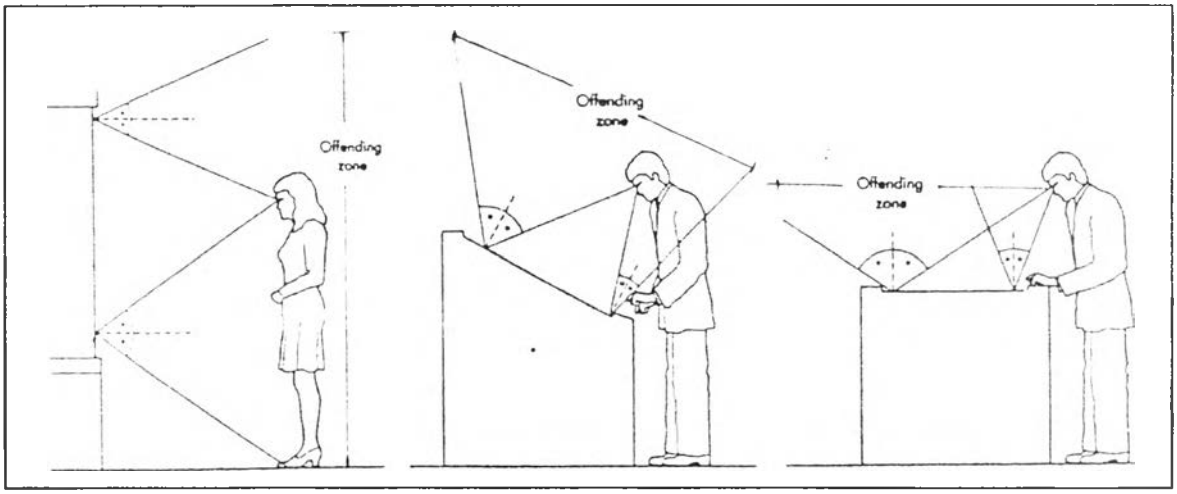
<u>หลักในการออกแบบระบบแสงกับตู้จัดแสดง</u>

อุปกรณ์ต่าง ๆ ควรจะแยกไว้ไกลจากตู้จัดแสดง และจะต้องอยู่ในส่วนที่สามารถซ่อมบำรุงหรือเปลี่ยนหลอดไฟได้สะดวก ถ้าต้องการติดไว้กับตู้จัดแสดงควรจะมีกระจกหรือพลาสติกกัน เพื่อไม่ให้เกิดความร้อนในส่วนจัดวางวัตถุ และไม่ให้เกิดฝุ่นไปเกาะติดกับดวงไฟและอุปกรณ์ได้ และที่สำคัญในส่วนที่จะมีการระบายอากาศออกไปด้วย เพื่อระบายความร้อน สำหรับกระจกพลาสติกหรือแผงที่ใช้กันระหว่างดวงไฟกับภายในตู้ควรจะติดวัสดุที่ช่วยในการป้องกันรังสีอัลตราไวโอเลต เพื่อที่จะลดปริมาณอัตราความเสียหายลง

ในการติดตั้งหลอดไฟจะต้องมีการวางแผนเพื่อปรับเปลี่ยนระบบไฟในกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงวัตถุที่ใช้จัดแสดง อาจจะใช้อุปกรณ์ที่ช่วยทำให้สามารถหรี่หรือเพิ่มแสงติดเข้ากับตัวหลอดไฟก็ได้ และถ้ามีการหรี่ปริมาณแสงที่ได้จากหลอดอินแคนเดสเซนต์ ควรระวังในเรื่องของสีหรือบรรยากาศที่จะเปลี่ยนด้วย

การสะท้อน

สิ่งหนึ่งที่ต้องระวังและยากต่อการควบคุมก็คือ การเกิดแสงสะท้อนจากภายนอก เช่น แสงจากท้องฟ้าหรือดวงโคมที่เกิดบริเวณผิวกระจก จะทำให้รบกวนการมองวัตถุได้



รูปที่ 2.27 แสดงตู้จัดแสดงกับบริเวณ offending zone

ที่มา : CIBSE lighting guide art galleries & museum,1993 :33

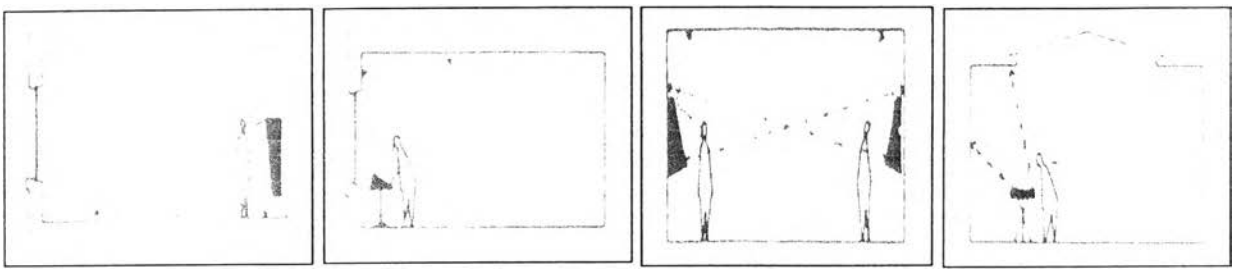
จากรูปบริเวณ offending zone เป็นบริเวณที่ไม่ควรมีวัตถุที่จะสะท้อนทำให้เงาที่ด้านหน้ากระจก

ความร้อน

การสะท้อนจะช่วยลดปริมาณความร้อนภายในตู้จัดแสดงได้มาก แต่จะต้องระมัดระวังความร้อนที่เกิดจากอุปกรณ์ของดวงไฟที่ติดไว้ภายในตู้ด้วย เพราะไม่ว่าจะเป็นหลอดไฟชนิดใดก็ตาม จะต้องมีอุปกรณ์ที่ใช้ประกอบกับหลอดไฟ และเมื่อขณะที่มีการใช้งานจะเกิดความร้อนขึ้น แม้กระทั่งหลอดฟลูออเรสเซนต์ ถึงแม้ว่าจะเป็นหลอดที่ให้ปริมาณความร้อนออกมาน้อย เมื่อเทียบกับหลอดไฟชนิดอื่นแล้วก็ตาม ก็ต้องระวังด้วยเช่นกัน

ตำแหน่งในการจัดวางตู้จัดแสดงงาน

เนื่องจากกระจกที่ใช้สำหรับมองวัตถุของตู้จัดแสดงงาน จะทำให้เกิดการสะท้อนแสงเข้าสู่ตาจนอาจเกิดเป็นแสงบาดตาได้ ดังนั้นควรหลีกเลี่ยงตำแหน่งที่จัดวางให้พ้นจากตำแหน่งที่จะทำให้เกิดการสะท้อนแสงเข้าสู่ตา หากหลีกเลี่ยงไม่ได้ ควรเอียงผังกระจก เพื่อไม่ให้แสงที่ตกกระทบเท่ากับแสงสะท้อนและเข้าสู่ตา สามารถช่วยลดการเกิดแสงบาดตาได้



A B C D

รูปที่ 2.28 A-D แสดงการวางตำแหน่งตู้จัดแสดงที่ตำแหน่งต่างๆ

ที่มา: Brawne, 1965:184

จากภาพ A หากต้องการวางตำแหน่งตู้จัดแสดงที่อยู่ตรงข้ามหน้าต่าง ควรเอียงกระจกเพื่อลดแสงบาดตา

จากภาพ B การวางตู้จัดแสดงงานในบริเวณที่มีหน้าต่างควรหลีกเลี่ยงตำแหน่งของไฟประดิษฐ์ที่บริเวณผนัง ด้านข้างตรงข้ามกับผู้ชม

จากภาพ C หากต้องการวางตู้จัดแสดงงานให้อยู่ตรงข้ามกัน แสงจากตู้หนึ่งอาจทำให้เกิดการสะท้อนไปยังอีกตู้หนึ่งได้

จากภาพ D การจัดวางตู้จัดแสดงงานที่ห่างออกมาจากผนัง หรือเป็นตู้ลอยควรหลีกเลี่ยงตำแหน่งที่จะทำให้เกิดการสะท้อน

ชนิดของตู้จัดแสดง

โดยส่วนใหญ่จะแบ่งแยกได้ 2 ประเภท คือ ตู้จัดแสดงทางตั้งและทางนอน ส่วนใหญ่ตู้จัดแสดงจะมีกระจกหรือพลาสติกอยู่ด้านหน้าเสมอ ในการจัดหรือออกแบบระบบแสงภายในตู้จัดแสดง ขึ้นอยู่กับรูปทรงและโครงสร้างของตู้จัดแสดง

- ตู้จัดแสดงทางตั้ง

ตู้จัดแสดงทางตั้งมีหลายชนิดและหลายขนาด บางชนิดมีกระจกด้านข้างด้านเดียว บางชนิดมีกระจกด้านข้าง 4 ด้าน แต่ปัญหาก็คือ การสะท้อนจากกระจกด้านข้าง ซึ่งจะสะท้อนวัตถุที่มีลักษณะมันเงาจากภายนอกตู้ ทำให้รบกวนการมองวัตถุที่อยู่ภายในตู้ ในการออกแบบระบบไฟของตู้จัดแสดงที่หลักการก็คือ จะต้องไม่ให้ผู้เข้าชมมองเห็นแหล่งกำเนิดแสง อาจจะใช้อุปกรณ์ที่ช่วยในการปิดบังก็ได้ เช่น ถ้าใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ที่อยู่ทางด้านบนหรือด้านข้างของตู้จัดแสดง ควรจะมีอุปกรณ์ช่วยปิดบังตัวหลอดไฟ อาจจะเป็นวัสดุที่ทึบหรือโปร่งแสงก็ได้ และในการจัดแสดงอาจจะต้องใช้แสงที่ช่วยเน้นวัตถุเพื่อทำให้วัตถุดูเด่นสะดุดตาเสริมเพิ่มเติมจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ด้วย เราอาจจะใช้หลอดอินแคนเดสเซนต์ได้ในกรณีนี้ โดยควรจะใช้ชนิด ฮาโลเจนไดโครอิคซึ่งจะทำให้เกิดความร้อนภายในตู้น้อย ตู้จัดแสดงทางตั้งบางชนิดที่มีกระจกด้านบน ซึ่งใช้แหล่งกำเนิดแสงหรือติดตั้งดวงไฟไว้ภายนอกตู้ จะช่วยลดปริมาณความร้อนที่จะเกิดภายในตู้ได้ แต่จะต้องระวังในเรื่องของการเกิด glare ที่เกิดจากแหล่งกำเนิดแสง หรือวัตถุที่สะท้อนแสง ตำแหน่งของดวงไฟจะต้องอยู่ในตำแหน่งที่สามารถส่องทะลุเข้ามาภายในตู้จัดแสดงได้ โดยไม่รบกวนตู้จัดแสดงอื่น ดังนั้น จะต้องหาวิธีการในการปกปิดแหล่งกำเนิดแสง และจะต้องทำความสะอาดตัวกระจกด้านบนบ่อย ๆ ด้วย เพื่อประสิทธิภาพแสงที่ดีตลอดอายุการใช้งานของหลอดไฟ

- โต๊ะจัดแสดงหรือตู้จัดแสดงแนวนอน

โต๊ะจัดแสดงมักจะมีปัญหาในเรื่องการได้รับแสงที่สะท้อนจากด้านบน ดังนั้น จะต้องแน่ใจว่าฝ้าเพดานมีค่าการสะท้อนแสงต่ำ หรือ low luminance และแสงจากภายนอกไม่ทำให้เกิดเงาในระนาบที่มอง การเอียงพื้นผิวกระจกสามารถใช้ได้ดังที่ได้กล่าวไว้แล้วในบทที่ 4 เทคนิคในการออกแบบระบบไฟขึ้นอยู่กับขนาดของตู้จัดแสดง และชนิดของวัตถุที่จัดแสดง ตำแหน่งของหลอดไฟซึ่งแสดงวัตถุที่มีผิวมันวาว ควรจะติดตั้งอุปกรณ์ไว้ด้านหลังตู้เพราะอาจเกิดเงาสะท้อนจากอุปกรณ์เหล่านั้น ควรจะระวังเรื่องของความร้อนที่จะทำลายวัตถุและการซ่อมบำรุงหรือเปลี่ยนหลอดไฟด้วย และเพื่อเป็นการแก้ปัญหาการสะท้อนจากด้านบน โดยเราอาจจะใช้วิธีติดดวงไฟไว้ใต้ตู้จัดแสดงก็ได้

ปัญหาที่เกิดกับตู้จัดแสดงชนิดนี้ ไม่ได้เกิดเฉพาะจากแสงสะท้อนด้านบนเท่านั้น แสงที่มาจากหน้าต่างก็สามารถทำให้เกิดผลกระทบได้ด้วยเช่นกัน

- ตู้จัดแสดงแบบอื่น ๆ

สำหรับตู้จัดแสดงแบบอื่น ๆ นั้น ก็ใช้หลักการเดียวกันกับตู้จัดแสดงทางตั้งและทางนอน แล้วแต่ว่าจะมีลักษณะใกล้เคียงกับตู้ชนิดใด แต่อย่างไรก็ตาม ถ้ามีคู่มือการใช้แนบมาด้วยก็ควรจะทำความเข้าใจก่อนที่จะติดตั้งหรือออกแบบระบบไฟภายในตู้จัดแสดง

2.22 แสงกับการอนุรักษ์

แสงสว่างเป็นสิ่งจำเป็นในพิพิธภัณฑสถาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการจัดแสดง หากแสงสว่างไม่เพียงพอ เราจะไม่สามารถเห็นรายละเอียดต่าง ๆ บนศิลปะโบราณวัตถุ แต่ในขณะเดียวกันแสงสว่างก็เป็นตัวการหนึ่งที่ทำให้เกิดความเสียหายแก่ศิลปโบราณวัตถุที่ทำจากอินทรียวัตถุ

แสงเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามีทั้งชนิดที่สามารถมองเห็นได้ และที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ซึ่งมีความยาวคลื่นที่สามารถทำอันตรายต่อวัตถุแทบทุกชนิดและความยาวคลื่นมีส่วนสัมพันธ์กับความเสียหาย คือยิ่งความยาวคลื่นน้อยเท่าไร ก็ยิ่งเกิดความเสียหายมากเท่านั้น(Thomson,1978 : 175) ดังนั้น จะเห็นว่า รังสีUV (ความยาวคลื่น 100 – 300 นาโนเมตร) จะทำให้เกิดความเสียหายมากที่สุด รองลงมาคือรังสีที่มองเห็นได้ แสงสีน้ำเงินจะมีความยาวคลื่นสั้นที่สุด(ความยาวคลื่น 500 นาโนเมตร) สำหรับรังสีInfraredนั้น ก็มีส่วนในการทำลายวัตถุเพราะทำให้เกิดความร้อนและเมื่อวัตถุมีอุณหภูมิสูงขึ้น จะทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมี ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมี เกิดความเสียหาย และจากการศึกษาพบว่า ถ้าอุณหภูมิเพิ่ม 10 °C ปฏิกิริยาเคมีจะเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า (ชำนาญ ห่อเกียรติ, 2540 : 5-60) รวมถึงถ้าอุณหภูมิเพิ่มขึ้น 5 °C ในที่มืด อัตราความเสียหายจะเพิ่มขึ้นเป็น 2.5 เท่า(Thomson, 1978 : 41)ซึ่งทั้งรังสีUV และ รังสีInfraredนี้จะทำลายวัตถุมากน้อยต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุ บางชนิดถ้าได้รับรังสีInfraredมากก็เสียหายมาก บางชนิดถ้าได้รับรังสีUVมาก ก็เสียหายมาก ดังนั้น ไม่ว่าจะเป็นแสงธรรมชาติหรือแสงประดิษฐ์ก็ตาม ล้วนแล้วแต่มีส่วนในการทำลายวัตถุแทบทั้งสิ้น ถ้าแหล่งกำเนิดแสงนั้น ให้รังสีUV หรือ รังสีInfrared แต่โดยส่วนใหญ่แล้วแสงธรรมชาติจะมีผลต่อการเสียหายของวัตถุมากกว่าแสงประดิษฐ์ เพราะปริมาณรังสีต่างๆมีมากกว่า

พลังงานของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเหล่านี้ มีค่าสูงพอที่จะทำให้พันธะระหว่างโมเลกุลของอินทรียสารอ่อนแอลงแตกหักออก ทำให้โครงสร้างโมเลกุลของอินทรียสารเปลี่ยนแปลงไป เกิดความชำรุด เสื่อมสภาพ ในลักษณะต่าง ๆ กัน และปฏิกิริยาของแสงมิได้หยุดลงเมื่อเก็บรักษาวัตถุไม่ให้ได้รับแสง หรือเมื่อเอาแหล่งกำเนิดแสงออกไปจากวัตถุ แต่พลังงานของแสงจะถูกดูดซับเอาไว้ในโมเลกุลของวัตถุ และทำให้เกิดปฏิกิริยาได้ต่อไปอีกระยะหนึ่ง

เราอาจจะสังเกตความเสียหายที่มีต่อศิลปโบราณวัตถุไม่ได้ในทันที แต่จะต้องใช้เวลา ซึ่งอัตราความเสียหายที่มีต่อศิลปะโบราณวัตถุเหล่านี้ ขึ้นอยู่กับ

- **ความเข้มแสง** (intensity) ถ้าศิลปโบราณวัตถุได้รับความเข้มแสงที่ส่องมายังวัตถุมากเท่าไร ยิ่งทำให้เกิดความเสียหมายมากขึ้นเท่านั้นเพราะในที่ที่แสงสว่างที่มีความเข้มมาก ย่อมหมายถึง มีรังสีUVและรังสี Infraredมากด้วยเช่นกัน

- **เวลาในการแสดง** อัตราความเสียหายของวัตถุยิ่งมากถ้าใช้เวลาในการแสดงมาก เพราะในการจัดแสดงย่อมจะต้องใช้แสงสว่างในการมองเห็น นั้นหมายถึง วัตถุจะต้องได้รับรังสีUVหรือรังสีInfraredด้วยเช่นกัน เราอาจจะใช้วิธีคำนวณอัตราความเสียหายได้ดังนี้

ช่วงเวลาในการจัดแสดง (hr) x ปริมาณความส่องสว่าง (lux) = lux-hr

เช่น ภาพศิลปะ จัดแสดงในที่ความสว่าง 100 lux เป็นเวลา 5 ชม. ดังนั้น จะได้ 500 lux-hr ในทำนองเดียวกัน ถ้าภาพศิลปะจัดแสดงในที่ความสว่าง 50 lux แต่แสดงเป็นเวลา 10 ชม. จะทำให้เกิดความเสียหายเท่ากัน จะเห็นได้ว่าอัตราความเสียหายจะยิ่งมากขึ้นถ้ามีช่วงเวลาในการจัดแสดง และความเข้มของแสงที่ส่องมายังวัตถุมาก แต่อัตราความเสียหายจะไม่เป็นอัตราที่เท่ากันเสมอไป อัตราความเสียหายจะมากในช่วงแรก และจะมีอัตราที่น้อยลงเรื่อยๆจนกระทั่งเป็นศูนย์

สรุปองค์ประกอบต่าง ๆ ที่เป็นสาเหตุต่อการเสื่อมเสียหายของวัตถุ

- ความเข้มของแสง
- ระยะเวลาที่ได้รับแสง
- คุณสมบัติและพลังงานของแสง แสงที่มีแหล่งกำเนิดต่างกันย่อมมีคุณสมบัติต่างกัน แหล่งกำเนิดแสง ที่ให้รังสีUVมากยิ่งทำให้เกิดความเสียหายมาก
- คุณสมบัติของวัตถุในการดูดซับพลังงาน
- คุณสมบัติของวัตถุในการเปลี่ยนแปลง เมื่อได้รับแสง แม้ว่าวัตถุเองไม่ค่อยดูดซับพลังงานของแสง แต่สารอื่น ๆ ที่เติมลงไปในกระบวนการผลิตหรือสิ่งอื่น ๆ ที่ปนเปื้อน หรือปะปนอยู่ในระหว่างการใช้งาน เป็นตัวการสำคัญที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเร็วขึ้น ปฏิกิริยาเหล่านี้จะรุนแรงยิ่งขึ้นเมื่อมีออกซิเจน โอโซน ความร้อน และความชื้นร่วมด้วย

ปริมาณความส่องสว่างและปริมาณรังสีUVที่เหมาะสมกับวัตถุต่างๆ

ในการจัดแสดงวัตถุ ควรคำนึงถึงค่าความส่องสว่างกับชนิดของวัตถุนั้นๆด้วยว่า วัตถุเหล่านั้น จัดอยู่ในประเภทใด ซึ่งเราสามารถจำแนกได้ 3 ชนิด คือ(CIBSE lighting guide: Art galleries& museums,1993:26-28)

1. วัตถุประเภทที่เมื่อได้รับแสงแล้วจะไม่เกิดความเสียหายหรือเกิดความเสียน้อยมากหรือเรียกว่าวัตถุที่ไม่ไวแสง ส่วนใหญ่จะเป็นอนินทรียวัตถุ เช่น แก้ว กระจก หิน ปูนปั้น ฯลฯ วัตถุเหล่านี้สามารถจัดแสดงและเก็บรักษาในที่ที่มีแสงธรรมชาติได้ และสามารถให้แสงสว่างได้โดยไม่จำกัด แต่ไม่ควรให้แสงแดดสาดส่องโดยตรงและไม่ควรอยู่ในที่ที่มีระดับความส่องสว่างเกิน 300 ลักซ์ และปริมาณรังสีUVไม่เกิน 75 ไมโครวัตต์ / ลูเมน
2. วัตถุประเภทที่เมื่อได้รับแสงแล้วจะเกิดการเปลี่ยนแปลงช้าหรือน้อยหรือเรียกว่าวัตถุที่ไวแสงปานกลาง เช่น พวกกระดูก งา เครื่องเขิน ไม้ วัตถุเหล่านี้จะต้องอยู่ในห้องที่มีระดับความส่องสว่างไม่เกิน 200 ลักซ์ และปริมาณรังสีUVไม่เกิน 75 ไมโครวัตต์ / ลูเมน(เดิมที่ ได้กำหนดให้ใช้เพียง 150 ลักซ์ แต่ปัจจุบันได้ปรับเปลี่ยนให้เป็น 200 ลักซ์ (Michalski,1990:585))
3. วัตถุประเภทที่เมื่อได้รับแสงแล้วจะเกิดความเสียหายมากหรือเปลี่ยนแปลงเร็ว หรือเรียกว่าวัตถุไวแสง ส่วนใหญ่จะเป็นอินทรียวัตถุ เช่น เขาสัตว์ หนังสัตว์ ภาพจิตรกรรม กระดาษ ผ้าโบราณต่าง ๆวัตถุเหล่านี้จะต้องอยู่ในห้องที่มีระดับความส่องสว่างไม่เกิน 50 ลักซ์ และให้รังสีUVไม่เกิน 75 ไมโครวัตต์ / ลูเมน

ชนิดวัตถุ	ระดับความส่อง (Lux)	ความส่องสว่างสะสม (Lux – Hours) / ปี	รังสีอัลตราไวโอเลต (ไมโครวัตต์ / ลูเมน)
วัตถุประเภทที่ไวต่อแสงมาก กระดาษ ภาพสีน้ำ ภาพวาด ขนสัตว์	50	150,000	75
วัตถุประเภทที่ไวต่อแสงปานกลาง งานเขียนสีน้ำมัน เขากระดูก งา ไม้	200	600,000	75
วัตถุประเภทที่ไม่ไวต่อแสง เครื่องปั้นดินเผา แก้ว ปูนปั้น โลหะ	300	-	75

ตารางที่ 2.2 แสดงระดับความส่องสว่าง ความส่องสว่างสะสม ปริมาณรังสีUVที่เหมาะสมกับวัตถุชนิดต่างๆ

ปริมาณความส่องสว่างสะสมกับชนิดของวัตถุ

จากตาราง ทำให้ทราบว่า ถ้าต้องการให้มีการแสดงวัตถุประเภทไวต่อแสง ในความส่องสว่าง 50 lux สามารถนำออกแสดงได้ไม่ควรเกิน 150,000 / 50 = 3,000 ชม. / ปี ถ้าพิจารณาใน 1 ปี มี 365 วัน เปิดแสดงวันละ 8 ชม. อาทิตย์ละ 6 วัน คิดเป็นชม. / ปีได้ 365 * 8 * 6 / 7 = 2502 ชม. ซึ่งก็ใกล้เคียงกับจำนวนที่กำหนดให้จัดแสดง

แนวทางในการป้องกันอันตรายที่เกิดจากแสงธรรมชาติ

ในการป้องกันอันตรายอันเกิดจากแสงธรรมชาติ เราอาจกระทำได้ง่าย ๆ โดยพยายามหลีกเลี่ยงแสงแดด ไม่ควรให้แสงแดดส่องตรงมายังวัตถุโดยตรง เราสามารสรุปแนวทางการป้องกันได้ดังนี้คือ

1. ลดหรือกำจัดรังสีUV
2. ลดหรือกำจัดรังสีInfrared

3. ให้ความสว่างเท่าที่จำเป็น หรือลดเวลาในการให้แสงสว่าง
4. จำกัดเวลาในการถูกแสงให้มากเท่าที่จำเป็น

1. ลดหรือกำจัดรังสีUV

- กระจกทั่ว ๆ ไป จะยอมให้รังสีUVผ่านได้ที่ช่วงความถี่ 325 - 400 นาโนเมตร ซึ่งที่ความถี่นี้จะทำให้เกิดความเสียหายต่อวัตถุ ดังนั้นเราอาจจะใช้กระจกชนิดที่ยอมให้รังสีUVผ่านได้น้อย โดยที่กระจกเหล่านี้จะมีสารพิเศษ เคลือบที่ผิวของกระจก ซึ่งคุณสมบัติในการยอมให้รังสีUVผ่าน จะขึ้นอยู่กับชนิดของสารที่เคลือบ ความหนาของสารที่เคลือบ แล้วแต่บริษัทผู้ผลิตจะระบุมาในคู่มือการใช้ และมีข้อควรระวังในการใช้คือ ปริมาณแสงที่ส่องผ่านเข้ามาในอาคารจะลดลงด้วย แล้วแต่ชนิดของสารเคลือบและชนิดกระจก
- ใช้หลอดไฟที่ให้ปริมาณรังสีUVต่ำ แต่ควรคำนึงถึงคุณภาพแสงด้วย
- ใช้แผ่นหรือฟิลเตอร์กรองปริมาณรังสีจากหลอดไฟ แต่จะทำให้ความสว่างลดน้อยลง ดังนั้น ในการออกแบบต้องคิดความส่องสว่างมากกว่าปกติ

2. ลดปริมาณรังสีInfrared โดยการ

- ใช้ฟิลเตอร์หรือที่กรองรังสีInfrared
- ใช้โคมไฟประเภทที่ให้แสงกระจายขึ้นทำให้ความร้อนไม่ถูกวัตถุโดยตรง
- ใช้หลอดไฟที่ให้ปริมาณรังสีInfraredต่ำ

3. ให้ความสว่างเท่าที่จำเป็น

4. จำกัดเวลาในการให้แสงสว่าง ให้มากเท่าที่จำเป็น มีวิธีการดังนี้คือ

- การใช้ม่าน พิล์ม หรือกระจกที่ช่วยลดปริมาณแสงสว่างที่เข้ามาภายในอาคาร
- สลับเวลาในการแสดง เราสามารถสลับเวลาในการแสดง สำหรับวัตถุที่มีหลายชิ้น โดยนำมาจัดแสดงเพียงชิ้นเดียวส่วนชิ้นที่เหลือจักเก็บไว้ในห้องเก็บรักษาวัตถุที่มีการควบคุมปริมาณแสง ถ้ามีการจัดแสดงหลายวัน ก็นำวัตถุที่จัดเก็บในห้องเก็บรักษาวัตถุมาสลับกันแสดง
- ช่องเปิดต่าง ๆ เมื่อไม่มีการแสดง หรือควบคุมบริเวณที่จัดแสดงวัตถุไม่ให้มีแสงสว่างเมื่อไม่มีผู้ชม ควรปิดช่องเปิดต่าง ๆ ให้มิดชิด เพื่อป้องกันแสงที่จะทำลายวัตถุ และเราสามารถป้องกันแสงสว่าง ณ บริเวณที่จัดแสดงวัตถุได้โดยการใช้ม่าน ครอบหรือปิดเฉพาะบริเวณที่ศิลปะโบราณวัตถุนั้นตั้งอยู่ เมื่อมีผู้ชมสนใจก็จะต้องมาดึงม่านออก เพื่อชมวัตถุและเมื่อชมแล้วก็ดึงม่านปิดไว้เหมือนเดิม

2.23 การสำรวจงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการค้นคว้าพบว่า มีผู้วิจัยหลายท่านทำการวิจัยเกี่ยวกับการใช้แสงธรรมชาติภายในอาคารพิพิธภัณฑ์ โดยสรุปได้ดังต่อไปนี้

- Daylight Design Application in Museums เป็นงานวิจัยของ Mojtaba Navaab,The University of Michigan ได้ทำการศึกษาถึงวิธีการนำแสงธรรมชาติมาใช้เพื่อการจัดแสดงงานเพื่อทำให้เกิดคุณภาพในการ

จัดแสดงงาน โดยจะต้องคำนึงถึง ค่าความถูกต้องของสี ความเปรียบต่าง และระดับความส่องสว่าง จากนั้นได้ทำการศึกษาจากอาคารกรณีศึกษา และสรุปว่า ในการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ในอาคารพิพิธภัณฑ์ ไม่เพียงแต่ทำให้คุณภาพในการจัดแสดงงาน แต่ยังสามารถช่วยลดความร้อน ภาระการทำความเย็นของอาคารได้ด้วย

- The Lighting of Chinese Painting & Calligraphy Exhibition เป็นงานวิจัยของ Zhang Hai-Cong & Dong Mei-Zhen,Shanghai Institute for Lighting & Fitting Research ได้ทำการศึกษาถึงวิธีการใช้แสงประดิษฐ์ทั้งที่สำหรับจัดแสดงวัตถุและสำหรับบริเวณทั่วๆไป(general lighting) ภายในส่วนจัดแสดงงานสำหรับการจัดแสดงงานและภาพเขียนอักษรจีน ใน Shanghai Museum และได้สรุปว่า ที่ระดับความส่องสว่าง 50 ลักซ์และ 150 ลักซ์ เป็นระดับความส่องสว่างที่เหมาะสมที่จะเห็นวัตถุได้ และจะต้องคำนึงถึงปริมาณรังสีอุลตราไวโอเลต รวมถึงหากต้องการใช้แสงเพื่อเน้นวัตถุ จะต้องไม่ทำให้เกิดความขัดแย้งกันกับแสงที่ใช้ในบริเวณทั่วๆไป

- **ผลกระทบในการให้แสงโดยการใช้ความจ้าและความเปรียบต่าง ความเข้มของแสง เพื่อเน้นวัตถุและความน่าสนใจ : กรณีศึกษา การจัดแสดงประติมากรรมในพิพิธภัณฑ์** เป็นงานวิจัยของ เฉลิมพงษ์ นัยวัฒน์ 2538, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยได้จำลองสภาพการจัดแสดงโดยการใช้วัตถุและฉากที่มีโทนสีต่างกัน และสามารถสรุปได้ว่า ระดับความจ้าในแต่ละระดับของแต่ละกรณีก่อให้เกิดผลต่อความน่าสนใจแตกต่างกัน คือ เมื่อเพิ่มระดับการส่องสว่าง แก่วัตถุหรือฉาก ซึ่งจะทำให้อัตราส่วนความจ้า และความรู้สึก ความน่าสนใจมากขึ้น แต่เมื่อเพิ่มความจ้ามากขึ้นจนถึงจุดๆหนึ่ง ความรู้สึกดึงดูดความน่าสนใจก็จะลดลง อันเนื่องมาจากความจ้าที่มากเกินไปนั้นทำให้รบกวนสายตา ภายใต้สภาวะแสงเดียวกัน(ambient light) โดยไม่มีการให้เน้นแสงเป็นพิเศษ การจัดวางวัตถุสีอ่อนบนฉากหลังสีเข้ม จะก่อให้เกิดความเปรียบต่างความเข้มแสงที่มากกว่ากรณีอื่นๆ และก่อให้เกิดความรู้สึกน่าสนใจมากกว่า และเมื่อเพิ่มระดับการส่องสว่างให้แก่วัตถุซึ่งจะทำให้อัตราส่วนความจ้ามากขึ้น ความเปรียบต่างความเข้มของแสงก็มากขึ้นและก่อให้เกิดความรู้สึกน่าสนใจมากขึ้นได้ แต่เมื่อเพิ่มระดับการส่องสว่างให้แก่ฉาก ก็ทำให้อัตราส่วนความจ้ามากขึ้นเช่นกัน แต่ความเปรียบต่างความเข้มของแสงไม่เพิ่มขึ้นเช่นเดียวกับกรณีที่ให้แสงกับวัตถุ

- Lighting Design of The Royal Palace "Phra-rachchawang Bann-puen" เป็นงานวิจัยของKanokporn Nuchsaeng, University of London ได้ทำการปรับปรุงระบบแสงสว่างที่เหมาะสมสำหรับพิพิธภัณฑ์ พระราชวังบ้านปืน ซึ่งตั้งอยู่ที่จังหวัด เพชรบุรี และได้แนะแนวทางในการปรับปรุงว่า การใช้แสงในอาคารพิพิธภัณฑ์จะต้องสามารถทำให้ผู้เข้าชมเห็นวัตถุได้ง่าย เกิดความพึงพอใจ และวัตถุจะต้องเกิดความน่าสนใจด้วย โดยการคำนึงถึง อัตราส่วนของความเปรียบต่าง อัตราส่วนความจ้า ระดับความส่องสว่างและการปรับสายตาของผู้เข้าชม

- Architectural Lighting-Development of The Quality Concept เป็นงานวิจัยของJan Ejhed, Royal Institute of Technology, Sweden ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับระบบแสงสว่างกับการออกแบบทางสถาปัตยกรรม โดยมีแนวความคิดคือ เพื่อทำให้เกิดคุณภาพของระบบแสงสว่างที่ดีจะต้องประกอบไปด้วย การมองเห็นได้ลักษณะทางกายภาพของพื้นที่หรืออาคาร (physical room) และบรรยากาศ (atmosphere)