



การส่องสว่าง

จตุรงค์ แถงเขียว
เตชา อัสวสิทธิ์ดาว



การส่องสว่าง (Illuminations)

รหัสวิชา 30104-2203

หมวดวิชาสมรรถนะวิชาชีพ กลุ่มสมรรถนะวิชาชีพเลือก
ประเภทวิชาอุตสาหกรรม สาขาวิชาไฟฟ้า
หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2563
และใช้ได้กับหลักสูตรปริญญาตรี



เรียบเรียงโดย
จาดุรงค์ แต่งเขี้ยว
เตชา อัครวิสิทธิ์ถาวร

การส่องสว่าง (Illuminations)

คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาเกี่ยวกับหลักการกำเนิดแสงและการมองเห็น ความสัมพันธ์ระหว่างแสงสว่างและการมองเห็น ปริมาณและคุณภาพของการส่องสว่าง ลักษณะเฉพาะของแหล่งกำเนิดแสง การควบคุมแสงสว่างและโคมไฟ การออกแบบแสงสว่างในอาคาร แสงสว่างสำหรับโรงแรมและสถานที่ทำงาน แสงสว่างภายในโรงงาน แสงสว่างนอกอาคาร ตามมาตรฐานและแนวทางการอนุรักษ์พลังงาน

ข้อมูลทางบรรณานุกรมของสำนักหอสมุดแห่งชาติ

จาตุรงค์ แต่งเขียน.

การส่องสว่าง.-- กรุงเทพฯ : วังอักษร, 2563.

164 หน้า.

1. การส่องสว่าง. I. เตชา อัสวสิทธิถาวร, ผู้แต่งร่วม.

I. ชื่อเรื่อง.

621.32

ISBN 978-616-211-865-4

จัดพิมพ์และจำหน่ายโดย...



บริษัท วังอักษร จำกัด

69/3 ถนนอรุณอมรินทร์ แขวงวัดอรุณเขตบางกอกใหญ่ กรุงเทพฯ 10600

โทร. 0-2472-3293-5 โทรสาร 0-2891-0742 Mobile : 08-8585-1521

Facebook : สำนักพิมพ์ วังอักษร

e-Mail : wangaksorn9@gmail.com

<http://www.wangaksorn.com>

ID Line : @wangaksorn



พิมพ์ครั้งที่ 1 พ.ศ. 2563

สงวนลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติลิขสิทธิ์ พ.ศ. 2537

โดยบริษัท วังอักษร จำกัด ห้ามนำส่วนใดส่วนหนึ่งของหนังสือเล่มนี้ไปทำซ้ำ

ดัดแปลง หรือเผยแพร่ต่อสาธารณชน ไม่ว่ารูปแบบใด ๆ

นอกจากได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรล่วงหน้าจากทางบริษัทฯ เท่านั้น

ชื่อและเครื่องหมายการค้าอื่น ๆ ที่อ้างอิงในหนังสือฉบับนี้

เป็นสิทธิโดยชอบด้วยกฎหมายของเจ้าของแต่ละราย

โดยบริษัท วังอักษร จำกัด มิได้อ้างความเป็นเจ้าของแต่อย่างใด



คำนำ

วิชาการส่องสว่าง รหัสวิชา 30104-2203 จัดอยู่ในหมวดวิชาสมรรถนะวิชาชีพ กลุ่มสมรรถนะวิชาชีพเลือก สาขางานไฟฟ้ากำลัง ประเภทวิชาอุตสาหกรรม สาขาวิชาไฟฟ้า **ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2563** สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา (สอศ.) กระทรวงศึกษาธิการ ผู้เขียนได้บริหารสาระการเรียนรู้แบ่งเป็น 6 บทเรียน ได้จัดแผนการจัดการเรียนรู้/แผนการสอน ที่มุ่งเน้นฐานสมรรถนะ (Competency Based) และการบูรณาการ (Integrated) ตรงตามจุดประสงค์ รายวิชา สมรรถนะรายวิชา คำอธิบายรายวิชา ในแต่ละบทเรียนมุ่งให้ความสำคัญส่วนที่เป็นความรู้ ทฤษฎี หลักการ กระบวนการ ตัวอย่าง แบบฝึกปฏิบัติ และคำถามเพื่อการทบทวน เพื่อฝึกทักษะ ประสพการณ์ เร่งพัฒนาบทบาทของผู้เรียนเป็นผู้จัดการแสวงหาความรู้ (Explorer) เป็นผู้สอนตนเองได้ สร้างองค์ความรู้ใหม่ และบทบาทของผู้สอนเปลี่ยนจากผู้ให้ความรู้มาเป็นผู้จัดการชี้แนะ (Teacher Roles) จัดสิ่งแวดล้อมเอื้ออำนวยต่อความสนใจเรียนรู้ และเป็นผู้ร่วมเรียนรู้ (Co-investigator) จัดห้องเรียนเป็นสถานที่ทำงานร่วมกัน (Learning Context) จัดกลุ่มเรียนรู้ให้รู้จักทำงานร่วมกัน (Grouping) ฝึกความใจกว้าง มุ่งสร้างสรรค์คนรุ่นใหม่ สอนความสามารถที่นำไปทำงานได้ (Competency) สอนความรัก ความเมตตา (Compassion) ความเชื่อมั่น ความซื่อสัตย์ (Trust) เป้าหมายอาชีพอันยัง ประโยชน์ (Productive Career) และชีวิตที่มีศักดิ์ศรี (Noble Life) เหนือสิ่งอื่นใด เป็นคนดีทั้งกาย วาจา ใจ มีคุณธรรม จรรยาบรรณทางธุรกิจและวิชาชีพ

ส่งเสริมสนับสนุนยุทธศาสตร์การพัฒนาระบบคุณวุฒิวิชาชีพ (Vocational Qualification System) สอดคล้องตามมาตรฐานอาชีพ (Occupational Standard) สร้างภูมิคุ้มกัน เพิ่มขีดความสามารถ ในการแข่งขันของประเทศ กำลังแรงงาน การพัฒนามาตรฐานการปฏิบัติงานระดับชาติ (National Benchmarking) และการวิเคราะห์หน้าที่การงาน (Functional Analysis) เพื่อให้เกิดผลสำเร็จใน ภาคธุรกิจ อุตสาหกรรม ทุกสาขาอาชีพ เป็นการเตรียมความพร้อมของผู้เรียนเข้าสู่สนามการแข่งขัน ในประชาคมอาเซียน

ขอขอบพระคุณท่านอาจารย์ผู้สอน ผู้ประสพวิชาความรู้ เอกสาร หนังสือที่ใช้ประกอบใน การเรียบเรียงไว้ ณ โอกาสนี้

**จตุรงค์ แดงเขียว
เตชา อัศวสิทธิถาวร**



สารบัญ

หน้า

บทที่ 1 หลักการของการส่องสว่างและการมองเห็น

คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ากับแสงสว่าง	1
ลูเมน และแคนเดลา	2
ความสว่างของแสง หรือลูมิแนนซ์	6
ความสว่าง หรือลูมิแนนซ์	6
คอนทราสต์ (Contrast)	8
แสงบาดตา (Glare)	11
อุณหภูมิของสี (Color Temperature)	12
ค่าประสิทธิภาพ (Efficacy)	14
ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของสีและการส่องสว่าง	15
ดัชนีความถูกต้องของสี (Color Rendering Index : CRI)	17
การหักเหของแสงผ่านตัวกลางสองชนิด	17
สเปกตรัมสีของแสง	20
เรื่องของสี	21
แบบทดสอบและกิจกรรมการฝึกทักษะ	26

บทที่ 2 แหล่งกำเนิดแสง

ลักษณะของแสงสี	27
ดัชนีความถูกต้องของสี CRI (Color Rendering Index)	28
ความส่องสว่าง	29
ศักดาทางไฟฟ้าของหลอดไฟฟ้า	30
การแบ่งประเภทของหลอดไฟ	32
หลอดคอมแพคท์ฟลูออเรสเซนต์	43
หลอดปรอทความดันสูง	44
หลอดโซเดียมความดันสูง	46
หลอดโซเดียมความดันต่ำ	47

หลอดเมทัลฮาไลด์	47
หลอดพิเศษแบบอื่นๆ	49
สเปกตรัมสีของหลอดไฟ	50
แบบทดสอบและกิจกรรมการฝึกทักษะ	51

บทที่ 3 การควบคุมแสงสว่างและโคมไฟ **52**

การควบคุมแสงสว่าง	53
แสงที่ออกจากโคมไฟ	56
โคมไฟติดตั้งภายใน	56
โคมไฟติดตั้งภายนอก	59
การแยกประเภทโคมไฟ (Classification)	60
แบบทดสอบและกิจกรรมการฝึกทักษะ	66

บทที่ 4 การส่องสว่างภายในอาคาร **67**

ระบบการให้แสงหลัก (Primary Lighting System)	68
ระบบการให้แสงรอง (Secondary Lighting System)	69
การส่องสว่างภายในโรงแรมและที่อยู่อาศัย	70
การส่องสว่างภายในสถานที่ทำงานหรือสำนักงาน	96
การส่องสว่างภายในโรงงานอุตสาหกรรม	104
แบบทดสอบและกิจกรรมการฝึกทักษะ	115

บทที่ 5 การส่องสว่างภายนอกอาคาร **117**

การส่องสว่างทางเดิน	118
การส่องสว่างไฟสวนและต้นไม้	123
การส่องสว่างสระว่ายน้ำ	126
การส่องสว่างน้ำพุ	129
การส่องสว่างบริเวณ	131
แบบทดสอบและกิจกรรมการฝึกทักษะ	134

บทที่ 6 แนวทางการประหยัดพลังงาน

135

วิธีการประหยัดพลังงาน

136

คุณสมบัติสำคัญของหลอดไฟชนิดต่าง ๆ

141

เปรียบเทียบค่าใช้จ่าย

143

แบบทดสอบและกิจกรรมการฝึกทักษะ

145

ใบงาน

146

คำถามเพื่อการทบทวน

148

คำศัพท์

152

บรรณานุกรม

157



บทที่

1

หลักการของการส่องสว่าง และการมองเห็น

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (Behavioral Objectives)

หลังจากศึกษาจบบทเรียนนี้แล้ว นักเรียนจะมีความสามารถดังนี้

1. สรุปลิ้นแม่เหล็กไฟฟ้ากับแสงสว่าง
2. อธิบายลูเมนและแคนเดลา
3. ยกตัวอย่างความสว่างของแสง/ลูมินแนนซ์
4. แสดงตัวอย่างความสว่าง/ลูมินแนนซ์
5. สรุปลคอนทราสต์ (Contrast)
6. อธิบายแสงบาดตา (Glate)
7. ยกตัวอย่างอุณหภูมิของสี (Color Temperature)
8. ยกตัวอย่างค่าประสิทธิผล (Efficacy)
9. แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของสีและการส่องสว่าง
10. อธิบายดัชนีความถูกต้องของสี (CRI)
11. คำนวนการหักเหของแสงผ่านตัวกลางสองชนิด
12. ยกตัวอย่างสเปกตรัมสีของแสง
13. สรุปรื่องของสี



บทที่ 1

หลักการของการส่องสว่างและการมองเห็น

เป็นที่ทราบกันดีอยู่แล้วว่าแสงสว่างนั้นเป็นสิ่งที่มนุษย์ขาดไม่ได้ ในเวลากลางคืนนั้นมนุษย์จะมีความรู้สึกว่ายากที่จะมองเห็นแสงสว่างไม่ได้ แสงสว่างที่ใช้ในเวลากลางคืนอยู่ทุกวันนี้เป็นสิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้นมา ซึ่งการที่จะใช้แสงสว่างให้มีประสิทธิภาพจำเป็นที่จะต้องมีความรู้พื้นฐานทางด้านแสงสว่างก่อน โดยการที่จะเรียนรู้เกี่ยวกับพื้นฐานการส่องสว่างนั้น จะต้องทราบเกี่ยวกับนิยาม เพื่อให้มีความเข้าใจที่ตรงกันเมื่อมีการกล่าวถึง

คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ากับแสงสว่าง

แสงสว่าง คือ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ผ่านจากวัตถุหนึ่งไปยังวัตถุอีกอันหนึ่ง โดยที่ไม่ต้องอาศัยตัวนำ แสงมีความเร็วสูงถึง 3×10^8 m/s (เมตร/วินาที) โดยจะใช้เวลาประมาณ 1.3 วินาที ในการเดินทางจากพระจันทร์มายังโลก และใช้เวลา 8.3 วินาที ในการเดินทางจากดวงอาทิตย์มายังโลก

คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้างกล่าวที่มาจากดวงอาทิตย์นั้นจะแบ่งออกเป็น 3 ย่านด้วยกัน ดังนี้

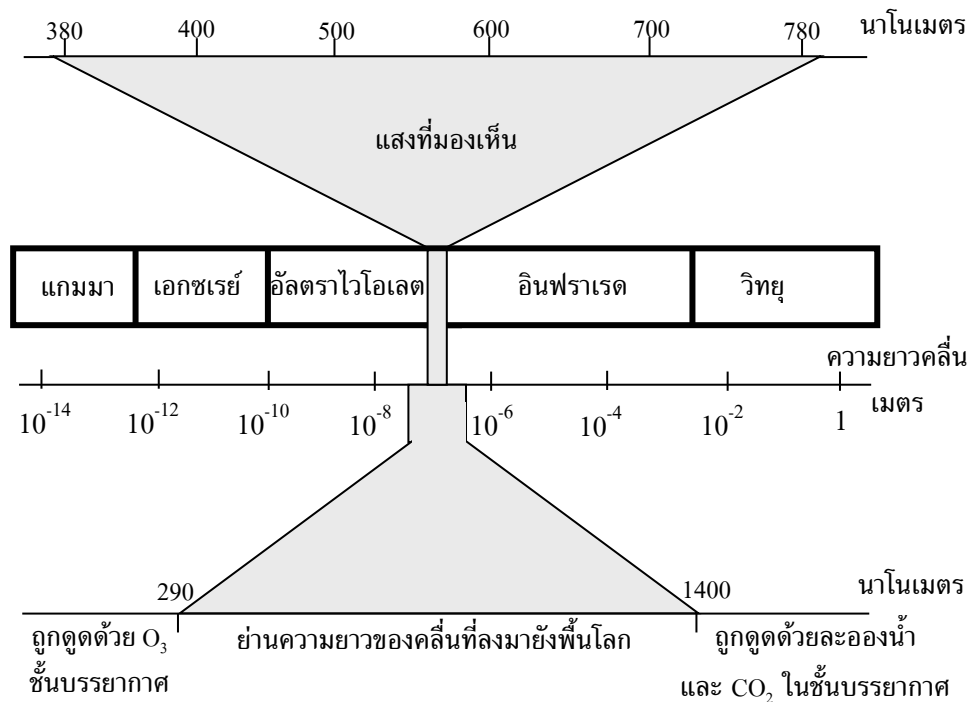
1. รังสีแกมมา เอกซเรย์ อัลตราไวโอเลต ซึ่งเป็นเรื่องที่น่ายินดีที่รังสีพวกนี้ลงมาไม่ถึงพื้น เพราะถูกชั้นโอโซนในชั้นบรรยากาศดูดเอาไว้

2. คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความยาวคลื่นย่าน 290 - 1400 นาโนเมตร ลงมายัง พื้นโลก ซึ่งมีทั้งชนิดที่มองเห็นและมองไม่เห็น ส่วนที่มองเห็นนั้นจะมีความยาวคลื่นย่าน 380 - 760 นาโนเมตร และย่านที่ไวต่อการมองเห็นของสายตามากที่สุดจะมีความยาวคลื่น 555 นาโนเมตร ซึ่งที่ความยาวคลื่นนี้จะมีแสงสีเหลือง

3. คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าย่าน >1400 นาโนเมตร จะถูกดูดด้วยละอองน้ำและคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศ

รูปที่ 1.1 แสดงความยาวคลื่นต่างๆ กันของแสงอาทิตย์ ซึ่งความยาวคลื่นสั้นที่ตกลงมาสู่พื้นโลก ได้แก่ อัลตราไวโอเลต และที่ความยาวคลื่นยาว ได้แก่ อินฟราเรด คลื่นสั้นตั้งแต่ 290 นาโนเมตร จะมีสีม่วงดำ และสีของความยาวคลื่นต่างๆ จะมีดังนี้

ที่ความยาวคลื่นประมาณ 380 นาโนเมตร	สีม่วง
ที่ความยาวคลื่นประมาณ 460 นาโนเมตร	สีน้ำเงิน
ที่ความยาวคลื่นประมาณ 500 นาโนเมตร	สีเขียว
ที่ความยาวคลื่นประมาณ 550 นาโนเมตร	สีเหลือง
ที่ความยาวคลื่นประมาณ 650 นาโนเมตร	สีแดง
ที่ความยาวคลื่นประมาณ 760 นาโนเมตร	สีเลือดหมู



รูปที่ 1.1 แสดงความยาวคลื่นต่างๆ กันของแสงอาทิตย์

จากรูปที่ 1.1 อธิบายได้ว่า มีการขยายส่วนที่เป็นแสงส่วนล่างของรูปซึ่งจะเป็นความยาวคลื่นในส่วนที่ตกลงมาบนพื้นโลก และขยายส่วนที่เป็นแสงส่วนบนของรูปจะเป็นความยาวคลื่นที่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า โดยจะสังเกตเห็นว่ารังสีแกมมา เอกซเรย์ อินฟราเรด และอัลตราไวโอเล็ต ส่วนใหญ่จะตกลงมาไม่ถึงพื้นโลก

รังสีอัลตราไวโอเล็ต

ตามที่ CIE (International Commission on Illumination) ได้แบ่งรังสีอัลตราไวโอเล็ตหรือที่รู้จักกันในชื่อรังสี UV ออกเป็น 3 ย่านด้วยกัน คือ

1. **UV - A** ที่มีความยาวคลื่น 315 - 400 นาโนเมตร รังสี UV ในย่านนี้จะทำให้ ผิวหนัง มีสีเข้มหรือซันแทน (San-Tan)
2. **UV - B** ที่มีความยาวคลื่น 280 - 315 นาโนเมตร รังสี UV ในย่านนี้จะทำให้ ผิวหนังไหม้
3. **UV - C** ที่มีความยาวคลื่น 100 - 280 นาโนเมตร รังสี UV ในย่านนี้จะทำให้ ผิวหนังถูกทำลาย ซึ่งหลอดฆ่าเชื้อจะผลิตแสง UV ออกมาในย่านนี้

รังสี UV ที่มีความยาวคลื่นน้อยกว่า 320 นาโนเมตร จะมีผลทำให้เนื้อเยื่อผิวหนังเป็นอันตรายและมีสีแดง ที่ความยาวคลื่น 260 นาโนเมตร จะมีผลในการฆ่าแบคทีเรียมากที่สุด ซึ่งเป็นสาเหตุให้หลอดฆ่าเชื้อที่ผลิตออกมาจำหน่าย UV ที่ความยาวคลื่น 253.7 นาโนเมตร

อุปกรณ์หรือสิ่งของต่าง ๆ ที่อยู่ภายใต้รังสี UV และ IR (อินฟราเรด) ไม่ว่าจะเป็นจากแสงอาทิตย์หรือมาจากหลอดไฟที่ให้ UV และ IR จะทำให้อุปกรณ์หรือสิ่งของนั้นๆ กรอบพลาสติกสีขาวเมื่ออยู่ภายใต้แสงอาทิตย์หรืออยู่ภายใต้หลอดไฟอาจจะมีสีสันทันเปลี่ยนไปแลกรอบจะสังเกตเห็นจากแผ่นกรองแสงสีขาวขุ่นของโคมไฟ เมื่อใช้ไปนานๆ จะมีสีเหลืองและกรอบอุปกรณ์ที่ผลิตมาจากพลาสติกนั้นเมื่อนำไปใช้ภายนอกหรือโดนแสงแดดนานจะกรอบและแตกหักง่าย ในปัจจุบันนี้ยังไม่มีอุปกรณ์ที่สามารถจะทนแสง UV และ IR ได้ ซึ่งอย่างมากก็ ทำได้แค่เสื่อมช้าลงเท่านั้น รูปภาพต่าง ๆ ที่อยู่ในพิพิธภัณฑ์ก็ต้องมีการระวังจากแสงจาก UV และ IR เพราะภาพที่โดนแสงนาน ๆ จะทำให้กรอบได้ ทำให้โคมไฟที่ใช้ในพิพิธภัณฑ์จะต้องใส่ฟิลเตอร์กรองแสง เพื่อกรองแสง UV และ IR เพื่อยืดอายุของภาพ ภาพที่มีราคาแพงนั้นจะมีการกำหนดระยะเวลาแสดงประกอบกับขนาดความส่องสว่างด้วย เพื่อไม่ให้ภาพเสื่อมก่อนเวลาอันควร

การปรับตัวของตาต่อแสงและการมองเห็น

ในดวงตาของมนุษย์นั้นจะมีเซลล์รับการมองเห็นอยู่สองชนิด คือ เซลล์โคน (Cone) และ เซลล์ร็อด (Rod) ซึ่งเซลล์ร็อด 120 ล้านชุดจะไวต่อการรับแสงแต่ไม่ไวต่อการรับสี ฉะนั้นเซลล์ร็อดส่วนใหญ่จะรับแสงที่ความส่องสว่างต่ำและไวต่อความยาวคลื่นที่ 507 นาโนเมตร ซึ่งก็คือ แดงสีน้ำเงินและเขียว มีความหมายว่า ในที่มีดนั้นมนุษย์จะสามารถมองเห็นแสงสีน้ำเงินและเขียวได้ดี เป็นเหตุผลให้ป้ายที่บอกทางหนีไฟใช้สีเขียว เพราะจะสามารถมองเห็นได้ง่าย ในที่ๆ มีแสงน้อย ส่วนเซลล์โคน 7 ล้านชุดในตาจะไวต่อการรับสีและใช้ในการมองเห็น ในเวลากลางวันที่มีความสว่างสูงๆ ไวต่อความยาวคลื่น 555 นาโนเมตร ซึ่งเป็นย่านของสีเหลือง เซลล์โคนจะมี 3 แบบ ซึ่งแต่ละแบบจะมีความไวต่อการรับแสงที่ต่างกัน (แดง เขียว น้ำเงิน) และจะทำการสร้างสีขึ้นจากการผสมสีทั้ง 3 สีในการมองเห็น

การมองเห็นของตานั้นจะขึ้นอยู่กับแสงสว่างและเวลาที่ใช้ในการมอง การปรับตัวในการมองเห็นของตาในที่มีดนั้นจะใช้เวลานานกว่าในที่สว่าง และตาจะใช้เวลาประมาณ 30 นาทีในการปรับตัวจากความสว่างมากในห้องทำงานไปมองในที่มืด สังเกตจากตอนที่เข้าไปดูหนังในโรงภาพยนตร์ ตาจะใช้เวลาในการปรับตัวนานพอสมควร แต่ในทางตรงข้ามการปรับตัวจากที่มีดมายังที่สว่างจะใช้เวลาในการปรับตัวน้อยมาก ซึ่งหลักการดังที่กล่าวมานี้จะใช้ในการส่องสว่าง คือ ไม่ควรจะให้พื้นที่ที่ติดกันมีความสว่างแตกต่างกันมาก เพราะจะทำให้ตาต้องเสียเวลาในการปรับตัวและทำให้เสียเวลาในการรอ เช่น ไม่ควรให้ทางเดินและห้องทำงานที่อยู่ติดกันมีความสว่างต่างกันมาก เพราะว่าเมื่อเดินจากทางเดินเข้าสู่ห้องทำงาน ถ้าแสงสว่างต่างกันมาก จะทำให้ตาต้องเสียเวลาในการปรับตัว

ดังนั้น การให้แสงสว่างในทางปฏิบัติจึงพยายามไม่ให้แสงสว่างแตกต่างกันมากในบริเวณต่างๆ หรือในพื้นที่เดียวกันเพื่อทำให้การมองเห็นทำได้ง่ายเพราะตาไม่ต้องทำการปรับตัว และยังทำให้สบายตาอีกด้วย

ลูเมน และแคนเดลา

ลูเมนเป็นหน่วยวัดของปริมาณแสง โดยที่แสง 1 ลูเมน จะหมายถึง ปริมาณของแสงที่ส่องบนพื้นที่หนึ่งตารางเมตร บนผิวทรงกลมที่มีรัศมีหนึ่งเมตร ซึ่งมีแหล่งกำเนิดแสงหนึ่งแคนเดลา หรือหนึ่งกำลังเทียนวางที่ศูนย์กลางของวงกลมนั้น จะกล่าวอีกนัยหนึ่ง ลูเมน คือ หน่วยที่ใช้วัดปริมาณแสง และแคนเดลา คือ ความเข้มแสงตามทิศทางที่กำหนดเอาไว้

ซึ่งจากคำจำกัดความข้างต้นจะทำให้ทราบว่า ถ้ามีแหล่งกำเนิดแสงหนึ่งแคนเดลา รอบทิศทางจะทำให้เกิดแสงปริมาณ 4π ลูเมน ที่ผิวทรงกลมรัศมีหนึ่งเมตร และถ้าแหล่งกำเนิดแสงมี I แคนเดลาก็คงจะให้ปริมาณแสง $4\pi I$ ลูเมน

ความสว่างของแสง หรืออิลูมินแนนซ์

ความสว่างของแสง หรืออิลูมินแนนซ์ หมายถึง ความสว่างที่กระทบลงบนวัตถุ หรือเรียกอีกอย่างว่าความส่องสว่าง มีหน่วยเป็น ลูเมน/ม.² หรือลักซ์ (หรือถ้าเป็น ลูเมน/ฟุต² ความส่องสว่างก็จะเป็น ฟุตแคนเดล) อย่างเช่น ห้องน้ำโดยทั่วไปแล้วจะต้องการความส่องสว่างประมาณ 150 ลักซ์ หรือห้องทำงานและสำนักงานจะต้องการความส่องสว่างประมาณ 500 ลักซ์ เป็นต้น

โดยที่ความสัมพันธ์ของความส่องสว่างในหน่วยของลักซ์กับฟุตแคนเดลจะมี ดังนี้ ลักซ์จะมีค่าประมาณ 10 เท่าของฟุตแคนเดล เช่น ความส่องสว่าง 700 ลักซ์ จะเท่ากับ 70 ฟุตแคนเดล โดยประมาณ

และความสว่างของแสง หรืออิลูมินแนนซ์จะสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$\text{ความสว่างของแสง หรืออิลูมินแนนซ์} = \text{ปริมาณแสง (ลูเมน) / พื้นที่ (ม.²)}$$

หรือตามมาตรฐานทางแสงสว่างแต่ละแห่ง เช่น IES (USA.) IES (BS.) เป็นต้น อาจจะกำหนดความสว่างของแสง หรืออิลูมินแนนซ์แตกต่างกันสำหรับในการใช้งานในพื้นที่อย่างเดียวกัน ซึ่งทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับสภาพการใช้ชีวิต สภาพอากาศ เป็นหลัก IES (Illuminating Engineering Society) เป็นสมาคมหรือหน่วยงานที่มีกิจกรรมทางด้านแสงสว่าง โดยที่แต่ละประเทศจะมีหน่วยงานดังกล่าวดำเนินงานโดยเป็นอิสระ แต่บังเอิญไปใช้ชื่อเป็นภาษาอังกฤษเหมือนกันเท่านั้น

ทำให้มีคนเข้าใจผิดว่าเป็นมาตรฐานเดียวกัน แต่ในความเป็นจริงนั้น IES ของแต่ละประเทศไม่ได้มีความเกี่ยวพันกันเลย ดังนั้น ค่าลูมินแนนซ์ของ IES (USA.) อาจจะมีค่าแตกต่างจาก IES (BS.) แต่ยังมีมาตรฐานที่กำหนดให้เป็นมาตรฐานสากลโดยที่ไม่ขึ้นอยู่กับประเทศใดประเทศหนึ่ง ได้แก่ CIE (International Commission on Illumination) ซึ่ง CIE นั้นได้กำหนดลูมินแนนซ์ที่เหมาะสมเอาไว้สำหรับใช้งานแต่ละอย่าง ดังที่แสดงในตารางที่ 1.1 ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 1.1 แสดงความส่องสว่างตามพื้นที่การใช้งานต่างๆ ตามมาตรฐาน CIE

ย่านความส่องสว่าง (ลักซ์)	ชนิดของพื้นที่ที่ใช้งาน
20 – 30 – 50	พื้นที่ทำงานภายนอกหรือทางเดิน
50 – 100 – 150	การแหว่ผ่านในระยะเวลาสั้นและทางเดินภายใน
100 – 150 – 200	ห้องที่ไม่ได้ใช้งานต่อเนื่องเป็นระยะเวลานานๆ
200 – 300 – 500	งานที่ใช้สายตาไม่มากนัก เช่น งานในโรงงาน ช่างงานขนาดใหญ่
300 – 500 – 750	งานที่ใช้สายตาปานกลาง เช่น งานในสำนักงาน
500 – 750 – 1000	งานที่ใช้สายตามาก เช่น งานด้านการออกแบบ เขียนแบบ
750 – 1000 – 1500	งานที่ใช้สายตามากๆ เช่น งานประกอบชิ้นส่วน
1000 – 1500 – 2000	งานที่ใช้สายตามากเป็นพิเศษ เช่น งานที่มีชิ้นส่วนขนาดเล็ก
มากกว่า 2000	งานที่ใช้สายตาเพื่อการทำงานที่พิถีพิถัน เช่น การผ่าตัด

CIE ได้กำหนดความส่องสว่างในตารางด้านบนออกเป็นสามค่า โดยค่ากลางจะเป็นค่าเฉลี่ย และอีกสองค่าจะใช้ในกรณีสภาพแวดล้อมอื่นๆ คือ อาจใช้ค่ามากกว่าค่าเฉลี่ยหรือน้อยกว่าค่าเฉลี่ย ขึ้นอยู่กับสภาพต่างๆ ดังนี้

1. ถ้าความผิดพลาดที่เกิดจากการมองเห็นอาจทำให้เกิดปัญหาร้ายแรงหรือเกิดความเสียหายมากตามมา ให้ใช้ค่าความส่องสว่างตามตารางมากขึ้น
2. ถ้าบริเวณพื้นที่ที่กำลังพิจารณาไม่มีหน้าต่าง ให้ใช้ค่าความส่องสว่างมากขึ้น
3. ถ้าการสะท้อนแสงของพื้นผิวหรือคอนทราสต์ต่ำกว่าปกติ ให้ใช้ความส่องสว่างมากขึ้น
4. ถ้าการมองเห็นใช้เวลาในการมองเห็นมาก ก็ให้ใช้ค่าความสว่างมากยิ่งขึ้น
5. ถ้าผู้ที่อยู่ในข่ายที่กำลังพิจารณาเป็นผู้สูงอายุ ให้ใช้ความส่องสว่างมากขึ้น

ซึ่งผู้ที่สนใจในเรื่องวิศวกรรมส่องสว่างแต่ไม่ทราบว่าคุณค่าที่ 30 ลักซ์ 200 ลักซ์ มีความสว่างเท่าใด ก็ไม่มีประโยชน์ที่จะเรียนรู้ในเรื่องนี้ ฉะนั้น จึงควรนำลักซ์มิเตอร์ (Lux Meter) ไปทำการวัดความส่องสว่างที่ระดับแสงในที่ต่างๆ เพื่อให้เกิดความคุ้นเคยกับระดับความสว่างต่างๆ คือ พยายามทำให้สายตาเป็นมิเตอร์วัดแสง เมื่อพบกับความสว่างที่จุดใดก็สามารถมองด้วยตาเปล่าโดยไม่ต้องใช้ลักซ์มิเตอร์ ในการประมาณว่าแสงสว่าง ณ จุดนั้นมีความสว่างประมาณเท่าใด (โดยใกล้เคียงเท่านั้น) และวิธีการที่จะทำให้ได้มาซึ่งสายตาดังกล่าวนั้น คือ การเจอแสงสว่างที่ใดก็วัดไปเรื่อยๆ จนทราบว่าความสว่างระดับใดเป็นเท่าใด และเมื่อกล่าวถึงความส่องสว่าง 100 200 ลักซ์ ก็จะสามารถนึกออกได้ว่ามีแสงสว่างมากน้อยเพียงใด ไม่ใช่รู้เพียงว่า ห้องนี้ต้องการความส่องสว่าง 150 ลักซ์ แต่ไม่ทราบว่าแสงสว่าง 150 สว่างเพียงใด

ความส่องสว่างที่ระดับต่างๆ กัน ของหลอดแต่ละชนิดจะให้ความรู้สึกที่แตกต่างกัน ให้ลองให้ลักซ์มิเตอร์วัดที่ความส่องสว่างของหลอดอินแคนเดสเซนต์ หรือหลอดมีไส้ที่ 10 50 100 200 300 500 ลักซ์ และให้พยายามทำความเข้าใจจนสามารถประมาณความส่องสว่างได้เมื่อได้พบกับความส่องสว่างในระดับนี้ อีก และให้ทำการลองใช้ลักซ์มิเตอร์วัดที่หลอด ฟลูออเรสเซนต์แสงสีขาวที่ 10 50 100 200 300 500 ลักซ์ และลองเปรียบเทียบความรู้สึกที่ความสว่างระดับเดียวกันของหลอด 2 ชนิด ที่ระดับความส่องสว่างต่ำเนื่องมาจากหลอด ฟลูออเรสเซนต์มีแสงสีขาวจึงให้ความรู้สึกทึบ และที่ระดับความส่องสว่างสูงที่ 500 ลักซ์ หลอดอินแคนเดสเซนต์จะให้ความรู้สึกจ้า ซึ่งการที่คุ้นเคยกับความสว่างของหลอด 2 ชนิดดังกล่าว จะทำให้การเรียนรู้ทางด้านการส่องสว่างทำได้ดียิ่งขึ้นในภายหลัง

ความสว่าง หรือลูมินแนนซ์

ความสว่าง หรือลูมินแนนซ์ หมายถึง ความส่องสว่างที่สะท้อนออกมาจากวัตถุ หรือเรียกอีกอย่างว่า ความสว่าง จะมีหน่วยเป็น แคนเดลา/ม.² ด้วยแสงปริมาณเดียวกันที่กระทบลงมาบนวัตถุที่มีสีแตกต่างกันจะมีปริมาณของแสงสะท้อนกลับต่างกัน นั่นคือ ลูมินแนนซ์ต่างกัน เช่น ให้แสงปริมาณเดียวกันกระทบกับกระดาษสีขาวและสีดำ จะสังเกตเห็นว่าแสงที่กระทบกับกระดาษสีขาวจะมากกว่าจากกระดาษสีดำ ทำให้เกิดความรู้สึกว่าสีขาวสว่างกว่าสีดำ หรือให้ลองมองไปรอบ ๆ ตัวเรา เช่น กำแพงที่มีรูปภาพอยู่จะเป็นว่าแสงที่ตกกระทบกับกำแพงและรูปภาพจะเป็น

แสงระดับเดียวกัน แต่กำแพงที่มีสีอ่อนกว่าจะมีความสว่างมากกว่าที่รูปภาพ นั่นคือ วัตถุที่มีสีอ่อนกว่าจะสามารถเห็นรายละเอียดได้มากกว่าวัตถุที่มีสีทึบนั่นเอง

ซึ่งลูมิแนนซ์มีความสัมพันธ์กับอิลูมิแนนซ์ตามสมการดังนี้

$$L = \rho \cdot E / \pi \quad \dots\dots\dots 1.1$$

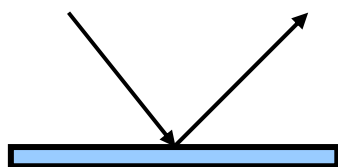
โดยที่

L = ลูมิแนนซ์ มีหน่วยเป็น แคนเดลา/ม.²

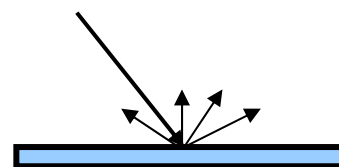
ρ = สัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของวัตถุ

E = อิลูมิแนนซ์ มีหน่วยเป็น ลักซ์

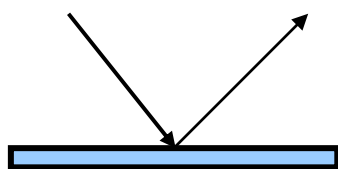
การมองเห็นวัตถุนั้นจะดีหรือไม่ดีจะขึ้นอยู่กับลูมิแนนซ์หรือแสงที่เข้ามาเข้าตา พิจารณาสมการที่ 1.1 เพื่อมีความเข้าใจเรื่องการมองเห็น การที่จะมองเห็นวัตถุได้ง่ายนั้นจะขึ้นอยู่กับหลายองค์ประกอบ วัตถุที่มีผิวด้านเมื่อถูกแสงสว่างจะสามารถมองเห็นได้ดีกว่าวัตถุผิวมัน เพราะถ้ามีแสงมาตกกระทบที่วัตถุผิวมัน แสงจะสะท้อนไปในทิศทางเดียวกันและทำให้ไม่เห็นวัตถุ เพราะจะเกิดแสงบาดตา และวัตถุที่มีสีขาวจะมองเห็นได้ง่ายกว่าวัตถุที่มีสีดำ เพราะว่าแสงที่สะท้อนจากวัตถุสีขาวจะมาเข้าตามากกว่าที่มีจากวัตถุสีดำ



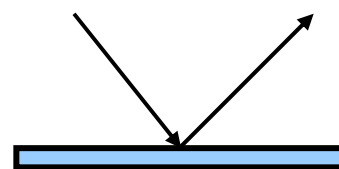
a. วัตถุสะท้อนแสงแบบกระจก



b. วัตถุสะท้อนแสงแบบผิวด้าน

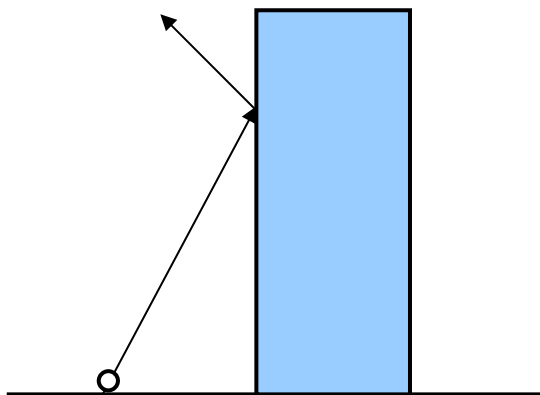


c. วัตถุที่มีผิวสีดำหรือมืด



d. วัตถุที่มีผิวสีอ่อน

รูปที่ 1.2 แสดงการมองเห็นวัตถุที่สภาพของวัตถุต่างกัน



รูปที่ 1.3 แสดงตัวอย่างของอาคารกระจก (Curtain Wall) เมื่อใช้ไฟสาจะมองไม่เห็น
อาคารสว่างเพราะแสงจะสะท้อนขึ้นไปบนท้องฟ้าหมด

โดยสามารถที่จะประยุกต์ความรู้ข้างต้นไปใช้ในงานส่องสว่างได้ เช่น จากรูปที่ 1.3 อาคารที่เป็นกระจกภายนอกหมดจะไม่สามารถใช้ไฟสาจขึ้นไปแล้วทำให้สว่างได้ เพราะแสงจากข้างล่างที่ส่องขึ้นไปกระทบกับกระจกจะสะท้อนขึ้นไปบนท้องฟ้า และไม่สะท้อนเข้าตาทำให้อาคารไม่สว่าง มิเตอร์ที่ใช้วัดความสว่างหรือลูมินแนซ จะเรียกว่า ลูมินแนซมิเตอร์ ซึ่งจะวัดค่าออกมาเป็นหน่วย แคนเดลา/ตารางเมตร

สัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของวัสดุต่าง ๆ

วัสดุใดๆ ที่มีสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงที่แตกต่างกันจะทำให้การมองเห็นวัสดุหรือวัตถุนั้นต่างกันด้วยเมื่อส่องด้วยแสงที่ปริมาณเท่ากัน ซึ่งการหาค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของวัสดุหรือวัตถุจะสามารถหาได้ ดังนี้

ให้นำลักซ์มิเตอร์มาวัดความส่องสว่างที่วัตถุดังรูปที่ 1.4 เพื่อวัดความส่องสว่างของแสงที่ตกกระทบมายังวัตถุนี้ และให้ลักซ์มิเตอร์เข้าหาวัตถุเพื่อวัดความส่องสว่างที่ห่างจากวัตถุนั้นออกมาประมาณ 6 นิ้ว แต่ต้องระวังไม่ให้มือหรือตัวมิเตอร์ไปบังแสงที่จะเข้ามาที่ผิวรับแสงของเครื่องมือวัด ซึ่งสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของวัสดุหรือวัตถุนั้น ก็คือ ความส่องสว่างที่สะท้อนออกมาจากวัตถุต่อความส่องสว่างตกกระทบที่วัตถุนั้น

บทที่

1

หลักการของการส่องสว่าง และการมองเห็น

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (Behavioral Objectives)

หลังจากศึกษาบทเรียนนี้แล้ว นักศึกษาจะมีความสามารถดังนี้

1. สรุปคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ากับแสงสว่าง
2. อธิบายลูเมนและแคนเดลา
3. ยกตัวอย่างความสว่างของแสง/ลูมินแนนซ์
4. แสดงตัวอย่างความสว่าง/ลูมินแนนซ์
5. สรุปคอนทราสต์ (Contrast)
6. อธิบายแสงบาดตา (Glate)
7. ยกตัวอย่างอุณหภูมิของสี (Color Temperature)
8. ยกตัวอย่างค่าประสิทธิผล (Efficacy)
9. แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของสีและการส่องสว่าง
10. อธิบายดัชนีความถูกต้องของสี (CRI)
11. คำนวณการหักเหของแสงผ่านตัวกลางสองชนิด
12. ยกตัวอย่างสเปกตรัมสีของแสง
13. สรุปเรื่องของสี



บทที่ 1

หลักการของการส่องสว่างและการมองเห็น

เป็นที่ทราบกันดีอยู่แล้วว่าแสงสว่างนั้นเป็นสิ่งที่มนุษย์ขาดไม่ได้ ในเวลากลางคืนนั้นมนุษย์จะมีความรู้สึกว่าการขาดแสงสว่างไม่ได้ แสงสว่างที่ใช้ในเวลากลางคืนอยู่ทุกวันนี้เป็นสิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้นมา ซึ่งการที่จะใช้แสงสว่างให้มีประสิทธิภาพจำเป็นที่จะต้องมีความรู้พื้นฐานทางด้านแสงสว่างก่อน โดยการที่จะเรียนรู้เกี่ยวกับพื้นฐานการส่องสว่างนั้น จะต้องทราบเกี่ยวกับนิยาม เพื่อให้มีความเข้าใจที่ตรงกันเมื่อมีการกล่าวถึง

คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ากับแสงสว่าง

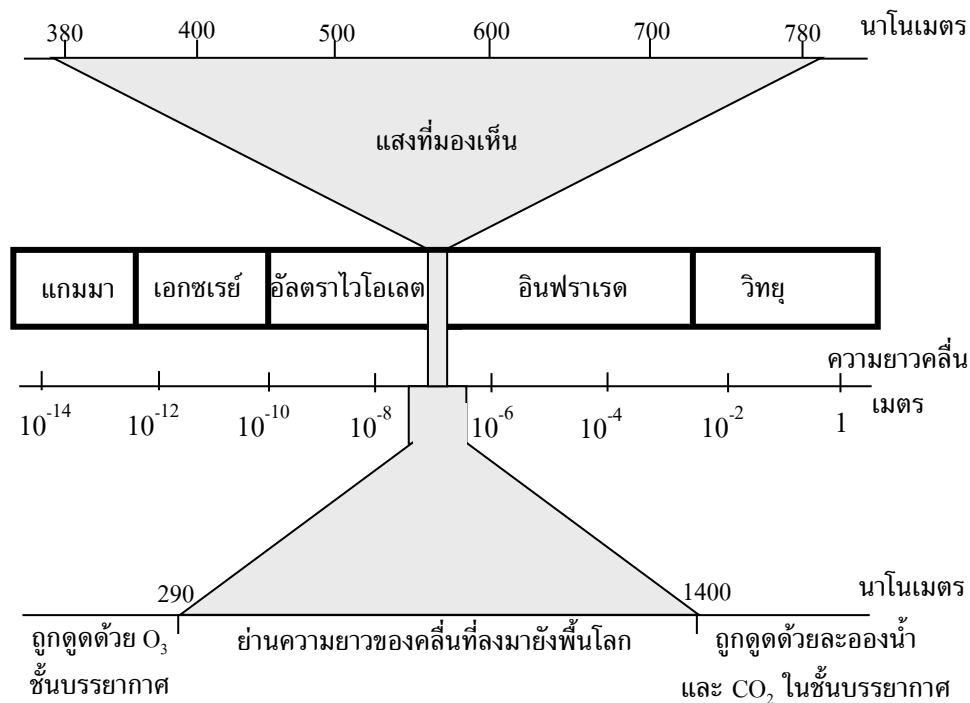
แสงสว่าง คือ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ผ่านจากวัตถุหนึ่งไปยังวัตถุอีกอันหนึ่งโดยที่ไม่ต้องอาศัยตัวนำแสงมีความเร็วสูงถึง 3×10^8 m/s (เมตร/วินาที) โดยจะใช้เวลาประมาณ 1.3 วินาที ในการเดินทางจากพระจันทร์มายังโลก และใช้เวลา 8.3 วินาที ในการเดินทางจากดวงอาทิตย์มายังโลก

คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้างกล่าวที่มาจากดวงอาทิตย์นั้นจะแบ่งออกเป็น 3 ย่านด้วยกัน ดังนี้

1. รังสีแกมมา เอกซเรย์ อัลตราไวโอเลต ซึ่งเป็นเรื่องที่น่ายินดีที่รังสีพวกนี้ลงมาไม่ถึงพื้น เพราะถูกชั้นโอโซนในชั้นบรรยากาศดูดเอาไว้
2. คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความยาวคลื่นย่าน 290 - 1400 นาโนเมตร ลงมายัง พื้นโลก ซึ่งมีทั้งชนิดที่มองเห็นและมองไม่เห็น ส่วนที่มองเห็นนั้นจะมีความยาวคลื่นย่าน 380 - 760 นาโนเมตร และย่านที่ไวต่อการมองเห็นของสายตามากที่สุดจะมีความยาวคลื่น 555 นาโนเมตร ซึ่งที่ความยาวคลื่นนี้จะมีแสงสีเหลือง
3. คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าย่าน >1400 นาโนเมตร จะถูกดูดด้วยละอองน้ำและคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศ

รูปที่ 1.1 แสดงความยาวคลื่นต่างๆ กันของแสงอาทิตย์ ซึ่งความยาวคลื่นสั้นที่ตกลงมาสู่พื้นโลก ได้แก่ อัลตราไวโอเล็ต และที่ความยาวคลื่นยาว ได้แก่ อินฟราเรด คลื่นสั้นตั้งแต่ 290 นาโนเมตร จะมีสีม่วงดำ และสีของความยาวคลื่นต่างๆ จะมีดังนี้

ที่ความยาวคลื่นประมาณ 380 นาโนเมตร	สีม่วง
ที่ความยาวคลื่นประมาณ 460 นาโนเมตร	สีน้ำเงิน
ที่ความยาวคลื่นประมาณ 500 นาโนเมตร	สีเขียว
ที่ความยาวคลื่นประมาณ 550 นาโนเมตร	สีเหลือง
ที่ความยาวคลื่นประมาณ 650 นาโนเมตร	สีแดง
ที่ความยาวคลื่นประมาณ 760 นาโนเมตร	สีเลือดหมู



รูปที่ 1.1 แสดงความยาวคลื่นต่างๆ กันของแสงอาทิตย์