บทที่ ๒

การศึกษาค้นคว้าขั้นมูลฐานเกี่ยวกับสี

การค้นคว้าเกี่ยวกับสีทางด้านกายภาพ

การค้นคว้าเกี่ยวกับสีทางด้านกายภาพนี้ จำเป็นจะต้องกล่าวถึงเรื่องราวต่าง ๆ ของ "แสง เพราะสีและแสงมีความสัมพันธ์กัน หลุยส์ เชสกิน ได้กล่าวว่า :-

"Color is a manifestation of the relation between light and matter"[๕]

ในปี ๑๖๗๖ เซอร์ไอแซค นิวตัน นักฟิสิกส์ชาวอังกฤษ ได้ค้นพบว่า แสงขาวที่ผ่านแท่งแก้วปริซึม ๖๐° แยกออกเป็นแสงสีต่าง ๆ เรียกว่า สเปคตรัมที่ตามองเห็นได้ (visible spectrum) มีอยู่ ๗ สี คือ แดง (red), ส้ม (orange), เหลือง (yellow), เขียว (green), น้ำเงิน (blue), คราม (indigo), และ ม่วง (violet) ใช้อักษรย่อเป็นภาษาอังกฤษว่า ROYGBIV (อ่านว่า รอย – จี – บีฟ)

การที่แสงแดดซึ่งเป็น "แสงเชิงประกอบ" (compound light) ถูกแยกออกเป็นแสงสีต่าง ๆ เมื่อหักเหผ่านปริซึมเช่นนี้เราเรียกว่า "การกระจายของแสง" (dispersion of light) สเปคตรัมของแสงอาทิตย์ (solar spectrum) มิได้มีเพียง "สเปคตรัมที่ตามองเห็นได้" หากยังมีคลื่นอีเล็คโทรแมกเนติค (electromagnetic waves) อื่น ๆ ที่ตาเราไม่สามารถมองเห็นได้อีกมากมาย เช่น รังสีคอสมิค, รังสีแกมม่า, รังสีเอ็กซ์, รังสีอุลตราไวโอเล็ต, รังสีอินฟราเร็ด, คลื่นเรดาร์, คลื่นโทรทัศน์, คลื่นวิทยุ และ คลื่นกระแสไฟฟ้าสลับ ๖๐ ไซเกิล

---

[๕] Cheskin, L., "How to Colour-Tune Your Home" The Macmillan Company, N.Y. 1954 หน้า ๑๒๖

เมื่อสังเกตสเปคตะมที่เกิดจากการหักเหของแสงผ่านปริซึม จะพบว่า แสงสีม่วงที่อยู่ใกล้ฐานปริซึมมีการหักเหมากที่สุด แสงสีแดงที่อยู่ทางสันของปริซึมมีการหักเหน้อยที่สุด การหักเหของแสงไปจากแนวเดิมนี้เรียกว่า "รีแฟรงจิบิลิตี" (refrangibility) แสงสีม่วงมีรีแฟรงจิบิลิตีมากที่สุด แสงสีแดงมี รีแฟรงจิบิลิตีน้อยที่สุด การที่แสงสีต่าง ๆ เหล่านี้หักเหไม่เท่ากัน เพราะมีความยาวกลื่นต่างกัน

การวัดความยาวคลื่นแสง (waves lengths of light) นิยมใช้หน่วยดังต่อไปนี้:-

ก. ไมครอน (micron) ใช้สัญญลักษณ์ μ

๑ ไมครอน เท่ากับ ๑/๑,๐๐๐ มิลลิเมตร

ข. มิลลิไมครอน (millimicron) ใช้สัญญลักษณ์ $m\mu$

๑ มิลลิไมครอน เท่ากับ ๑/๑,๐๐๐,๐๐๐ มิลลิเมตร

ค. Angström [๖] ใช้สัญญลักษณ์ A

๑ Angstrom เท่ากับ ๑/๑๐,๐๐๐,๐๐๐ มิลลิเมตร

แสงจากแท่งปริซึม (prismatic color) มีความยาวกลื่นและความถี่ดังต่อไปนี้ [๗]

สี	ความยาวกลื่น (มิลลิไมครอน)	ความถี่ (ไซเกิลต่อวินาที)
แดง (reds)	๗๐๐ – ๖๕๐	๔๐๐ – ๔๓๐
ส้ม (oranges)	๖๔๐ – ๕๙๐	๔๗๐ – ๕๐๐
เหลือง (yellows)	๕๘๐ – ๕๕๐	๕๐๐ – ๕๔๐
เขียว (greens)	๕๓๐ – ๔๙๐	๕๔๐ – ๖๕๐
น้ำเงิน (blues)	๔๘๐ – ๔๖๐	๖๕๐ – ๗๐๐
คราม (indigoes)	๔๕๐ – ๔๔๐	๗๐๐ – ๗๖๐
ม่วง (violets)	๔๓๐ – ๓๙๐	๗๖๐ – ๘๐๐

---

[๖] หน่วยวัดความยาวคลื่นซึ่งใช้ชื่อว่า Anders Jons Angströms นักฟิสิกส์ชาวสวีเดน ผู้ทำการทดลองกันความเกี่ยวกับแสง ศตวรรษที่ ๑๙

[๗] Itten, J., "The Art of Color" Reinhold Publishing Co. N.Y. 1963 หน้า ๒๗

สเปคตรัมที่ตามองเห็นได้ มีความยาวคลื่นระหว่าง ๗๖๐ กับ ๓๙๐ มิลลิไมครอน และอยู่ระหว่าง รังสีอินฟราเร็ด กับ รังสีอุลตราไวโอเล็ต รังสีทั้งสองนี้เราไม่เรียกว่า "แสง" (light) เพราะประสาทตาของเราไม่สามารถรับและรู้สึกได้ รังสีอินฟราเร็ดบางครั้งเราเรียกว่า "รังสีความร้อนมืด" (dark heat rays) มีความยาวคลื่นระหว่าง ๐.๐๐๐๐๗๖ เซนติเมตร กับ ๐.๐๔๐๐๐๐ เซนติเมตร รังสีนี้มีประโยชน์ในการถ่ายภาพเป็นพิเศษสำหรับถ่ายวัตถุในที่มืด ส่วนรังสีอุลตราไวโอเล็ตบางครั้งเราเรียกว่า "รังสีแอกตินิก" (actinic rays) มีความยาวคลื่นระหว่าง ๐.๐๐๐๐๔๐๐ เซนติเมตร กับ ๐.๐๐๐๐๐๐๕๐ เซนติเมตร รังสีนี้เมื่อถูกกับผิวหนังจะเกิดวิตามินดี อาจกรองด้วย fused quartz และ vita glass ได้

อนึ่ง สเปคตรัมที่ตามองเห็นได้ แบ่งได้เป็น ๒ ชนิด คือ สเปคตรัมบริสุทธิ์ (pure spectrum) คือสเปคตรัมที่มีแถบแสงสีเรียงกันเห็นได้ชัดเจน และสเปคตรัมไม่บริสุทธิ์ (impure spectrum) คือแถบที่มีแสงสีเหลื่อมกันมาก มองไม่ชัดระหว่าง สเปคตรัมสีนี้ไม่สำคัญที่จะทดลองเป็นสเปคตรัมชนิดนี้

<u>สีปฐมภูมิของแสง, สีเชิงประกอบ, สีส่วนเติมเต็ม</u>

<u>(Primary Color of Light, Compound Color, Complementary Color)</u>

สีปฐมภูมิของแสงมี ๓ สี คือ

- แดง
- เขียว
- น้ำเงิน

เจมส์ คล้าก แมกซ์เวล (๑๘๓๑ - ๑๘๗๙) นักฟิสิกส์ชาวสก็อต ได้ทำสูตรว่า สีปฐมภูมิของแสง ๓ สีนี้ ไม่สามารถจะทำให้เกิดขึ้นด้วยการผสมแสงสีอื่นมาผสมกัน สีปฐมภูมิของแสงเมื่อผสมกันอย่างเหมาะ จะกลายเป็นแสงสีขาวหรือสีเทาจาง จะทำการทดลองได้โดย ตัดวงไฟสามสีให้พุ่งมาตามขอบแผ่นสามเหลี่ยมด้านเท่า หันกระจกฉายสีนั้น ๆ เข้าสู่ตรงกลางของแผ่นสามเหลี่ยม เปิดไฟพร้อมกันทั้งสามดวง จะมองเห็นตรงกลางเป็นสีขาว ถ้าปิดไฟ

สีแดงเหลือแต่แสงสีเขียวและน้ำเงิน กรงกลางจะเป็นสีขนนกยูง (peacock) ถ้าเปิดไฟสีเขียว เปิดไฟสีแดงกับสีน้ำเงิน กรงกลางจะเป็นสีม่วง และถ้าเปิดไฟสีน้ำเงิน เปิดไฟสีแดงกับสีเขียว กรงกลางจะเป็นสีเหลือง สีที่เกิดขึ้นใหม่คือ สีขนนกยูง, สีม่วง, และสีเหลือง เป็นสีของแสงที่เกิดจากการผสมของสีปฐมภูมิ เรียกว่า "สีเชิงประกอบ" (compound color) ถ้าเรานำแสงสีหนึ่งสีใดหรือหลายสีออกเสีย สีที่เหลือจะไม่เป็นสีขาวอีกต่อไป แต่ถ้าเอาแสงสองพวกมารวมกันแล้วได้สีขาว เราเรียกสี ๒ สีที่รวมกันแล้วได้แสงสีขาวว่า "สีส่วนต่อเติม" (complementary color)

<u>สีของแสงที่เกิดจากจุดกำเนิดแสงบางชนิด</u>

จุดกำเนิดแสงแต่ละชนิดจะให้แสงสีต่าง ๆ ที่แยกออกจากลำแสง (spectral color) มีกำลังไม่เท่ากัน รังสีของแสงกลางวัน (a ray of ordinary daylight) มีแสงสีไวโอเล็ตและฟ้าน้อย ส่วนสีอื่น ๆ อีก ๖ สียังคงมีสัดส่วนเท่า ๆ กัน รังสีของแสงแดด (a ray of sunlight) แสงสีไวโอเล็ตยิ่งน้อยลงไปอีก ส่วนของแสงสีน้ำเงินก็ลดตามลงไปด้วย รังสีของแสงเหนือ (a ray of north light) เมื่อเปรียบกับรังสีของแสงแดด แสงสีเขียวและน้ำเงินเพิ่มขึ้น แสงสีไวโอเล็ตยิ่งเพิ่มมากขึ้น แต่สีเหลืองสีแดงกับน้อยลง สีส้มยิ่งน้อยลงมาก

รังสีของหลอดฟลูเรสเซนต์แสงกลางวัน (daylight fluorescent) จะมี spectral color ไม่แตกต่างไปจากแสงกลางวันเท่าใดนัก

รังสีของหลอดอิเล็คทริคเคลสเซนต์ (incandescent electric bulb) และหลอดฟลูเรสเซนต์ขาว ส่วนของแสงสีแดงจะอยู่ในระดับสูง (maximum) สีส้ม สีเหลืองเพิ่มมากขึ้น สีเขียว สีน้ำเงิน และสีไวโอเล็ตน้อยลงเป็นลำดับ แสงที่ได้จากหลอดไฟชนิดนี้เรียกว่า "แสงสีเหลือง" หรือ "แสงอุ่น" (yellow or warm light)

การแยกของลำแสงจะเกิดแสงอุ่น (warm light) หรือแสงเย็น (cold light) นั้นขึ้นอยู่กับส่วนของสีอุ่นและสีเย็นอย่างไหนจะมากกว่ากัน ถ้าสีแดง, ส้ม และ

เหลือง อยู่ในชั้นสูงกว่าก็จะเป็นแสงอุ่น ถ้าสีไวโอเล็ต, น้ำเงิน และเขียว อยู่ในชั้นสูงกว่าก็จะเป็นแสงเย็น

การค้นคว้าเกี่ยวกับสีของวัตถุ

ในหัวข้อนี้จะเน้นในเรื่อง "สีสำหรับทา" (paints) ก่อนอื่นจะกล่าวถึง "รงควัตถุ" หรือ "วัตถุเป็นสีในตัว" ที่เรียกในภาษาอังกฤษว่า pigments ศาสตราจารย์ศิลป์ พีระศรี ได้อธิบาย รงควัตถุ มีใจความว่า[๔] "รงควัตถุ หมายถึงวัตถุที่มีสีเป็นคุณสมบัติอยู่ในตัวของมัน และย้อม หรือ ลงวัตถุอื่นให้เป็นสีเดียวกันได้อย่างถาวร เช่น รงควัตถุสีเหลืองถูลงบนพื้นผ้าหรือกระดาษขาว ก็จะทำให้พื้นผ้าหรือกระดาษนั้นเป็นสีเหลืองไปด้วย"

รงควัตถุ หรือ แม่สีของวัตถุเป็นสีในตัว มี ๓ สี[๕] คือ :-

- สีแดง
- สีเหลือง
- สีน้ำเงิน

การผสมรงควัตถุต่างสีกัน สีใหม่ที่เกิดขึ้น จะไม่ได้สีอย่างเดียวกันกับการผสมสีของแสง ตัวอย่าง

- การผสมสำแดงสีน้ำเงินกับสำแดงสีเหลืองอย่างได้สัดส่วนพอเหมาะจะเกิดสำแดงสีขาว
- การผสมรงควัตถุสีน้ำเงินกับรงควัตถุสีเหลืองอย่างพอเหมาะจะได้สีเขียว

ที่เป็นดังนี้ก็เพราะ รงควัตถุสีเขียวดูดกลืนรังสีอื่น ๆ นอกจาก รังสีเหลืองและ เขียว รงควัตถุสีน้ำเงินดูดกลืนรังสีอื่น นอกจากรังสี น้ำเงิน และ เขียว ดังนั้นการผสมของรงควัตถุทั้งสองจึงส่งรังสีเขียวมาเข้าตา

---

[๔] ศิลป์ พีระศรี, ศาสตราจารย์ "ศิลปลงเอราะห์" รุ่งเรืองธรรม ๒๕๐๐ หน้า ๑๕๐

[๕] แม่สีของจิตรกร มีสีเฉพาะ คือ แดงครีมสัน (crimson) น้ำเงินปรัสเซียน (Prussian blue) และเหลือง (yellow)

สีสำหรับทา (paints) มีส่วนประกอบที่สำคัญ ๒ อย่างคือ :-

ก. เนื้อสี (solid pigment or a mixture of pigments)

ข. พาหะของสี (paint vehicle or liquid medium)

<u>เนื้อสี</u> ทางด้านอุตสาหกรรมการผลิตสีสำหรับไม้ทา จะแบ่งเนื้อสีอย่างละเอียดรวมถึง เนื้อสีที่ได้จากดินสี (earth color) หรือได้จากกรรมวิธีทางเคมี จะต้องบดให้เป็นผงละเอียดจนเม็ดสีมีขนาดเล็กมาก (particle) ที่มีขนาดเล็กกว่า ๒ ไมครอน

เนื้อสีที่ใช้สำหรับผลิตสีสำหรับทา จะได้จาก สารเคมีต่าง ๆ ดังต่อไปนี้ :-

<u>เนื้อสีสีขาว</u> (white pigments)

- basic carbonate & basic sulphate white lead
- leaded zinc
- titanium oxide
- zinc sulphide
- lithopone

<u>เนื้อสีสีเหลือง</u> (yellow pigments)

- lead chrome & zinc chrome yellow
- ochre (ดินเหลือง)
- sienna
- ferrite
- cadmium sulphide
- organic lakes and toners

<u>เนื้อสีสีน้ำเงิน</u> (blue pigments)

- ultramarine

- iron blue (Prussian, Chinese milori)
- cobalt oxide
- copper phthalocyanine
- organic lakes and toners

เนื้อสีสีเขียว (green pigments)

- chrome green (iron blue-chrome yellow)
- chromium oxide and hydroxide
- phthalocyanine
- Paris green สารประกอบของสารหนู ผสมกับสารประกอบของทองแดง
- organic lakes and toners

เนื้อสีสีแดง (red pigments)

- iron oxide
- venetian red
- tuscan red
- red lead
- cadmium selenide
- organic lakes and toners

เนื้อสีสีน้ำตาล (brown pigments)

- umber (ดินสีน้ำตาลไหม้)
- sienna
- iron oxide

เนื้อสีสีดำ

- carbon black

- lamp-black (เขม่า)
- bone-black (ถ่านกระดูก)
- iron oxide
- organic black graphite

พาหะของสี พาหะของสีเป็นวัตถุเหลว ซึ่งใช้ผสมกับเนื้อสี ให้เป็นสีผสมสำหรับทาบนผิวไม้, โลหะ, ปูนฉาบ ฯลฯ พาหะของสีมีมากมายหลายอย่าง เช่น น้ำ, น้ำมันสนชัก (linseed oil) น้ำมันแห้งตัวได้ (drying oil) น้ำมัน ๒ ชนิดนี้เป็นพวก glyceride) อย่างไรก็ตาม พาหะของสีที่ดีจะต้องมีคุณภาพดังต่อไปนี้:-

ก. ต้องมีขนาดความข้นหนืดที่เมื่อผสมกับสีตามส่วนสมควรแล้ว จะมีความข้นหนืดที่จะใช้ทาหรือพ่นได้สะดวก

ข. ต้องมีสีอ่อนและใส เมื่อผสมกับเนื้อสีแล้ว จะไม่ทำให้สีผสมแล้วนั้นเปลี่ยนสีโดยเฉพาะอย่างยิ่งต้องระวังเป็นพิเศษสำหรับเนื้อสีขาว

ค. ต้องไม่แปรธาตุกับเนื้อสีมาก จนถึงกับสีไม่แข็งตัวเมื่อพาหะที่ใส่ในเวลาเร็วนัก หรือติดแน่นเหนียวหนืดเกินไปนัก

ง. เมื่อพาหะเองออกเป็นแผ่นบาง ๆ กับผิวชิ้นวัตถุ จะต้องเปรสภาพจากวัตถุเหลวเป็นวัตถุแข็งแรงเสียก่อนที่จะไม่หลุดหลุดง่ายเมื่อถูกสัมผัส และเหนียวแน่นที่จะทนทานกับดินฟ้าอากาศ และการเปรสภาพเป็นวัตถุแข็งนี้ต้องเร็วพอสมควร ไม่ช้าจนฝุ่นละอองในอากาศมาเกาะจนทำให้ผิวสีที่ทาขัดเงื่อมความงาม

การค้นคว้าเกี่ยวกับสีทางด้านสรีรวิทยา

นักสรีรวิทยาและนักจิตวิทยา ได้แบ่งสีปฐมภูมิ (primary hues) ออกเป็น ๔ สี ด้วยกันคือ แดง, เหลือง, เขียว และ น้ำเงิน โดยได้ยึดถือการศึกษาค้นคว้าทางด้านกายวิภาคและสรีรวิทยาที่ว่าด้วย จักษุมนุษย์และระบบประสาทเป็นสำคัญ

ทฤษฎีของการเห็นสี (theory of color vision) ในปัจจุบันยังคงเป็นเรื่องยุ่งยากสลับซับซ้อน นักสรีรวิทยา นักจิตวิทยา และนักวิทยาศาสตร์ ได้ตั้งทฤษฎีของการเห็น

สีเพื่อสนับสนุนการค้นคว้าทดลองของตัว แต่มีทฤษฎีที่มีเหตุและผลและนักใช้อ้างอยู่เสมออยู่ ๒ ทฤษฎีคือ :-

ทฤษฎี โทมัส ยัง และ เฮอร์มันน์ ฟอน เฮล์มโฮลทซ์ (Thomas Young 1773-1829 & Hermann Von Helmholtz 1821-1894)

ได้กล่าวว่า : ความรู้สึกของการเห็นสีของคนมีอยู่ ๓ ชนิด คือการเห็นสีแดง, สีเขียว และสีน้ำเงิน ซึ่งเป็นสีปฐมภูมิของแสงนั่นเอง ส่วนการเห็นสีอื่น ๆ นั้น เกิดจากความรู้สึกในสีปฐมภูมิทั้งสามนี้ผสมกัน

ทฤษฎีของ เอดเวอร์ด เฮอริง (Edwald Hering 1834-1918)

ได้กล่าวว่า : การเห็นสีของคนเกิดจากการเห็นสีปฐมภูมิ ๔ สี คือ สีแดง, สีเหลือง, สีเขียว, สีน้ำเงิน และรวมทั้งการเห็นสีขาว และ ดำ

เมื่อนำทฤษฎีทั้งสองมาวิเคราะห์เปรียบเทียบกันดูจะพบว่า ทฤษฎีทั้งสองนี้ใกล้เคียงกันมาก เฮอริง ได้เพิ่มสีเหลืองขึ้นอีกสีหนึ่ง ซึ่ง ยัง และ เฮล์มโฮลทซ์ ถือว่าสีเหลืองเป็นสีเชิงประกอบ (compound color) สีขาวก็คือการรวมตัวของสีปฐมภูมิทั้งสาม คือ สีแดง, สีเขียว และสีน้ำเงิน และสีดำสื่อความหมายถึงการขาดไปของ "การรู้สึก" (sensation)

การมองเห็นสีนั้น อาจารย์ ม.ล. ตุ้ย ชุมสาย ได้กล่าวไว้ในหนังสือ "กลไกของรงคทัศนาการ" ในหนังสือ "จิตวิทยาในชีวิตประจำวัน" ของท่าน ดังนี้ :-

"สีทั้งหมดที่มีอยู่ ถูกจัดขึ้นในวิชาหนึ่งเราได้ด้วยการใช้รังสีของแสงอันหนึ่งหรือหลาย ๆ อันที่รวมกันมาทางระบบเรตินา ข้อเท็จจริงอันนี้ทำให้เราเชื่อว่า เราอาจอธิบายถึงเรื่องสีได้ ๆ ได้ โดยถือหลักว่าอาการเห็นสีเกิดขึ้นในวิชาได้เมื่อเราถูกกับโทนในเรตินาได้รับการเร้า

** คำว่า "วิชา" ตรงกับคำในภาษาอังกฤษว่า " consciousness"

สีใด ๆ ก็ตามเมื่อเข้าผสมกับสีอีกสีหนึ่งซึ่งเป็นคู่ของมันจะทำให้เราเห็นสีขาวหรือเทาจาง ๆ ไม่มีเฉดของสีคู่ผสมเหลืออยู่เลย สีคู่ผสมเราเรียกว่า สีคู่เติมเต็ม (complementary color) คำว่าสีผสมกันไม่ได้หมายความว่าเอาเม็ดของสีมาคลุกเคล้ากันและไม่ได้หมายความว่าก๊าซของสีจะรวมกันเป็นหมื่นเดียว อาการของสีที่ผสมกันแล้วนี้เป็นกระบวนการทางฟิสิกส์วิทยาที่เกิดขึ้นที่เรตินา เช่น สีแดงผสมกับสีเขียวแกมน้ำเงินจะทำให้เราเห็นเป็นสีเทาจาง ๆ นี่เป็นว่าก๊าซของสีแดงกับก๊าซของสีเขียวแกมน้ำเงินจริงมาคละเคล้ากันเรตินาแต่ประการใด และขบวนการที่เกิดขึ้นในจักษุประสาทจนกลายเป็นสีเทา สีเหลืองคู่กับสีน้ำเงิน และสีของส่วนคู่กับสีม่วงไมลาร์ที่จะเข้าผสมกันแล้วกลายเป็นสีเทาในจักษุประสาท".[๑๐]

ดังนั้น ทัศนียภาพของท่านอาจารย์ผู้นี้เกี่ยวกับกลไกของจักษุประสาทจึงเป็นไปตามทฤษฎีของ เฮล์มโฮลทซ์

เฮล์มโฮลทซ์ ได้ทำการทดลองและได้ค้นพบสีสำหรับสีคู่เติมเต็มดังนี้ :-

สี	ขนาดคลื่น	สีคู่ผสม	ขนาดคลื่น	อัตราส่วนของคลื่น
แดง	๖๕๖.๒	เขียวแกมฟ้า	๔๙๒.๑	๑.๓๓๔
ส้ม	๖๐๗.๗	น้ำเงิน	๔๘๕.๗	๑.๒๕๐
เหลือง	๕๖๗.๑	คราม	๔๑๖.๕	๑.๒๖๑
ไสก	๕๖๑.๖	ม่วงไวโอเล็ต	๔๓๓.๐	๑.๓๐๑

สีคู่เติมเต็มนี้ ไม่ว่าจะเป็นคู่ใดก็ตามย่อมทำให้เกิด "ภาพติดตา" (after-image) จะพิสูจน์ได้โดยนำกระดาษสีแดงและเขียวแกมฟ้าขนาด ๑๐ ซ.ม. x ๑๐ ซ.ม.

---

[๑๐] ดู วุฒิชาย, ม.ล. "จิตวิทยาในวิถีประชาชน" กรุงเทพฯ ๒๕๐๔. หน้า ๒๕๓

อย่างละแผ่น และกระดาษขาวแผ่นโต ๆ อีกแผ่นหนึ่ง เราเริ่มโดยการตัดแผ่นกระดาษสี่เหลี่ยมจตุรัสสีแดงก่อน (ส่วนกระดาษสี่เหลี่ยมจตุรัสสีเขียวขนนกยูงเก็บซ่อนไว้ก่อนอย่าใช้เด็ด) จ้องมองกระดาษสีแดงแผ่นนั้นประมาณ ๒๐ วินาที กลับแล้วเปลี่ยนสายตาโดยฉับพลันมาจ้องบนกระดาษสีขาวแผ่นโตที่เตรียมไว้ จะแลเห็นจินตภาพภายหลังที่เป็นสีเขียวขนนกยูงปรากฏอยู่ประเดี๋ยวหนึ่ง แล้วระก่อย ๆ จางหายไป ถ้าเราเปลี่ยนมาทดลองด้วยแผ่นกระดาษสี่เหลี่ยมจตุรัสสีเขียวขนนกยูง ก็จะได้จินตภาพภายหลังที่เป็นสีแดง สีเขียวขนนกยูงและสีแดงจึงเป็นสีคู่เติมเต็ม ในทำนองเดียวกันถ้าเราทำการทดลองสีดินและสีน้ำเงิน ก็จะได้ผลว่าสองคู่เป็นสีคู่เติมเต็มเช่นกัน

สีต่าง ๆ ที่เราเห็นเป็นความรู้สึกของประสาทตา (optic nerve) อันเกิดจากการกระเพื่อมของคลื่นแสง ถ้าคลื่นแสงมีความถี่มากประสาทตาก็จะรู้สึก สีม่วง, กรม, น้ำเงิน และถ้าคลื่นแสงมีความถี่น้อย เราก็จะรู้สึก สีเขียว, เหลือง, ส้ม และแดงตามลำดับ กระบวนการของการเห็นสีของสรีรวิทยาในเรื่องนี้ยังไม่มีผู้ใดสามารถอธิบายกลไกของระบบประสาทที่เราเห็นและมองเป็นอย่างไร แม้จึงเห็นสีได้มากมายนับ

การที่ตาของเราเห็นภาพต่าง ๆ ได้ก็เนื่องจากการสะท้อนของแสงจากวัตถุมาเข้าสู่ตาโดยผ่านกระจกตาดำ (cornea) ม่านตา (pupil) จากนั้นแสงจะผ่านแก้วตาซึ่งเป็นเลนส์นูน ซึ่งแสงจะถูกปรับผ่าน vitreous humor ไปตกบนเรตินา (retina) หรือ (เนื้อสายตาชั้นในสุด) หลังเรตินาจะมีประสาทแขวนอยู่ และจะส่งความรู้สึกไปยังเซลล์สันนิษ (ganglion cells) ๒ จำพวก คือ ร้อด (rod) และโคน (cone) เซลล์สันนิษ ๒ จำพวกนี้จะเกิดกระแสไฟฟ้าส่งกระแสผ่าน ไบโพลาเซลล์ (bipolar cells) เข้าสู่ประสาทตา (optic nerve) และส่งกระแสไปยังสมองส่วน (occipital lobe) เพื่อแปลความรู้สึกว่าเป็นอะไรและสีอะไร

การที่บางคนเกิดความบอดสีขึ้น เนื่องเพราะมีเซลล์ที่ไวต่อแสงสีใดสีหนึ่งหรือมากกว่าขาดหายไป หรือบอดสีไม่เหมือนกันขึ้น ๆ ลี้ลับซับซ้อนนี้ก็เพราะประสาทรับสัมผัสแสงสี ดังที่กล่าวมาแล้วว่า เซลล์สันนิษ ๒ จำพวก คือ โคน และ ร้อด ประสาทโคนจะทำหน้าที่รับสีต่าง ๆ ประสาทร้อดทำหน้าที่ไว้เฉพาะสีขาว, เทา และดำ ประสาทโคนแต่ละชนิดจะรับสีได้เพียง ๓ ช่วงสีหลัก ๆ

ใดเกิดขึ้นรุดขึ้น โดยอิ่งมองมาด้านนี้ก็ยิ่งเห็นโดยชัดเจนรุด ความรู้สึกเช่นนี้จึงมีใช่จากระบบการที่ดาษช่างเป็นเราะประสาทโดยทั่วๆ ทั้งหมด เหมือนกันประสาทร้อย จึงแต่เพียงที่เราถือกันและเคยแล้วเท่านั้น ดวงการเช่นนี้เป็นการเด็นที่ไร้สี เรียกว่า "God vision"

นักวิทยาศาสตร์ที่เป็นเจ้าของทฤษฎีนี้ คนหนึ่งเกี่ยวข้องกับวิวัฒนาการของสิ่งต่าง ๆ ตลอดชีวิตสีมีอิทธิพลต่อชีวิตประจำวันและเป็นสิ่งที่เราควรอยู่ใกล้เสมอ เรื่องราวเกี่ยวกับสีนี้ยังคงมีอยู่ต่อไป ศาสตราจารย์ Faber Birren ได้ให้ทัศนะเกี่ยวกับสีและความสัมพันธ์ระหว่างนักศึกษาไว้ว่า

"Color is not separate, it is integral. It is not surface; it is substance. It is primary in human sensation, for everything seen by the eye-space included is colored Experience of it is constant, even with the eyes closed and in total darkness"[๑๒]

การใช้ประสาทตาเป็นเครื่องรับรู้นั้น ได้มีผู้ทำการทดลองค้นคว้าว่า ในประสาทสัมผัสทั้ง ๕ (The 5 human senses) คือ ทางตา, หู, จมูก, ลิ้น และสัมผัส นั้น ประสาทตาต้องทำหน้าที่เป็นเครื่องรับรู้ถึง ๘๗ % , ประสาทหูที่รับเสียง ๗ % ประสาทที่รับกลิ่น ๓.๕ % ประสาทสัมผัสด้วยผิวหนัง ๑.๕ % และประสาทลิ้นรับรสเพียง ๑ % เท่านั้น นอกจากนี้ยังได้มีรายงานจากการค้นคว้าที่อ้างไว้ในหนังสือ "New Horizons in Color" เรียบเรียงโดย ศาสตราจารย์ ฮาเบอร์ เบอเรน คนหนึ่งกล่าวเกี่ยวกับทัศนาการ (vision) ว่ามีความเกี่ยวข้องมากกับปรากฏการณ์ ๒ประการ ต้องใช้พลังงานของร่างกายมากถึงร้อยละ ๒๕ ทางประสาทตาและทางจิต (mind) และได้อ้างว่าสุขภาพและทัศนาการมีความสัมพันธ์กันอย่างใกล้ชิด ซึ่งจะขอนำมากล่าวดังนี้

---

๑๒ Birren, Faber "Color, Form and Space" Reinhold Publishing Corporation, New York 1961 หน้า ๗

"Vision is a remarkable sense, involving a number of fascinating phenomena. Only in recent years, however, has its magic been adequately studied and analyzed. Use of the eye and mind may consume as much as 25 percent of the energy of the body. Good health is essential to good vision and good vision to proper health".[๑๓]

<u>การค้นคว้าเกี่ยวกับสีทางด้านจิตวิทยา</u>

ในธรรมชาติสิ่งแวดล้อมรอบตัวเราจะเป็นวัตถุหรือการกระทำก็ตาม ล้วนแต่เป็น "สิ่งเร้า" (stimuli) ซึ่งเร้า (stimulate) ร่างกายของเราให้แสดงการตอบสนองออกไป ขบวนการของสิ่งเร้านี้จึงมีอิทธิพลต่อระบบประสาทของมนุษย์มาก และสามารถเปลี่ยนอารมณ์ (mood) นิสัยใจคอ (temperament) และพฤติกรรม (behavior) ได้

สีจัดเป็นสิ่งเร้าภายนอก (external stimulus) อย่างหนึ่งที่มนุษย์สามารถรับได้ทางจักษุสัมผัส และก่อให้เกิดความรู้สึกต่าง ๆ เช่น ที่ระเริง กระหยิ่มยินดี, สดชื่น, เศร้าหมอง, เฉื่อยชา เป็นต้น เรามักจะพบประสบการณ์เสมอว่า หลังจากที่ได้ทำงานหนักจัดและเดินเข้ามาในห้องที่ทาสีฟ้าอ่อนหรือสีเขียวน้ำทะเล จะรู้สึกสบายและสดชื่นขึ้น หรือเมื่อในฤดูหนาว อากาศเย็นจัดเราเข้าไปนั่งในห้องที่มีแสงสีแดง จะรู้สึกอบอุ่นและไม่ค่อยหนาวสั่น ที่เรามีความรู้สึกเช่นนี้ก็เพราะว่า สีเป็นสิ่งเร้าที่มีอิทธิพลต่อระบบประสาทดังได้กล่าวมาแล้วข้างต้น หาไม่ว่าสีที่ทาผนังนั้นมีการสะท้อนแสงเข้มหรืออ่อนมีกลิ่นในห้องไม่

ในแง่ของจิตวิทยาที่กล่าวถึง การรับรู้ของจักษุประสาทสีมีค่อสี หรือ visual perception of color ได้ถือหลักสีมูลฐานขึ้น ๔ สี คือ :-

---

๑๓ Birren Faber "New Horizons in Color" Reinhold Publishing Corporation, New York 1956 หน้า ๔

- แดง (red)
- น้ำเงิน (blue)
- เขียว (green)
- เหลือง (yellow)

และสีขุดิยภูมิ (secondary colors) อีก ๔ สี คือ:-

- ม่วง (purple)
- เขียวขนนกยูง (blue-green)
- เขียวสนงอ่อน (yellow-green)
- ส้ม (orange)

สีอบอุ่น (warm colors)

เป็นสีที่มีช่วงคลื่นยาว (long - wavelength colors) คือสีแดงและสีเหลือง และสีเชิงประกอบที่มีสีแดงหรือสีเหลืองอย่างใดอย่างหนึ่งหรือทั้งสองมีส่วนผสมอยู่มากกว่า สีอบอุ่นเมื่อจ้องดูจะรู้สึกเหมือนว่าเคลื่อนใกล้เข้ามาหา

สีเย็น (cool colors)

เป็นสีที่มีช่วงคลื่นสั้น (short-wavelength colors) คือสีเขียวและสีน้ำเงิน และสีเชิงประกอบที่มีสีเขียวหรือสีน้ำเงินอย่างใดอย่างหนึ่งหรือทั้งสองมีส่วนผสมอยู่มากกว่า สีเย็นเมื่อจ้องดูจะรู้สึกเหมือนว่าเคลื่อนถอยห่างออกไป

สีแต่ละสีชอบก่อให้เกิด emotional reactions ดังนี้ :-

สีแดง ทำให้รู้สึก - อบอุ่น, ร้อนแรง, กระตุ้นให้ตื่นเต้น, น่ากลัว เช่น เลือด และเปลวเพลิง

สีส้ม ทำให้รู้สึก - เร้าใจ, อบอุ่น, ค่อนข้างร้อนแรง และบาดตา

สีชมพู ทำให้รู้สึก - ร่าเริง, บริสุทธิ์ และไร้เดียงสา

สีเหลือง ทำให้รู้สึก - ร่าเริงเบิกบาน, ปรากฏเปรี้ยว, เกิดพละกำลัง

สีเขียว	ทำให้รู้สึก	– ชุ่มชื้น, สดชื่น, กระปรี้กระเปร่า และ อ่อนล้า
สีน้ำเงิน	ทำให้รู้สึก	– เศร้าสร้อย, วังเวง, สงบเงียบ, สิ้นหวัง, เยือกเย็น
สีม่วง	ทำให้รู้สึก	– สงบเงียบ, หดหู่ใจ, เฉื่อยชา บางครั้งทำให้เมื่อยสายตา
สีน้ำตาล	ทำให้รู้สึก	– อบอุ่น, แข็งแรง, มั่นคง และเศร้า
สีเทา	ทำให้รู้สึก	– เงียบขรึม, อึมครึม และเศร้า

การศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับสีทางด้านจิตวิทยาในปัจจุบัน จะทำการทดสอบเกี่ยวกับ Perception สีใดสีหนึ่ง ๆ ด้วยการขอความร่วมมือจากนิสิตนักศึกษา นักวิทยาศาสตร์ และกลุ่มตัวอย่างอื่น ๆ ตามกรณีการวิจัยต่อไป

คุณสมบัติของสีโดยทั่วไป

ทัศนะของมนุษย์ที่มีต่อสีใดสีหนึ่ง ๆ นั้น ย่อมแตกต่างกัน และขึ้นอยู่กับตัวประกอบ (factor) หลายอย่าง เช่นว่า ประสบการณ์, นิสัยส่วนตัว, ความชำนาญพิเศษ ฯลฯ คนหนึ่งอาจจะมองเห็น (visualize) สีหนึ่งสีใดเป็นสีน้ำเงิน แต่อีกคนหนึ่งอาจมองเห็นเป็นสีเขียวอมฟ้าหรือสีม่วง (violet) ไปก็ได้ต่างกัน ฯ

เอ. เอช. มุนเซล (A.H. Munsell) ผู้เชี่ยวชาญในเรื่องทฤษฎีของสี เคยเป็นครูอยู่ที่โรงเรียนศิลปะ ในศตวรรษนี้ ได้ทำการทดลองเรื่องสี และ รงควัตถุ (pigments) ผลของการศึกษาของท่านผู้นี้ได้ประมวลขึ้นและเรียกว่า "ระบบสีของมุนเซล" (Munsell System of Color) ได้รับรองจาก U.S. Bureau of Standards และองค์การสำคัญ ๆ หลายร้อยหลายหน่วยงานทั่วสหรัฐอเมริกา

มุนเซลได้กำหนดคุณสมบัติของสี [๑๔] หรือมิติของสี [๑๕] ๓ อย่างดังนี้คือ

---

[๑๔] คุณสมบัติของสีเรียกว่า property หรือ quality ในภาษาอังกฤษ

[๑๕] มิติของสีหรือ Dimensions of Color มุนเซลชอบใช้เรียกสีมากกว่า

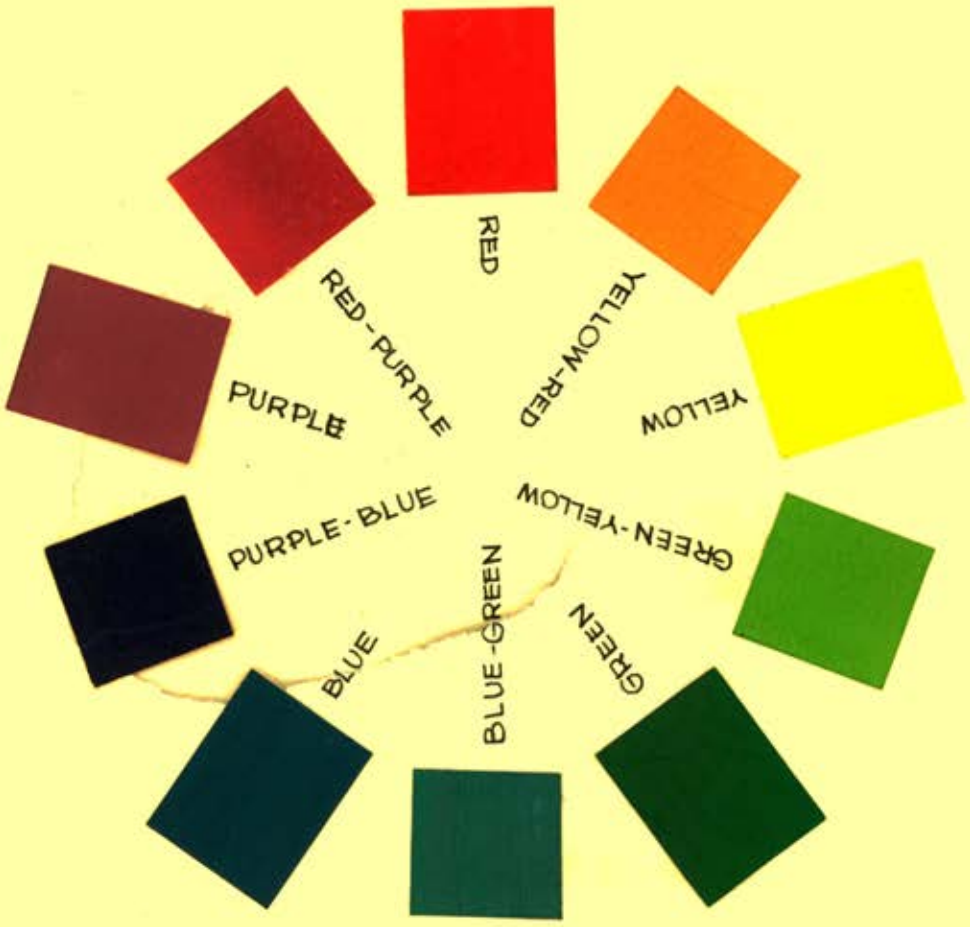
๑. Hue (name of color) หมายถึงชื่อของสีต่าง ๆ ที่เราเรียก แดง, เหลือง, เขียว, ม่วง เป็นต้น ภาพ "วงล้อสีของมุนเซล" (Munsell hue wheel) ได้จัดให้มี ๑๐ สี โดยแบ่งเป็น :-

- สีปฐมภูมิ ๕ สี คือ แดง (red)
  เหลือง (yellow)
  เขียว (green)
  น้ำเงิน (blue)
  ม่วง (purple)
- สีทุติยภูมิ ๕ สี คือ เหลือง - แดง (yellow-red)
  เขียว - เหลือง (green-yellow)
  น้ำเงิน - เขียว (blue-green)
  ม่วง - น้ำเงิน (purple-blue)
  แดง - ม่วง (red-purple)

ถ้าพิจารณาในเรื่อง "การรู้สึก" (sensation) สีที่กล่าวทั้งหมด ๑๐ สีนี้เป็นพวก chromatic ส่วน สีดำ เทา และ ขาว เราเรียกว่าเป็นพวก achromatic และไม่ถือว่าเป็น hue แต่เป็น value ซึ่งจะกล่าวต่อไป

๒. Value (Brilliance หรือ Brightness) เป็นคุณสมบัติของสีที่เกี่ยวข้องกับความสว่างและความมืด (lightness & darkness) มุนเซลได้ทำ value, scale ของสีดังนี้

value	แทนด้วยสัญญลักษณ์
ขาว (white)	9/
สว่างมาก (high light)	8/



วงล้อสีของ มุนเซลล์

value		แทนด้วยสัญลักษณ์
สว่าง	(light)	7/
สว่างน้อย	(low light)	6/
ปานกลาง	(middle)	5/
มืดน้อย	(low dark)	4/
มืด	(dark)	3/
มืดมาก	(high dark)	2/
ดำ	(black)	1/

สีขาวเป็นสีที่มี value สูงสุด สีดำเป็นสีที่มี value ต่ำสุด

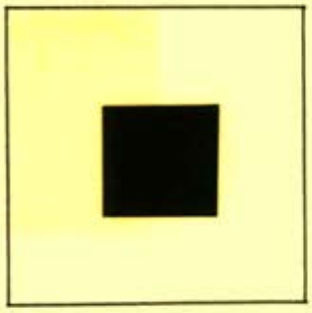
๓. Chroma (Intensity หรือ Saturation) เป็นคุณสมบัติของสีที่เกี่ยวกับ strength และ weakness ของสี ตัวอย่างเช่น สีแดงสดเรียกได้ว่ามี chroma สูง สีแดงเข้มขมัว เรียกได้ว่ามี chroma ต่ำ อนึ่งเมื่อไม่มี hue ก็ไม่มี intensity แต่จะมี value ในระดับต่าง ๆ กันเท่านั้น

Color effects

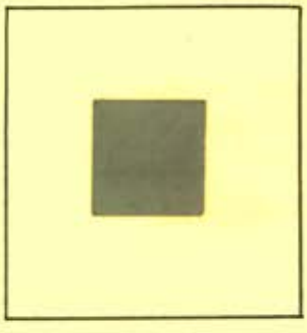
๑. สีมีคุณสมบัติอีกอย่างหนึ่งที่เรียกว่า "ทัศนมายา" (optical illusion) หรือการลวงตา คุณสมบัตินี้ เราสามารถนำมาใช้ในการตกแต่ง (decoration) เพื่อเติมให้งดงามขึ้น (enrich or embellish) และสนองประโยชน์ในหน้าที่ใช้สอยแก่สิ่งที่จะทำการตกแต่งนั้น ๆ ดังนั้นจึงจะยกตัวอย่าง effect ที่สำคัญ ๆบางอย่างของสีดังนี้ :-

ก. สี่เหลี่ยมจตุรัสสีขาวบนพื้นสีดำ จะดูโตกว่า
สี่เหลี่ยมจตุรัสสีดำบนพื้นสีขาว

ข. สี่เหลี่ยมจตุรัสสีเทาอ่อนบนพื้นสีขาว จะดูเข้มกว่า
สี่เหลี่ยมจตุรัสสีเทาอ่อนนั้นบนพื้นสีดำ

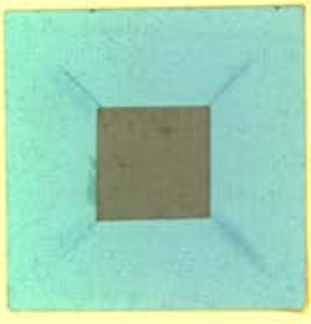


1 ก



1 ข

1 ค



1 ง

2ก

2ข

2ค

3ก

3ข

ก. จตุรัสสีแดงบนพื้นขาว จะดูเข้มเด่นและสดใส จตุรัสสีแดงบนพื้นดำ จะดูมีลักษณะเร่าร้อนและรู้สึกหม่นลง

ง. จตุรัสสีเหลืองบนพื้นสีม่วง สีเหลืองรู้สึกอมเขียวเรื่อ ๆ (greenish) จตุรัสสีเหลืองบนพื้นสีส้ม สีเหลืองรู้สึกอมเขียวเรื่อ ๆ (bluish)

๒. สีที่ตัดกัน (contrast)

ก. สีแดง, สีเหลือง และสีน้ำเงินเมื่อนำมาวางติดกันจะตัดกันอย่างรุนแรงมาก

ข. สีที่ต่างกับสีที่มีคุณสมบัติตัดกันอย่างรุนแรง เช่น สีน้ำตาลไหม้กับสีเหลือง

ค. สีอุ่นกับสีเย็นจะตัดกันอย่างรุนแรง เช่น สีเขียวกับสีแดง เป็นต้น

๓. สีมีคุณสมบัติที่ให้ความรู้สึก (approach) และถอยห่างออกไป (recede)

ก. สีอบอุ่น รู้สึกใกล้เข้ามา สีเย็น รู้สึกถอยห่างออกไป

ข. สีที่สดใส (มี intensity และ chroma) รู้สึกใกล้เข้ามา แต่สีที่ไม่สดใสและหมุกหมัวรู้สึกถอยห่างออกไป

<u>ทฤษฎีสีของ Faber Birren</u>

ศาสตราจารย์ Faber Birren ผู้เชี่ยวชาญในเรื่องสี ได้ตั้งทฤษฎีสีโดยใช้รูปสามเหลี่ยมแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง color, white และ black และเรียกว่ามาเหลี่ยมสีว่า "The Birren Color Triangle.(ดูรูป

รูปสามเหลี่ยมนี้จะแสดงให้เห็นว่า

เมื่อ COLOR + BLACK จะเกิด SHADE

COLOR + WHITE จะเกิด TINT

WHITE + BLACK จะเกิด GRAY

และเมื่อ COLOR + BLACK + WHITE + SHADE + TINT + GRAY จะเกิด TONE

ก็จะกล่าวต่อไป จำเป็นจะต้องใช้นิยามของคำว่า SHADE, TINT และ TONE ดังนี้ :-

SHADE อาจจะเรียกเป็นภาษาไทยว่า "เงาสี" shade เกิดจากสีเข้าผสมกับ black หรือ darkness คำว่า shade ในภาษาอังกฤษนี้รากศัพท์มาจากคำว่า "sched" (=partial darkness) ยังมีคำในภาษาอังกฤษที่ใช้ใกล้เคียงกับ shade คือ dim, dusky เป็นต้น

TINT สีใดก็ตามที่เป็นสีอ่อน และมี white เจือปนด้วย เราเรียกว่า tint ซึ่งมีรากศัพท์มาจากภาษาลาตินว่า "tinctura" คำในภาษาอังกฤษที่ใช้ใกล้เคียงกับ tint คือ light, pale, pallid, faint เป็นต้น

GRAY คือสีเทา เป็นสีที่เกิดขึ้นระหว่าง black กับ white หรือ lightness กับ darkness จะเป็นสีเทาอยู่ในระดับปานกลาง (5/) ของ value, scale (๑ value ประกอบ)

TONE คือการรวมตัวระหว่าง color, black, white, shade และ tint

ทฤษฎีของสีนี้ Birren ได้ศึกษาค้นคว้าจาก Gestalt Theory[๒๖] ซึ่งเป็นทฤษฎีทางจิตวิทยา ของนักจิตวิทยาชาวเยอรมัน ๓ ท่าน คือ Max Wertheimer, Kurt Koffka และ Wolfgang Kohler ทฤษฎีของ gestalt มีหลักสำคัญอยู่ว่า

การที่มนุษย์จะแสดงพฤติกรรม (behavior) บางอย่างอย่างหนึ่ง จะต้องมีการเกี่ยวโยงซึ่งสัมพันธ์ต่าง ๆ ทั้งหมดของร่างกาย คือมนุษย์จะต้องทำทั้งร่างกาย หรือทั้ง gestalt เช่น gestalt ยังมีอีกว่า การเห็น (perception) ของคนเรานั้นจะต้องมอง "ทั้งหมดรูป (as a whole) มองสิ่งนั้นมีส่วนแยกย่อยที่ละส่วน ๆ

ดังนั้น Birren จึงได้ว่า "การเห็นสี" (color perception) มีได้เป็นการ

---

[๒๖] คำว่า gestalt เป็นคำในภาษาเยอรมัน ตรงกับคำในภาษาอังกฤษว่า configuration หรือ pattern

เป็นการมองเฉพาะแต่ส่วนประกอบส่วนใดส่วนหนึ่ง จากเป็นการรวม สี color black, white, shade, tint, gray รวมตัวกันเรียกว่า 'tone'

การศึกษาเบื้องต้นหลักสำคัญในการพิจารณาเลือกสีใช้กับอาคารโรงเรียน

๑. ภูมิอากาศ ประเทศไทยตั้งอยู่ในภูมิอากาศร้อน (Tropical Climates) ในเวลากลางวัน แต่เนื่องด้วยภูมิประเทศของภาคต่าง ๆ ดังกล่าวไม่เท่ากัน ภูมิอากาศจึงแตกต่างกันเล็กน้อยดังนี้ :-

ภาคเหนือ เป็นบริเวณเทือกเขาที่สลับซับซ้อน กลางวันอากาศร้อนและกลางคืนอากาศหนาวเย็นชัดเจน ฤดูหนาวและฤดูร้อนจะอยู่ในตำแหน่งที่ต่างกันมาก

ภาคกลาง เป็นที่ราบแอ่งกระทะน้ำ ได้รับลมมรสุมและลมบกเฉียงใต้ ในฤดูร้อนและฤดูฝนจะอยู่ใกล้กว่าภาคอื่น ๆ

ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เป็นที่ราบสูง มีภูเขาน้อย อากาศตอนกลางวันกับตอนกลางคืนแตกต่างกว่าภาคเหนือมาก มีร้อนจัดในตอนกลางวันและเย็นจัดในตอนกลางคืน ฝนตกน้อยกว่าภาคอื่น ๆ

ภาคใต้ อากาศไม่ค่อยร้อนหรือหนาวจัดจนเกินไป เพราะได้รับลมทะเลทั้งสองฝั่งตลอดเวลา ภาคนี้ฝนตกชุกที่สุด

การเลือกสีให้กลมกลืนกับภูมิอากาศ ควรเป็นสีเย็นและเป็นสีที่อยู่ในสเกลกลาง (scale-grey)

การทาสีในภูมิภาคอากาศร้อน นอกจากจะต้องเลือกสีที่เหมาะสมแล้วยังต้องคำนึงถึงการดูดกลืนแสงของสีที่ทาด้วย อากาศร้อนและชื้น, ร้อนและเปียกชื้น และอากาศแบบทะเลทรายจะเร่งปฏิกิริยาต่อแสงแดดอันแรงกล้า ความเปียกชื้น และออกซิเจนรวมกันย่อมกระตุ้นกระตือรือร้นให้สีเปลี่ยนอย่างรวดเร็ว สีที่มีคุณภาพดีย่อมไม่เกิดการเปลี่ยนไปในเวลาเร็วกว่าที่คาดหมายของการทาแต่ละครั้งหนึ่ง ๆ เช่น ต้องไม่ซีดหรือด่างหรือเสียความเป็นเงามัน, ไม่มีรอยด่างขาว, ไม่มีรอยแตกระแหง กะเทาะร่วงเป็นสะเก็ดหรือสึกเป็นแผ่น ในบริเวณที่อากาศเปียกชื้น ต้องไม่มีการขึ้นราเขียวดำเป็นต้น

๒. <u>การปรับทิศทาง</u> การออกแบบวางผังอาคารโรงเรียนต้องยึดถือการปรับทิศทาง (orientation) เป็นหลักสำคัญ ห้องต่าง ๆ ในอาคารเรียนจะต้องได้รับลมโกรกเย็นสบาย การป้องกันแดดและฝนตลอดจนแสงสว่างภายในอาคารจะต้องเป็นไปอย่างเหมาะสมถูกสุขลักษณะ สิ่งที่ฟิสิกขจัดให้หมดสิ้นไปก็คือ แสงสะท้อนจากภายนอกที่เข้ามาในห้อง เช่นแสงสะท้อนจ้าจากพื้นระเบียงที่มีผิวจัดมัน

ห้องเรียนห้องใดที่อยู่ด้านตะวันตก–ย่อมได้รับแดดมากในเวลาบ่าย นักเรียนและครูที่อยู่ในห้องนั้น นอกจากจะรู้สึกร้อนยังได้รับแสงสว่างจ้าอีกด้วย ควรหาทางป้องกันโดยวิธีการของ solar controls & shading devices การทาสีผนังห้อง ควรใช้สีฟ้าอ่อน หรือเขียวอ่อนจะเหมาะกว่าสีครีม (cream) หรือสีกุหลาบแห้ง (old rose)

๓. <u>สิ่งแวดล้อมที่อยู่ใกล้เคียง</u> บริเวณโรงเรียนควรจะได้รับการตกแต่งด้วยการปลูกต้นไม้หรือแต่งเป็นสวน สีเขียวของต้นไม้ช่วยผ่อนคลายความเมื่อยล้าของประสาทตา ช่วยทำให้จิตใจสดใสและชุ่มชื่น นอกจากนี้ต้นไม้ยืนต้นขนาดใหญ่ยังให้ร่มเงาแก่ตัวอาคารด้วย สิ่งที่ควรระวังอย่างยิ่งคือ ต้องหาทางป้องกันแสงสะท้อนจ้าที่กระทบกับผนังภายนอกของอาคารหรือวัตถุอื่นที่อยู่ข้างเคียง

๔. <u>ขนาดและรูปร่างของห้อง</u> สีมีคุณสมบัติอย่างหนึ่งสามารถช่วยความรู้สึกในเรื่องห้องกว้างและแคบได้

– ถ้าต้องการให้ห้องเล็กดูโอ่โถง (spacious) และไม่รู้สึกอึดอัดควรใช้สีเย็นที่อยู่ในสเกลอ่อน (cool tint)

– ถ้าห้องใดรู้สึกว่าใหญ่โต เวิ้งว้าง และอยากให้รู้สึกอบอุ่น (cosy) ควรใช้สีเข้มหรือสีแน่นหรือสีที่อยู่ในสเกลสลัว (shade)

ทั้งนี้ ควรพิจารณาแสงสว่างประกอบด้วย การใช้สีสลัวไม่ควรกระทำให้พร่ำเพรื่อ ควรจะใช้เฉพาะตำแหน่งส่วนใหญ่เป็นผนัง หรือส่วนที่ได้รับแสงสะท้อนจากภายนอก

ห้องอาจจะมีรูปร่างต่าง ๆ ตามประโยชน์ใช้สอย เช่น สี่เหลี่ยมผืนผ้า, สี่เหลี่ยมจตุรัส, สี่เหลี่ยมรูปพัด หรือห้องที่มีอยู่เดิมแล้วต้องการจะดัดแปลงแก้ไข ถ้าเราใช้สีอย่างถูกต้อง ห้องยาวจะดูแคบลง และห้องแคบจะดูกว้างขึ้น

ห้องแคบและยาว : ห้องที่มีอัตราส่วนของความยาวมากกว่าความกว้าง หรือระเบียงที่ยาวมาก ๆ เราอาจจะลดความยาวของห้องหรือระเบียงสั้นลง โดยการใช้สีหนัก เช่น สีน้ำเงิน, สีเขียวเข้ม ที่ผนังปลายทั้งสอง เพราะสีหนักทำให้ดูแคบเข้ามา ส่วนด้านข้างใช้สีอ่อนที่สดใสเพื่อให้กว้างขึ้น

ห้องสี่เหลี่ยมจตุรัส : สามารถทำให้รู้สึกเป็นห้องสี่เหลี่ยมผืนผ้าด้วยการให้ผนังตรงข้ามสองด้านมีสีเข้ม และผนังตรงข้ามอีกสองด้านมีสีอ่อนจาง

เพดาน : สีสามารถเปลี่ยนเพดานให้สูงและต่ำได้ เพดานสูงเกินไปทำให้รู้สึกต่ำโดยใช้สีหนัก เพดานที่ต่ำเกินไปทำให้รู้สึกหายอึดอัดโดยการใช้สีอ่อนมาก หรือสีขาว เป็นต้น

๕. <u>การสะท้อนแสงของผนังและเพดานภายในห้อง</u>

สีต่าง ๆ มีค่าร้อยละของการสะท้อนแสงแตกต่างกัน เช่นสีอ่อนมากมีค่าร้อยละของการสะท้อนแสงสูง ตรงกันข้ามสีที่ดำเกือบมืดมีค่าร้อยละของการสะท้อนแสงต่ำ

ดร. พอล. ซีเกอร์ส ได้กำหนดค่าของร้อยละของการสะท้อนแสงภายในห้องเรียนดังนี้ [๑๗]

เพดาน.....๘๐ % หรือมากกว่านั้น (สีขาว หรือสีงาช้าง)
ผนังด้านข้าง.....๖๐ % หรือมากกว่านั้น
ผนังด้านหน้าชั้น.....๔๐ % หรือมากกว่านั้น (medium tone)
ตู้,โต๊ะ,เก้าอี้.....๓๐%–๕๐%
พื้น.....๓๐%–๔๐%
กระดานดำ.....๒๖ % หรือน้อยกว่านั้น

---

๑๗ Seagers, Paul W. & Hart G. Harold "<u>Functional Color For the Classroom</u>" Brunswick-Balke-Collender: Chicago1958หน้า ๓

การกำหนดค่าร้อยละของการสะท้อนแสงของเพดานสูงมากเช่นนี้ ก็เพื่อให้เพดานสะท้อนแสงลงมายังพื้นห้องอย่างสม่ำเสมอ และการกำหนดค่าร้อยละของการสะท้อนแสงของผนังด้านหน้าชั้นต่ำกว่าผนังด้านข้าง ก็เพื่อลดความคัดกันระหว่างกระดานดำกับผนังให้น้อยลง และไม่ทำให้สายตาเมื่อยล้า

ค่าร้อยละของการสะท้อนแสงของสี

Magnesium oxide white	๙๘ %
Mill white	๘๕ %
Ivory	๘๒ %
Canary Yellow	๗๗ %
Cream	๗๗ %
Orchid	๖๗ %
Cream grey	๖๖ %
Light tan	๖๖ %
Light blue	๖๕ %
Buff	๖๓ %
Pale green	๕๙ %
Light pink	๕๕ %
Silver grey	๔๖ %
Dark green	๒๒ %
Dark brown	๑๖ %
Black	๐ %

b. การให้แสงสว่างภายในห้องเรียนแบบ artificial lighting

ส่วนมากที่สุดในการให้แสงสว่างภายในห้องเรียนใช้แสงสว่างตามธรรมชาติ ถ้าหากเกิดมีความจำเป็นที่จะต้องใช้แสงสว่างจากหลอดไฟฟ้า ควรพิจารณาการให้แสงสว่างแบบ

ต่าง ๆ ดังนี้

ก. แบบ direct lighting คือการให้แสงสว่างจากหลอดไฟฟ้าที่ไม่มีโป๊ะคลุม พุ่งมาถึงผู้ใช้โดยตรง แบบนี้ได้แสงสว่างมากและประหยัด แต่จะทำให้รู้สึกเคืองตาและเสียสายตาได้ การให้แสงแบบนี้มีทางแก้ให้ดีขึ้นโดยให้ดวงโคมอยู่เหนือศีรษะผู้ใช้ทางซ้ายค่อนไปข้างหลัง

ข. แบบ indirect lighting คือการให้แสงแบบอ้อม โดยให้แสงพุ่งสู่เพดานและสะท้อนลงมา หรือการใช้โป๊ะฝ้า (general diffuse) แบบนี้ได้แสงสว่างกระจายและนุ่มนวล ไม่เป็นอันตรายต่อสายตา

ค. แบบ semi-indirect lighting คือการจัดแบบแรกและแบบที่สองผสมกัน

อนึ่ง การเลือกชนิดของหลอดไฟ ควรพิจารณาว่าแสงสว่างที่กระทบผนังจะเปลี่ยนสีของผนังนั้นหรือไม่ ถ้าเปลี่ยนจะเปลี่ยนเป็นสีอะไร และหลอดไฟนั้นจะต้องไม่เป็นอันตรายต่อสายตาและผิวหนังของนักเรียน