

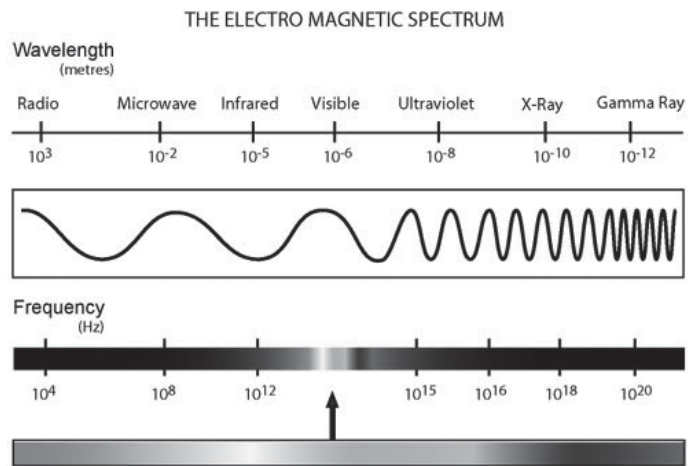
เรื่องของสี

แสงเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความยาวคลื่นตั้งแต่ 400 ถึง 700 นาโนเมตร แสงที่เรา มองเห็นเป็นแสงขาวที่ประกอบไปด้วยแสงสีต่างๆ เรียงกันอยู่ คือ สีม่วง คราม น้ำเงิน เขียว เหลือง แสด และแดง เรียกว่า สเปกตรัม ซึ่งค้นพบโดย เซอร์ ไอแซค นิวตัน ในปี ค.ศ. 1666 ถึงแม้ว่าเรื่องราวของแสงสีนั้นเป็นเรื่องที่เราทุกคนคุ้นเคยในชีวิตประจำวันอยู่แล้ว แต่หลาย ๆ คนก็ยังคงมีความเข้าใจที่ยังไม่ถูกต้อง

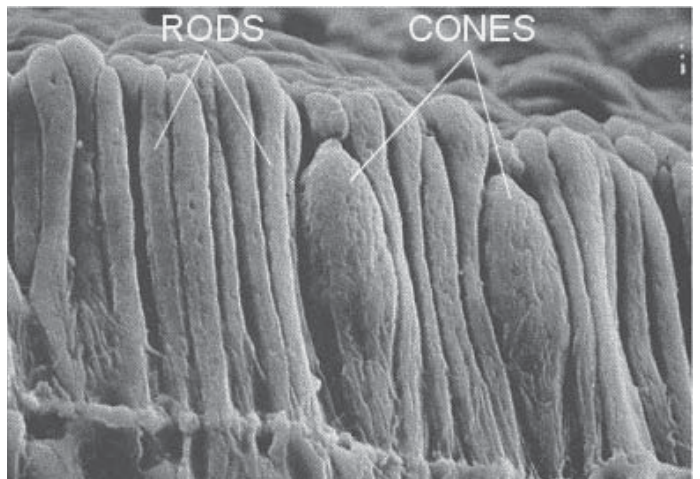
ในหลาย ๆ งานวิจัย เช่น Salley (1996) พบว่า นักเรียนบางคน มีความเข้าใจว่า สีของวัตถุเป็นสมบัติที่มาจากตัววัตถุ หรือการมองเห็นสีเกิดจากการผสมกันระหว่างสีจากตัววัตถุรวมกับสีจากแสงขาว แต่จริงๆ แล้วการมองเห็นสีนั้นขึ้นอยู่กับ 2 องค์ประกอบ คือ แสง และผู้สังเกต โดยที่แสงขาวที่เรามองเห็นในธรรมชาติ เมื่อตกกระทบลงบนวัตถุใดๆ ก็ตาม จะเกิดปรากฏการณ์ได้หลายอย่าง เช่น การสะท้อน การดูดกลืนและการส่งผ่าน ซึ่งหากวัตถุนั้นสามารถสะท้อนแสงในทุกๆ ความยาวคลื่นที่เท่ากันจะทำให้เรามองเห็นวัตถุนั้นเป็นสีขาว หากวัตถุนั้นดูดกลืนแสงในทุกๆ ความยาวคลื่น เท่ากันจะทำให้เรามองเห็นวัตถุนั้นเป็นสีดำ หรือ หากวัตถุนั้นสะท้อนแสงสีแดงได้ดี แต่ดูดกลืนแสงสีอื่นๆ ไว้ จะทำให้เรามองเห็นวัตถุนั้นเป็นสีแดง อีกองค์ประกอบหนึ่งก็คือ ผู้สังเกต ภายในตาของผู้สังเกตนั้นจะมีส่วนที่รับแสงเรียกว่า เรตินา ภายในเรตินาประกอบไปด้วยเซลล์รับแสงจำนวนมาก สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือ เซลล์รูปแท่ง (Rods) และเซลล์รูปกรวย (Cones) เรตินาข้างหนึ่งจะมีเซลล์รูปแท่งประมาณ 125 ล้านเซลล์ และเซลล์รูปกรวยประมาณ 7 ล้านเซลล์

เซลล์ทั้งสองชนิดนี้ทำงานแตกต่างกันคือ เซลล์รูปแท่งนั้นเป็นเซลล์ที่มีความไวต่อแสงที่มีความเข้มต่ำหรือแสงที่ไม่สว่างมากนักจึงไม่สามารถแยกความแตกต่างของสีได้ ส่วนเซลล์รูปกรวยนั้นเป็นเซลล์ที่มีความไวต่อแสงที่มีความเข้มสูงซึ่งสามารถแยกความแตกต่างของสีได้ โดยเซลล์รูปกรวยจะมีเซลล์ที่ไวต่อแสงที่ต่างกัน 3 ชนิด คือ เซลล์ที่ไวต่อแสงสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน เมื่อแสงเข้ามาสู่เรตินา เซลล์รูปกรวยทั้ง 3 ชนิดจะถูกกระตุ้นในอัตราที่ต่างกันขึ้นอยู่กับสีและความเข้มของแสง

จากนั้นสมองจะแปลผลเป็นสีต่างๆ ดังนั้นจะเห็นว่าเซลล์รับแสงมีความสำคัญในการแยกแยะสีต่างๆ ซึ่งถ้าเซลล์



ภาพแสดงสเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า
มาจาก : <http://zebu.uoregon.edu/~imamura/122/images/electromagnetic-spectrum.jpg>



ภาพแสดงเซลล์รูปแท่ง (Rod cells) และรูปกรวย (Cone cells)
มาจาก : <http://cas.bellarmine.edu/tietjen/Laboratories/Eye06.gif>

เหล่านี้ทำงานผิดปกติก็จะทำให้การมองเห็นสีผิดเพี้ยนไป ซึ่งเราเรียกว่า อากาตาบอดสี (Color Blindness) นั่นเอง สีต่าง ๆ ที่เรามองเห็นเกิดจากการผสมของสีเพียงสามสี โดยที่การรวมกันของสีแบ่งได้เป็น 2 แบบ คือ การผสมสีแบบบวก (Additive Color Mixing) และการผสมสีแบบลบ (Subtractive Color Mixing) เราลองมาพิจารณากันว่า การผสมสีแบบบวกนั้นเป็นอย่างไร

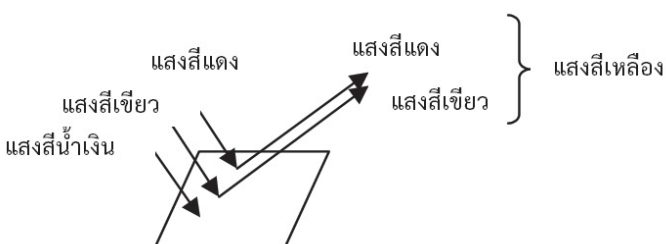
เรารู้มาแล้วว่า แสงขาวนั้นประกอบด้วยแสงสีต่างๆ มากมายรวมกันอยู่ แต่แสงขาวนั้นสามารถเกิดขึ้นได้จากการรวมกันของแสงที่มีความยาวคลื่น (หรือความถี่) ที่แตกต่างกันที่มีความเข้มที่เหมาะสม เราเรียกสีสามสีนี้ว่า แสงสีปฐมภูมิจริงๆ แล้วสีปฐมภูมินั้นมีมากมายหลายชุด แต่ที่เราคุ้นเคยกันดีคงจะเป็น สีแดง สีเขียวและสีน้ำเงิน โดยที่แสงสีน้ำเงินมีความยาวคลื่นประมาณ 400-500 นาโนเมตร แสงสีเขียวมีความยาวคลื่นประมาณ 500-600 นาโนเมตร และแสงสีแดงมีความยาวคลื่นประมาณ 600-700 นาโนเมตร เมื่อนำแสงสีทั้งสามมารวมกันที่ความเข้มแสงที่เหมาะสมจะทำให้เกิดสีขาว เราสามารถเขียนได้ดังนี้

$$\text{แสงสีแดง (R)} + \text{แสงสีเขียว (G)} + \text{แสงสีน้ำเงิน (B)} = \text{แสงขาว (W)}$$

โดยความจริงแล้ว การรวมกันของแสงสีปฐมภูมิ (อาจจะเป็น 2 สี หรือ 3 สี) ที่มีความเข้มแสงที่หลากหลาย จะทำให้เกิดแถบของแสงสีต่างๆ ขึ้นอีกมากมาย จากเหตุผลนี้เองเราจะเห็นว่า หน้าจอโทรทัศน์และคอมพิวเตอร์มีสีอื่นต่างๆ มากมายจากแสงสีปฐมภูมิในความเข้มต่างๆ กัน และเมื่อนำสีปฐมภูมิใดๆ สองสีมารวมกันจะเกิดสีใหม่ขึ้น เราเรียกสีที่เกิดขึ้นว่า สีทุติยภูมิ ได้แก่ สีเหลือง (Yellow) สีน้ำเงินเขียว (Cyan) และสีแดงม่วง (Magenta) เราสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{แสงสีแดง (R)} + \text{แสงสีเขียว (G)} &= \text{แสงสีเหลือง (Y)} \\ \text{แสงสีแดง (R)} + \text{แสงสีน้ำเงิน (B)} &= \text{แสงสีแดงม่วง (M)} \\ \text{แสงสีเขียว (G)} + \text{แสงสีน้ำเงิน (B)} &= \text{แสงสีน้ำเงินเขียว (C)} \end{aligned}$$

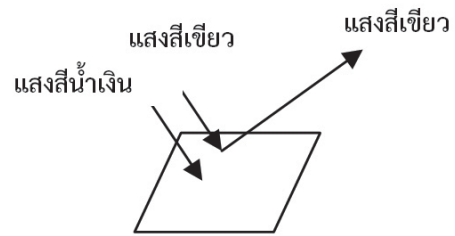
สำหรับการผสมสีอีกแบบหนึ่ง คือการผสมสีแบบลบ การผสมสีแบบนี้จะเกี่ยวกับการดูดกลืนแสงและสะท้อนแสงของวัตถุต่างๆ เมื่อแสงขาวส่องมายังวัตถุ วัตถุจะดูดกลืนแสงและจะสะท้อนส่วนที่เหลือเข้าสู่ตาของเรา เราจะพิจารณาสองตัวอย่างนี้ไปด้วยกัน คือ เมื่อนำแสงขาวส่องไปยังเสื้อตัวหนึ่งพบว่า เสื้อตัวนั้นดูดกลืนแสงสีน้ำเงิน แต่สะท้อนแสงสีแดงและสีเขียว ดังนั้นเราจะเห็นเสื้อตัวนั้นเป็นสีเหลือง ดังภาพด้านล่าง



เราสามารถเขียนสมการได้ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{แสงขาว (W)} - \text{แสงสีน้ำเงิน (B)} &= [\text{แสงสีแดง (R)} + \text{แสงสีเขียว (G)} + \text{แสงสีน้ำเงิน (B)}] - \text{แสงสีน้ำเงิน (B)} \\ &= \text{แสงสีแดง (R)} + \text{แสงสีเขียว (G)} = \text{แสงสีเหลือง (Y)} \quad \text{นั่นเอง} \end{aligned}$$

อีกกรณีหนึ่งคือ เมื่อนำเสื้อตัวเดียวกันมาส่องด้วยแสงสีน้ำเงินเขียว (C) เราจะเห็นเสื้อตัวนั้นเป็นสีเขียว เนื่องจากสีน้ำเงินเขียวเกิดจากการรวมกันของสี เขียวและน้ำเงิน และเราทราบว่าเสื้อตัวนั้นดูดกลืนแสงสีน้ำเงิน ดังนั้นเมื่อส่องสีน้ำเงินเขียวลงบนเสื้อ เสื้อจะดูดกลืนสีน้ำเงินไว้หมดแต่จะสะท้อนสีเขียวออกมา เราจึงมองเห็นเสื้อตัวนั้นเป็นสีเขียวนั่นเอง ดังภาพแสงด้านล่าง

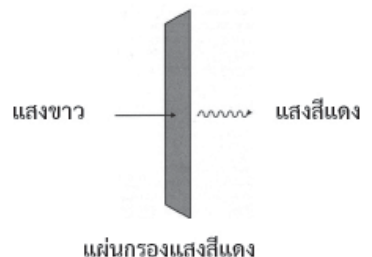


เราสามารถเขียนสมการได้ดังนี้

$$\text{แสงสีน้ำเงินเขียว (C)} - \text{แสงสีน้ำเงิน (B)} = [\text{แสงสีเขียว (G)} + \text{แสงสีน้ำเงิน (B)}] - \text{แสงสีน้ำเงิน (B)} = \text{แสงสีเขียว (G)} \quad \text{นั่นเอง}$$

ทั้งสองเหตุการณ์นี้เองทำให้เราเข้าใจว่าสีของวัตถุนั้นไม่ได้เป็นสมบัติที่มาจากตัวของวัตถุแต่เกิดจากวัตถุดูดกลืนแสงบางส่วนแล้วแสงที่สะท้อนแสงที่เหลือออกมาจากวัตถุเข้าสู่ตาของผู้สังเกต ซึ่งเราทำการลบสีของแสงที่ถูกวัตถุดูดกลืนออกจากสีขาวหรือสีที่เราส่องลงบนวัตถุนั้นๆ จึงเป็นที่มาของการผสมสีแบบลบนั่นเอง

นอกจากการสะท้อนจากวัตถุที่บดแสงแล้วยังมีวัตถุอีกประเภทที่เป็นวัตถุโปร่งใส ซึ่งจะเกิดการดูดกลืนและการส่งผ่านของแสง ซึ่งเราเรียกวัตถุประเภทนี้ว่า แผ่นกรองแสง หรือ ฟิลเตอร์ (Filter) สมมติเรามี แผ่นกรองแสงสีแดงเมื่อส่องแสงขาวผ่าน จะเกิดแสงสีแดงออกมาจากแผ่นกรองแสง นั่นแสดงว่าแผ่นกรองแสงสีแดงดูดกลืนแสงสีเขียวและน้ำเงิน แต่จะส่งผ่านเพียงแสงสีแดงเท่านั้น ดังภาพแสงด้านล่าง

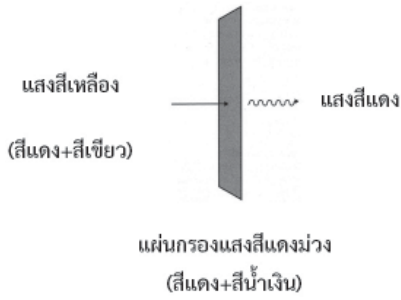


เราสามารถเขียนสมการได้ดังนี้

$$\text{แสงขาว (W)} - [\text{แสงสีเขียว (G)} + \text{แสงสีน้ำเงิน (B)}] = \text{แสงสีแดง (R)}$$

$$\text{แสงสีแดง (R)} + \text{แสงสีเขียว (G)} + \text{แสงสีน้ำเงิน (B)} - [\text{แสงสีเขียว (G)} + \text{แสงสีน้ำเงิน (B)}] = \text{แสงสีแดง (R)} \text{ นั่นเอง}$$

ในอีกกรณี เมื่อเราฉายแสงสีเหลืองลงบนแผ่นกรองแสงสีแดงม่วง (M) จะเกิดแสงสีแดงออกมาจากแผ่นกรองแสง เนื่องจาก แสงสีเหลืองเกิดจากแสงสีแดงรวมกับแสงสีเขียว และสีแดงม่วงเกิดจากแสงสีแดงกับแสงสีน้ำเงิน ดังนั้น จะเห็นว่าแผ่นกรองแสงจะดูดกลืนแสงสีทุกแสงสี ยกเว้นแสงสีแดง แสงที่ออกมาจากแผ่นกรองแสงจึงเป็นสีแดงนั่นเอง ดังภาพแสงด้านข้าง



เราสามารถเขียนสมการได้ดังนี้

$$\text{แสงสีเหลือง (Y)} - \text{แสงสีเขียว (G)} = [\text{แสงสีแดง (R)} + \text{แสงสีเขียว (G)}] - \text{แสงสีเขียว (G)} = \text{แสงสีแดง (R)} \text{ นั่นเอง}$$

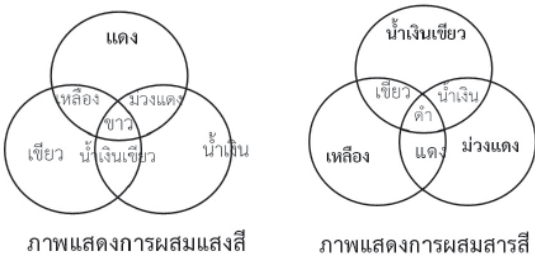
แม่สีของสารหรือสีปฐมภูมิของสาร มี 3 สี คือ สีม่วงแดง (Magenta) สีเหลือง (Yellow) และสีน้ำเงินเขียว (Cyan) เมื่อนำสีทั้งสามผสมกันจะเป็นสีดำ เพราะมีการดูดกลืนแสงทุกสีไว้ทั้งหมด และเมื่อเรานำสีปฐมภูมิใดๆสองสีมารวมกันจะเกิดสีใหม่ขึ้น เราเรียกสีที่เกิดขึ้นว่า สีทุติยภูมิ ได้แก่

$$\text{สารสีม่วงแดง (M)} + \text{สารสีน้ำเงินเขียว (C)} = \text{สารสีน้ำเงิน (B)}$$

$$\text{สารสีน้ำเงินเขียว (C)} + \text{สารสีเหลือง (Y)} = \text{สารสีเขียว (G)}$$

$$\text{สารสีม่วงแดง (M)} + \text{สารสีเหลือง (Y)} = \text{สารสีแดง (R)}$$

การผสมสีแบบนี้เราคุ้นเคยกันมาตั้งแต่เด็ก เช่นการผสมสีน้ำ หรือสีสิ่งพิมพ์ต่างๆ เป็นต้น ถ้าเราพิจารณาวงกลมการผสมทั้งแสงสีและสารสี ดังรูป



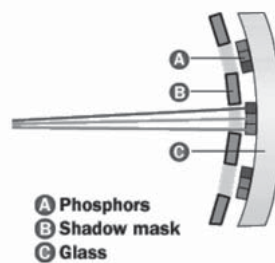
ภาพแสดงการผสมแสงสี

ภาพแสดงการผสมสารสี

จะพบว่า เมื่อนำแสงสีปฐมภูมิใดๆ มาผสมกันจะได้เป็นสีของสารสีปฐมภูมิ เช่น เมื่อนำแสงสีแดงรวมกับแสงสีเขียว

จะได้แสงสีเหลือง สีเหลืองนี้เป็นสีของสารสีปฐมภูมินั่นเอง และกลับกันถ้าเรานำสารสีปฐมภูมิคู่ใด ๆ มาผสมกันจะได้เป็นสีของแสงสีปฐมภูมิ เช่น เมื่อนำสารสีม่วงแดงรวมกับสารสีเหลืองจะได้สารสีแดง สีแดงนี้เป็นสีของแสงสีปฐมภูมินั่นเอง ที่นี้เราลองพิจารณาวงกลมการผสมของแสงสี จะพบว่า แสงสีปฐมภูมิสีแดงอยู่ตรงข้ามกับแสงสีทุติยภูมิน้ำเงินเขียว แสงสีปฐมภูมิสีเขียวอยู่ตรงข้ามกับแสงสีทุติยภูมิสีม่วงแดง และ แสงสีปฐมภูมิสีน้ำเงินอยู่ตรงข้ามกับแสงสีทุติยภูมิสีเหลือง เราเรียกคู่สีที่อยู่ตรงข้ามกันนี้ว่า สีเติมเต็ม (Complementary Color) ซึ่งการผสมสีเติมเต็มเข้าด้วยกันจะทำให้เกิดสีขาวในกรณีของแสงสี และสีดำในกรณีของสารสี หรือ เราอาจจะพูดได้ว่า การผสมสีเติมเต็มก็คือการผสมสีปฐมภูมิทั้งสามสีเข้าด้วยกันนั่นเอง

หลักการผสมของแสงสีเหล่านี้ได้นำไปใช้ในการผลิตโทรทัศน์ คอมพิวเตอร์ โทรศัพท์มือถือ เครื่องฉายดิจิทัล กล้อง คือ สีที่ปรากฏบนจอโทรทัศน์เกิดจากการผสมแสงสีต่าง ๆ ในสัดส่วนที่แตกต่างกันจึงสามารถให้แสงสีเฉดต่าง ๆ ได้เกือบทุกสี การแสดงสีบนหน้าจอโทรทัศน์อาศัยหลักการของการผสมสี 3 สี คือ แดง เขียว น้ำเงิน โดยสีทั้ง 3 เกิดขึ้นจากการยิงลำแสงอิเล็กตรอนที่เกิดจากการกระตุ้นก๊าซด้วยไฟฟ้าในหลอดสูญญากาศไปกระทบกับฉาบที่ ฉาบด้วยสารไวแสงประเภทฟอสฟอรัสที่มีทั้ง 3 สี (ตำแหน่ง A) และมี Shadow Mask (ตำแหน่ง B) ซึ่งเป็นโลหะที่มีรูเล็ก ๆ เพื่อช่วยกำหนดให้แสงอิเล็กตรอนนั้นยิงมาได้ถูกต้องและแม่นยำ ซึ่งในรูนี้จะมีสารประกอบของฟอสฟอรัสวางเรียงกันอยู่เป็น 3 จุด โดยแต่ละจุดจะเป็นสีของแม่สีนั้นก็คือ สีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน หากเมื่อจอภาพต้องการแสดงผลเป็นสีแดง ลำแสงอิเล็กตรอนสีแดงก็จะถูกยิงออกไปที่สารไวแสงสีแดง และเมื่อจอภาพต้องการแสดงผลเป็นสีขาว ลำแสงอิเล็กตรอนทั้งสามสีก็จะถูกยิงออกไปที่สารไวแสงทั้งสามสีพร้อม ๆ กันนั่นเอง



ภาพแสดงการแสดงผลที่ปรากฏบนจอโทรทัศน์
มาจาก : <http://static.howstuffworks.com/gif/tv-mask.gif>

นอกจากนั้นการผสมแสงสียังใช้ในการจัดไฟแสงสีในการแสดง การจัดฉากเวที ซึ่งการจัดแสงสามารถสร้างบรรยากาศหรืออารมณ์ได้เป็นอย่างดี โดยแต่ละสีก็มีผลต่ออารมณ์และบรรยากาศ เช่น สีแดงให้ความรู้สึกร้อน รุนแรง ทำทนาย

เราใจ มีพลัง ส่วนสีเขียว ให้ความรู้สึกสงบ เย็น ร่มรื่น ร่มเย็น เป็นต้น



Salley, N.J. (1996). Toward a phenomenography of light and vision. International Journal of Science Education 18(7) : 837- 846 pp.
William C. Robertson. (2003). Light : Stop Faking It! Finally Understanding Science So You Can Teach It. Arlington, VA : NSTA Press.