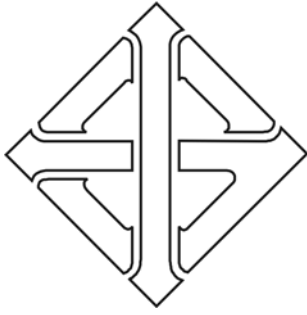




มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

THAI INDUSTRIAL STANDARD

มอก. 2519 – 2555

วิธีการวัดและระบุสมบัติสีที่ปรากฏของแหล่งกำเนิดแสง

**METHOD OF MEASURING AND SPECIFYING COLOUR RENDERING
PROPERTIES OF LIGHT SOURCES**

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

กระทรวงอุตสาหกรรม

ICS 17.180.20

ISBN 978-616-231-440-7

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
วิธีการวัดและระบุสมบัติที่ปรากฏของแหล่งกำเนิดแสง

มอก. 2519 – 2555

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
กระทรวงอุตสาหกรรม ถนนพระรามที่ 6 กรุงเทพฯ 10400
โทรศัพท์ 0 2202 3300

ประกาศในราชกิจจานุเบกษา ฉบับประกาศและงานทั่วไป เล่ม 130 ตอนพิเศษ 7ง
วันที่ 18 มกราคม พุทธศักราช 2556

คณะกรรมการวิชาการคณะที่ 212
มาตรฐานหลอดไฟลูออเรสเซนต์

ประธานกรรมการ

รศ.ไชยะ แซ่มซ้าย

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กรรมการ

นายโสภณ ศีลาพันธ์

สมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์

นายพงศ์พัฒน์ มั่งคั่ง

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน

นายปิยะรัตน์ ประมวลผล

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

นายรุจ เहरาบัตย์

การไฟฟ้านครหลวง

นายวิระพงษ์ กิตติพิทยกร

การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

นายสมชาติ จิตใหญ่

กรมโยธาธิการและผังเมือง

นายรัชชัย ชยวานิช

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

-

สำนักงานตำรวจแห่งชาติ

-

กรมการสื่อสารทหารอากาศ

นายมนต์นฤทธิ์ ธาราพงศ์สวัสดิ์

บริษัท ฟิลิปส์ อิเล็กทรอนิกส์ (ประเทศไทย) จำกัด

นายอุทัย ขาวเขียว

บริษัท บางกอกแลมป์ จำกัด

นายชาญณรงค์ เลิศบุรุษ

บริษัท เอเชียอุตสาหกรรมหลอดไฟ จำกัด

นางสาวอรุณี อันถาวรพงศ์

บริษัท ลีจีเจริญแสง จำกัด

นายบรรจง ชื่นยงค์

บริษัท ไทยโตชิบา ไลท์ติ้ง จำกัด

กรรมการและเลขานุการ

นายวศิน พิสุทธิพิทยา

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

เนื่องด้วยสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมได้กำหนดมาตรฐานประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าของผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมหลอดฟลูออเรสเซนต์หลอดอื่นๆ ขึ้น เพื่อใช้เป็นเกณฑ์กำหนดให้ผู้ทำ ผู้นำเข้า รวมทั้งผู้เกี่ยวข้องใช้เป็นแนวทางในการควบคุมประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าของผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมหลอดฟลูออเรสเซนต์หลอดอื่นๆ แต่เนื่องจากในมาตรฐานดังกล่าวยังมีการอ้างอิงมาตรฐานการทดสอบดัชนีสีที่ปรากฏทั่วไปซึ่งเป็นภาษาอังกฤษ ดังนั้น จึงได้กำหนดมาตรฐานอ้างอิงนี้ให้เป็นภาษาไทย

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้กำหนดขึ้นโดยรับ CIE 13.3 (1995) Method of measuring and specifying colour rendering properties of light sources มาใช้ในระดับดัดแปลง โดยมีรายละเอียดการแก้ไขปรับปรุงที่สำคัญดังต่อไปนี้

- ดัดบทนำ และภาคผนวกที่ 2. ออก
- ย้ายภาคผนวกที่ 1. ไปเป็นข้อ 3. บทนิยาม
- ดัดบรรณานุกรมออก

คณะกรรมการมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมได้พิจารณามาตรฐานนี้แล้ว เห็นสมควรเสนอรัฐมนตรีประกาศตาม มาตรา 15 แห่งพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. 2511



ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม

ฉบับที่ 4487 (พ.ศ. 2555)

ออกตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

พ.ศ. 2511

เรื่อง กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

วิธีการวัดและระบุสมบัติสีที่ปรากฏของแหล่งกำเนิดแสง

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา 15 แห่งพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. 2511 รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรมออกประกาศกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมวิธีการวัดและระบุสมบัติสีที่ปรากฏของแหล่งกำเนิดแสง มาตรฐานเลขที่ มอก.2519-2555 ไว้ ดังมีรายละเอียดต่อท้ายประกาศนี้

ทั้งนี้ ให้มีผลตั้งแต่วันที่ประกาศในราชกิจจานุเบกษา เป็นต้นไป

ประกาศ ณ วันที่ 1 ตุลาคม พ.ศ. 2555

พงษ์สวัสดิ์ สวัสดิวัตน์

รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรม

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

วิธีการวัดและระบุสมบัติสีที่ปรากฏของแหล่งกำเนิดแสง

1. วัตถุประสงค์

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้กำหนดเกี่ยวกับวิธีการวัดและการระบุสมบัติสีที่ปรากฏของแหล่งกำเนิดแสง โดยมีหลักการจากผลการเลื่อนตำแหน่งสีของวัตถุที่ทดสอบ โดยเรียกอย่างย่อว่า วิธีสีทดสอบ (test colour method) วิธีนี้ถือเป็นวิธีพื้นฐานสำหรับการประเมินสมบัติสีที่ปรากฏของแหล่งกำเนิดแสง และแนะนำให้ใช้สำหรับการทดสอบเฉพาะแบบของหลอด และการทดสอบหลอดแต่ละหลอด

2. ขอบข่าย

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ใช้กับแหล่งกำเนิดแสงที่มีจุดประสงค์ทั่วไป (เช่น หลอดไส้ทั้งสแตนด์ หลอดฟลูออเรสเซนต์หลอดตรง หลอดฟลูออเรสเซนต์หลอดดัด และหลอดปล่อยประจุก๊าซชนิดอื่นๆ ทั้งหมด ยกเว้นที่เป็นแหล่งกำเนิดของการแผ่รังสีเดียวอย่างเด่นชัด เช่น หลอดโซเดียมความดันต่ำ) วิธีนี้อาจปรับใช้กับแสงอาทิตย์จากการปรับปรุงได้ด้วย

3. บทนิยาม

3.1 สมบัติสีที่ปรากฏ (colour rendering properties)

สมบัติของแหล่งกำเนิดแสงที่มีต่อสีที่ปรากฏของวัตถุ เมื่อเทียบกับสีที่ปรากฏของวัตถุภายใต้ชุดส่องแสงอ้างอิงในภาวะที่กำหนด

3.2 ปริภูมิสีเกลสม้าเสมอ 1964 (1964 Uniform Space)

ปริภูมิสีเกลสม้าเสมอโดยประมาณประกอบด้วยแกน U^* แกน V^* และแกน W^* ตั้งฉากกัน โดยได้กำหนดปริมาณไว้ในสมการ (1)

$$\begin{aligned} W^* &= 25Y^{1/3} - 17 \\ U^* &= 13W^*(u - u_0) \\ V^* &= 13W^*(v - v_0) \end{aligned} \tag{1}$$

$$1 \leq Y \leq 100$$

u และ v คือ โคออร์ดิเนตบนแผนภาพ UCS 1960 (ดูแผนภาพ UCS 1960) และ u_0 และ v_0 คือค่าของตัวแปรสำหรับเลือกสีออร์แกนิก (achromatic colour)

หมายเหตุ ในระบบนี้ การวัด ΔE แทนปริมาณความแตกต่างสีระหว่างสีพิกัดที่หนึ่ง (U^*_1, V^*_1, W^*_1) กับสีพิกัดที่สอง (U^*_2, V^*_2, W^*_2) คือ

$$\Delta E = [(U^*_1 - U^*_2)^2 + (V^*_1 - V^*_2)^2 + (W^*_1 - W^*_2)^2]^{1/2}$$

3.3 แผนภาพ UCS 1960 (1960 UCS diagram)

การทำแผนภาพรงควัตถุเอกรูป (uniform chromaticity diagram) โดยประมาณ ทำโดยการเขียนในพิกัดมุมฉากระหว่าง u กับ v ที่ได้กำหนดปริมาณไว้ในสมการ (2)

$$u = 4x / (-2x + 12y + 3) = 4X / (X + 15Y + 3Z); \quad (2)$$

$$v = 6y / (-2x + 12y + 3) = 6Y / (X + 15Y + 3Z)$$

3.4 ส่วนกลับเมกะเคลวิน (MK^{-1}) (reciprocal megakelvin, MK^{-1})

ค่าศัพท์ที่ใช้อธิบายความแตกต่างอุณหภูมิสีสัมพัทธ์ มีค่า 10^6 เคลวิน⁻¹ (แทนที่คำว่า “ไมเรด” : ที่เลิกใช้แล้วและล้าสมัย)

หมายเหตุ ความแตกต่างที่เท่ากันตามตำแหน่งพลังค์ (Planckian locus) สมัยโดยประมาณกับความแตกต่างส่วนกลับเมกะเคลวินที่เท่ากัน

4. การประเมิน

การประเมินต้องประกอบด้วยดัชนีสีที่ปรากฏทั่วไป ซึ่งอาจเพิ่มด้วยดัชนีสีที่ปรากฏพิเศษอีกชุดหนึ่ง

ดัชนีสีที่ปรากฏพิเศษ ต้องใช้หลักการเปรียบเทียบทั่วไปของความยาวเวกเตอร์ที่แตกต่างกันของสีในปริภูมิสีเกลสม้าเสมอ 1964 และต้องทำตามวิธีในข้อ 5. และข้อ 6.

5. วิธีประเมิน

5.1 ทั่วไป

ในการใช้วิธีทดสอบ ให้คำนวณผลการเลื่อนตำแหน่งสีของสีทดสอบ (ดูข้อ 5.4) โดยหาค่าไตรสติมูลัส CIE 1931 ของสีทดสอบภายใต้แหล่งกำเนิดแสงที่ทดสอบและชุดส่องแสงอ้างอิง แล้วแปลงค่าไตรสติมูลัสเหล่านี้ให้เป็นค่าสีในโคออร์ดิเนตบนแผนภาพ UCS 1960*

ความแตกต่างระหว่างรงควัตถุของแหล่งกำเนิดแสงที่ทดสอบ และชุดส่องแสงอ้างอิงควรมีค่าเพียงเล็กน้อย เพื่อให้ผลการประมาณของการรับรู้รงควัตถุเป็นที่น่าสนใจ (ดูข้อ 5.3)

ดังนั้น ความแตกต่างของสีในตัวอย่างสีทดสอบ จะคำนวณในปริภูมิสีเกลสม้าเสมอ 1964

* แผนภาพ UCS 1960 และปริภูมิสีเกลสม้าเสมอ 1964 เป็นข้อแนะนำที่ถูกยกเลิกแล้วใน CIE 15.2-1986 แต่ยังคงไว้ในขณะนี้เพื่อการคำนวณดัชนีสีที่ปรากฏ และอุณหภูมิสีสัมพัทธ์

5.2 ชุดส่องแสงอ้างอิง (reference illuminate)

การประเมินสมบัติสีที่ปรากฏของแหล่งกำเนิดแสง ต้องอ้างอิงกับชุดส่องแสงอ้างอิงเสมอ ซึ่งอาจกำหนดในเชิงคณิตศาสตร์ โดยชุดส่องแสงอ้างอิงที่เลือกใช้ต้องมีรังสีกวาสีเหมือนหรือใกล้เคียงกับหลอดที่ทดสอบ

เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนในการเลือกชุดส่องแสงอ้างอิง ดูข้อ 5.3

ยกเว้นในกรณีที่ระบุไว้เป็นอย่างอื่น สำหรับแหล่งกำเนิดแสงที่ทดสอบที่มีค่าอุณหภูมิสีสัมพัทธ์ต่ำกว่า 5 000 เคลวิน ต้องใช้ชุดส่องแสงอ้างอิงเป็นตัวแผ่รังสีของพลังค์ (Planckian radiator) และสำหรับแหล่งกำเนิดแสงที่ทดสอบที่มีค่าอุณหภูมิสีสัมพัทธ์ตั้งแต่ 5 000 เคลวิน ต้องใช้การกระจายกำลังการแผ่รังสีเชิงสเปกตรัมชุดหนึ่งในอนุกรมของแสงอาทิตย์ตามช่วงเวลาต่างๆ

สำหรับกรณีพิเศษ อาจใช้ชุดส่องแสงมาตรฐานของ CIE หรือแหล่งกำเนิดแสงมาตรฐานที่ระบุอื่นๆ เป็นชุดส่องแสงอ้างอิง

ในทุกกรณี ต้องมีคำอธิบายอย่างสมบูรณ์ในรูปของค่าการกระจายกำลังการแผ่รังสีเชิงสเปกตรัมทุกช่วงความยาวคลื่นไม่เกิน 10 นาโนเมตร ของชุดส่องแสงอ้างอิงตลอดสเปกตรัมที่ตามองเห็น

5.3 เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนสำหรับชุดส่องแสงอ้างอิง

ถ้าเป็นไปได้ ให้ใช้ชุดส่องแสงอ้างอิงที่มีรังสีกวาสีเหมือนหรือใกล้เคียงกับแหล่งกำเนิดแสงที่จะทดสอบ โดยให้ความแตกต่างรังสีกวาสี (DC) มีค่าน้อยกว่า 5.4×10^{-3} เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนที่แนะนำให้ใช้คือขีดจำกัดของความแตกต่างรังสีกวาสีที่เป็นไปได้ในทางปฏิบัติ

ความแตกต่างรังสีกวาสีระหว่างหลอดที่ทดสอบ (u_k, v_k) กับชุดส่องแสงอ้างอิง (u_r, v_r) จะคำนวณได้จาก

$$DC = [(u_k - u_r)^2 + (v_k - v_r)^2]^{1/2} \quad (3)$$

เกณฑ์ความคลาดเคลื่อน $DC = 5.4 \times 10^{-3}$ สมนัยกับค่าประมาณ 15 MK^{-1} (ส่วนกลับเมกะเคลวิน) ตามแนวโลกซ์ของพลังค์ (Planckian locus)

หากความแตกต่างของรังสีกวาสีระหว่างหลอดที่ทดสอบกับชุดส่องแสงอ้างอิงมากกว่าเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน $DC = 5.4 \times 10^{-3}$ คาดได้ว่าผลที่ได้ของดัชนีสีที่ปรากฏอาจมีความแม่นยำลดลง ในทุกกรณีให้ระบุชุดส่องแสงอ้างอิงไว้ในวงเล็บท้ายค่าที่ได้จากการประเมิน [เช่น $R_a = 90(D65)$]

5.4 ตัวอย่างสีทดสอบ

ชุดตัวอย่างสีประกอบด้วยตัวอย่างสีทดสอบตามที่ระบุในตารางที่ 1 จำนวน 8 ชั้น ($T_i, i = 1$ ถึง 8)

โดยมีการระบุตัวประกอบความแรงรังสีเชิงสเปกตรัมตามตารางที่ 2 ตัวอย่างเหล่านี้ครอบคลุมวงกลมสี (hue circle) ที่มีความอิ่มตัวปานกลาง (moderate saturation) และมีความสว่างสี (lightness) เท่ากันโดยประมาณ

ข้อมูลสำหรับตัวอย่างสีทดสอบเพิ่มเติมตามตารางที่ 1 ($T_i, i = 9$ ถึง 14) เป็นตัวแทนสีแดงเข้ม สีเหลืองเข้ม สีเขียวเข้ม และสีน้ำเงินเข้ม ตัวแทนสีผิวมนุษย์และสีเขียวใบไม้ให้ไว้ในตารางที่ 3 ตัวอย่างเหล่านี้แปรเปลี่ยนในความสว่างสีและอิ่มตัวเป็นอย่างมาก

ตารางที่ 1 ตัวอย่างสีทดสอบ

(ข้อ 5.4)

ตัวอย่างสีทดสอบที่	รหัสสีมันแซลล์ (Munsell) โดยประมาณ	สีที่ปรากฏภายใต้แสงอาทิตย์
1	7.5 R 6/4	แดงอมเทาอ่อน
2	5 Y 6/4	เหลืองอมเทาเข้ม
3	5 GY 6/8	เขียวเหลืองเข้ม
4	2.5 G 6/6	เขียวอมเหลืองปานกลาง
5	10 BG 6/4	เขียวอมน้ำเงินอ่อน
6	5 PB 6/8	น้ำเงินอ่อน
7	2.5 P 6/8	ม่วงอ่อน
8	10 P 6/8	ม่วงอมแดงอ่อน
9	4.5 R 4/13	แดงเข้ม
10	5 Y 8/10	เหลืองเข้ม
11	4.5 G 5/8	เขียวเข้ม
12	3 PB 3/11	น้ำเงินเข้ม
13	5 YR 8/4	ชมพูอมเหลืองอ่อน (ผิวมนุษย์)
14	5 GY 4/4	เขียวมะกอกปานกลาง (เขียวใบไม้)

อาจใช้ตัวอย่างสีทดสอบเฉพาะอื่นๆ ($T_i, i > 14$) โดยต้องระบุข้อมูลตัวประกอบความแรงรังสีเชิงสเปกตรัมที่แม่นยำเสมอ

สำหรับการคำนวณดัชนีสีที่ปรากฏพิเศษที่แนะนำโดยวิธีการนี้ อาจใช้ข้อมูลเฉพาะของตัวอย่างสีทดสอบใดๆ ในขณะที่การคำนวณดัชนีสีที่ปรากฏทั่วไปแนะนำให้อยู่บนพื้นฐานข้อมูลของตัวอย่างสีทดสอบ 8 ตัวอย่างแรกในตารางที่ 1 เท่านั้น (ดูข้อ 6.3)

ในกรณีที่ต้องการตัวประกอบความแรงรังสีเชิงสเปกตรัมเป็นขั้นที่น้อยกว่าค่าที่ให้ไว้ในตารางที่ 2 และตารางที่ 3 ควรหาโดยใช้การประมาณค่าในช่วงแบบเชิงเส้น

5.5 การหาค่าไตรสติมัลส์ของซีไออี (CIE 1931) ของตัวอย่างสีทดสอบ

จากการวัดรังสีเชิงสเปกตรัมที่แม่นยำเหมาะสม (ดูข้อ 7.2 และข้อ 7.3) ของแหล่งกำเนิดแสงที่ทดสอบ รวมถึงข้อมูลตัวประกอบความแรงรังสีเชิงสเปกตรัมของตัวอย่างสีทดสอบตามที่ให้ไว้ในตารางที่ 2 และตารางที่ 3 ให้กำหนดค่าไตรสติมัลส์ของซีไออี (CIE 1931) ค่า X ค่า Y และค่า Z กำหนดโคออร์ดิเนต رنگภาวะของสี x และ y ตาม CIE 1931 ของตัวอย่างสีทดสอบและแหล่งกำเนิดแสงตามลำดับ ให้ระบุ رنگภาวะทั้งหมดทั้งที่มาจากการคำนวณและการวัดด้วยทศนิยม 4 ตำแหน่ง

5.6 การแปลงเป็นโคออร์ดิเนต UCS 1960

ต้องแปลงข้อมูล رنگภาวะจากค่า CIE 1931 (X, Y, Z, x, y) เป็นโคออร์ดิเนต (u, v) ตามแผนภาพ UCS 1960 โดยใช้สมการดังต่อไปนี้

$$u = 4X / (X + 15Y + 3Z) \quad (4ก)$$

$$v = 6Y / (X + 15Y + 3Z)$$

หรือ

$$u = 4x / (-2x + 12y + 3) \quad (4ข)$$

$$v = 6y / (-2x + 12y + 3)$$

5.7 การพิจารณาการเลื่อนตำแหน่งสีที่รับรู้ได้

เพื่อให้ได้มาซึ่งผลของการเลื่อนตำแหน่งสีที่รับรู้ได้ เนื่องจากภาวะที่แตกต่างกันของการรับรู้ رنگภาวะ ภายใต้หลอดที่ทดสอบ k กับภายใต้ชุดส่องแสงอ้างอิง r ต้องใช้สมการดังต่อไปนี้

$$u'_{k,i} = \frac{10.872 + 0.404 \frac{c_r}{c_k} c_{k,i} - 4 \frac{d_r}{d_k} d_{k,i}}{16.518 + 1.481 \frac{c_r}{c_k} c_{k,i} - \frac{d_r}{d_k} d_{k,i}} \quad (5)$$

$$v'_{k,i} = \frac{5.520}{16.518 + 1.481 \frac{c_r}{c_k} c_{k,i} - \frac{d_r}{d_k} d_{k,i}}$$

ค่า $u'_{k,i}$ และ $v'_{k,i}$ เป็นโคออร์ดิเนตตรงกลางของตัวอย่างสีทดสอบที่ i หลังจากที่ได้พิจารณาการเลื่อนตำแหน่งสีที่รับรู้ได้ มาจากการย้ายแหล่งกำเนิดแสงที่ทดสอบไปที่ชุดส่องแสงอ้างอิง นั่นคือ $u'_k = u_r, v'_k = v_r$ และไม่ควรปนกับพิกัด u', v' ตาม CIE 1976

ให้คำนวณฟังก์ชัน c และ d ที่ใช้ในสมการ (5) คำนวณได้จากแหล่งกำเนิดแสงที่ทดสอบ u_k, v_k (ที่ให้ค่า c_k, d_k) และตัวอย่างสีทดสอบที่ i ภายใต้แหล่งกำเนิดแสงที่ทดสอบ $u_{k,i}, v_{k,i}$ (ที่ให้ค่า $c_{k,i}, d_{k,i}$) ตามสมการดังต่อไปนี้

$$c = \frac{1}{v} (4 - u - 10v)$$

$$d = \frac{1}{v} (1.708v + 0.404 - 1.481u)$$

5.8 การแปลงเป็นโคออร์ดิเนตปริภูมิสีเกลสม้าเสมอ 1964

ให้แปลงข้อมูลตรงกลางเป็นโคออร์ดิเนตปริภูมิสีเกลสม้าเสมอ 1964 โดยใช้สมการดังต่อไปนี้

$$\begin{aligned} W^*_{r,i} &= 25(Y_{r,i})^{1/3} - 17 & W^*_{k,i} &= 25(Y_{k,i})^{1/3} - 17 \\ U^*_{r,i} &= 13W^*_{r,i}(u_{r,i} - u_r) & U^*_{k,i} &= 13W^*_{k,i}(u'_{k,i} - u'_k) \\ V^*_{r,i} &= 13W^*_{r,i}(v_{r,i} - v_r) & V^*_{k,i} &= 13W^*_{k,i}(v'_{k,i} - v'_k) \end{aligned} \quad (7)$$

ค่า $u'_k = u_r, v'_k = v_r$ คือโคออร์ดิเนตตรงกลางของแหล่งกำเนิดแสงที่ทดสอบ ภายหลังจากพิจารณาเรื่องการเลื่อนตำแหน่งสีที่รับรู้ได้แล้ว ต้องทำค่า $Y_{r,i}$ และ $Y_{k,i}$ ให้กลายเป็นค่าบรรทัดฐาน เพื่อให้ $Y_r = Y_k = 100$

5.9 การหาค่าผลลัพธ์การเลื่อนตำแหน่งสี

การคำนวณความแตกต่างระหว่างสหสัมพันธ์ของสีที่รับรู้ได้ของตัวอย่างสีทดสอบที่ i ที่ได้รับแสงจากแหล่งกำเนิดแสงที่ทดสอบ k และตัวอย่างสีทดสอบเดียวกันที่ได้รับแสงจากชุดส่องแสงอ้างอิง r ต้องใช้สมการความแตกต่างของ 1964 ดังนี้

$$\begin{aligned} \Delta E_i &= \sqrt{(U^*_{r,i} - U^*_{k,i})^2 + (V^*_{r,i} - V^*_{k,i})^2 + (W^*_{r,i} - W^*_{k,i})^2} \\ &= \sqrt{(\Delta U^*_i)^2 + (\Delta V^*_i)^2 + (\Delta W^*_i)^2} \end{aligned} \quad (8)$$

6. การคำนวณดัชนีสีที่ปรากฏ

6.1 การระบุดัชนีสีที่ปรากฏ

ดัชนีสีที่ปรากฏระบุด้วยตัวอักษร R สำหรับดัชนีสีที่ปรากฏพิเศษซึ่งหาได้จากข้อ 6.2 กำหนดให้ใช้สัญลักษณ์ R_i ($i = 1, 2, 3 \dots$ สอดคล้องกับหมายเลขของตัวอย่างสีทดสอบสีใดสีหนึ่งที่ศึกษา) สำหรับดัชนีสีที่ปรากฏทั่วไปซึ่งหาได้จากข้อ 6.3 ระบุด้วยสัญลักษณ์ R_a

6.2 การคำนวณดัชนีสีที่ปรากฏพิเศษ

ดัชนีสีที่ปรากฏพิเศษ R_i ที่มีพื้นฐานจากค่า ΔE_i ซึ่งได้มาจากสมการที่ (8) สำหรับตัวอย่างสีทดสอบสีใดสีหนึ่ง หาได้จากสมการต่อไปนี้

$$R_i = 100 - 4.6\Delta E_i \quad (9)$$

ให้ปิดเศษค่าที่ได้เป็นจำนวนเต็มทีที่ใกล้ที่สุด

ในกรณีที่ทศนิยมตำแหน่งที่หนึ่งเป็นเลข 5 และตำแหน่งที่สองเป็นเลข 0 ควรปิดเศษที่ได้ลงเป็นจำนวนเต็มถัดไป

6.3 การคำนวณดัชนีสีที่ปรากฏทั่วไป

ดัชนีสีที่ปรากฏทั่วไป R_a หาจากค่าเฉลี่ยเลขคณิตของดัชนีสีที่ปรากฏพิเศษ R_i สำหรับ CIE 1974 จำนวน 8 ค่า ของตัวอย่างสีทดสอบที่ 1 ถึง 8 ในตารางที่ 1

$$R_a = \frac{1}{8} \sum_{i=1}^8 R_i \quad (10)$$

7. ข้อสังเกตเชิงอธิบาย

7.1 ความหมายของดัชนีสีที่ปรากฏ

เพื่อที่จะอธิบายสมบัติสีที่ปรากฏของแหล่งกำเนิดแสงได้อย่างสมบูรณ์ จำเป็นต้องมีอนุกรมของสีที่ปรากฏพิเศษ และจากที่ได้ระบุไว้ในข้อ 4. ที่มาของดัชนีสีที่ปรากฏ (พิเศษ) มีพื้นฐานมาจากการเปรียบเทียบทั่วไปของความยาวเวกเตอร์ที่แตกต่างกันของสีในปริภูมิสีกลสม้าเสมอ 1964 ซึ่งก็คือปริมาณของการเลื่อนตำแหน่งสี เป็นที่รู้กันว่าทิศทางของการเลื่อนตำแหน่งสีมีความสำคัญแต่ไม่ได้รวมไว้ในดัชนีสีที่ปรากฏ

ค่าเฉลี่ยของดัชนีสำหรับตัวอย่างสีทดสอบที่ 1 ถึง 8 ตามตารางที่ 1 คือดัชนีสีที่ปรากฏทั่วไป (ดูข้อ 6.3) โดยทั่วไปวิธีนี้เป็นการระบุความเบี่ยงเบนของสีที่ปรากฏของหลอดที่ทดสอบเทียบกับชุดส่องแสงอ้างอิง

ดัชนีไม่ใช่ตัวเลขสัมบูรณ์ ตัวอย่างเช่น หลอดเดย์ไลท์ (daylight lamp) 6 500 เคลวิน และหลอดวอร์มไวต์ (warm white lamp) 3 000 เคลวิน ที่มีดัชนีสีที่ปรากฏทั่วไปเท่ากันซึ่งใกล้เคียง 100 จะแตกต่างกันประมาณ เท่ากับชุดส่องแสงอ้างอิงของแหล่งกำเนิดแสงนั้นๆ ในกรณีนี้คือแสงธรรมชาติกลางวัน (Daylight) D65 และตัวแผ่รังสีพลังค์ 3 000 เคลวิน ตามลำดับ ชุดส่องแสงอ้างอิงเหล่านี้เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับตนเองจะมีความแตกต่างของสีที่ปรากฏ และสิ่งนี้จำเป็นต้องนำไปใช้กับแหล่งกำเนิดแสงที่ทดสอบทั้งสอง ถึงแม้ว่าแหล่งกำเนิดแสงที่ทดสอบเหล่านี้จะมีดัชนีสีที่ปรากฏทั่วไปเหมือนกัน

7.2 ความไม่แน่นอนในการหาค่า R

จากประสบการณ์พบว่าดัชนีสีที่ปรากฏขึ้นอยู่กับทางเลือกชุดส่องแสงอ้างอิง ดังนั้นจึงขึ้นกับค่าของอุณหภูมิสีสัมพัทธ์ T_c ของชุดส่องแสงอ้างอิง ค่า R ที่มีการปรับแก้แล้วหาได้เมื่อ T_c มีค่าเท่ากับอุณหภูมิสีสัมพัทธ์ของหลอดที่ทดสอบ

จากประสบการณ์พบว่าความแตกต่างของการกระจายกำลังเชิงสเปกตรัม เนื่องจากวิธีวัดที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน (ดูข้อ 5.5) อาจทำให้เกิดความไม่แน่นอนของดัชนีสีที่ปรากฏทั่วไป R_a ประมาณ 1 ถึง 3 หน่วยของ R_a

ควรให้ความสนใจเป็นพิเศษกับความแม่นยำในการวัดการกระจายกำลังเชิงสเปกตรัมของแหล่งกำเนิดแสงที่ทดสอบ

พบว่าค่า R อาจได้รับอิทธิพลจากช่วงสเปกตรัมที่เป็นตัวแทนของสเปกตรัมที่ตามองเห็น (ตัวอย่างเช่น 400 ... 700 นาโนเมตร, 380 ... 830 นาโนเมตร) และอาจมาจากช่วงสเปกตรัมที่ใช้ในการคำนวณ

ช่วงสเปกตรัมขนาด 5 นาโนเมตร คือช่วงสเปกตรัมที่แนะนำให้ใช้ในการคำนวณ

หากมีข้อสงสัย แนะนำให้ใช้ช่วงสเปกตรัมที่เล็กลง ค่าตัวประกอบความแรงรังสีเชิงสเปกตรัมสำหรับตัวอย่างที่ทดสอบ (ดูตารางที่ 2 และตารางที่ 3) ให้ไว้จาก 360 นาโนเมตร ถึง 830 นาโนเมตร ที่ช่วงสเปกตรัมขั้นละ 5 นาโนเมตร พร้อมขอแนะนำให้ใช้การประมาณในช่วงแบบเชิงเส้นหากต้องการช่วงสเปกตรัมที่แคบลง (ดูข้อ 5.4)

7.3 ผลกระทบของภาวะทดสอบ

อาจเกิดความไม่แน่นอนขึ้นได้จากพฤติกรรมการทำงานของหลอด และจากการวัดเชิงเรขาคณิตของการวัดการกระจายกำลังเชิงสเปกตรัม (ตัวอย่างเช่น การวัดฟลักซ์การส่องสว่าง, ความเข้มการส่องสว่าง (luminous intensity), ความส่องสว่าง (luminance) หรือความสว่าง (illuminance)

ดัชนีแต่ละดัชนีใช้สำหรับชุดของภาวะซึ่งแหล่งกำเนิดทำงานเฉพาะ ความแตกต่างเกิดจากความแปรปรวนของภาวะทดสอบไม่ได้เป็นผลจากวิธีการทดสอบ การเลือกภาวะทดสอบควรขึ้นกับวัตถุประสงค์สุดท้าย

เพื่อวัตถุประสงค์ของการเปรียบเทียบ ควรระบุรูปแบบการเตรียมเชิงแสง (geometric-optical arrangement) ที่ใช้ในการวัดเช่นเดียวกับข้อมูลการทำงาน เช่น ลักษณะการวางหลอดขณะทำงาน พารามิเตอร์ทางไฟฟ้า เป็นต้น

7.4 ความแตกต่างที่เริ่มรับรู้ในรูปของ R

ประสบการณ์ที่ได้จากการปฏิบัติและความรู้เกี่ยวกับ ΔE (พื้นฐานของสเกลดัชนี) ในลักษณะที่เป็นตัวบ่งบอกหรือขีดเริ่มที่แสดงว่าความแตกต่างของค่า R_i ประมาณ 5 หน่วย จะสมนัยกับการรับรู้ความแตกต่างของสีด้วยสายตาภายใต้ภาวะที่ดีที่สุด หากว่าทิศทางการเลื่อนตำแหน่งสีแทบจะเหมือนกัน ไม่มีข้อจำกัดทั่วไปที่ให้ไว้สำหรับ R_u มาจากค่าเฉลี่ยของ R_i จำนวน 8 ค่า และถึงแม้ว่าแหล่งกำเนิดแสง 2 แหล่งนั้นจะมีค่า R_u เท่ากัน ก็อาจเป็นไปได้ที่มีความแตกต่างประมาณ 5 หน่วยหรือมากกว่าของ R_i จำนวน 1 ตัวหรือมากกว่า ดังนั้นสมบัติสีที่ปรากฏของแหล่งกำเนิดแสงต่อสีของวัตถุจะแตกต่างกัน เมื่อ R_u มีค่าเข้าใกล้ 100 ค่า R_i ไม่น่าจะเกิดความแปรปรวนมากพอที่จะส่งผลให้เห็นความแตกต่างของสีได้ชัดเจน แต่เมื่อ R_u มีค่าลดลงจาก 100 ดัชนีพิเศษที่สมนัยกับ R_i แสดงการกระจายตัวกว้างขึ้น

พึงระลึกว่า ถึงแม้ค่า R_i จะกำหนดความยาวของเวกเตอร์ความแตกต่างของสี แต่ไม่บอกเกี่ยวกับทิศทางของเวกเตอร์ (ดูข้อ 7.1) ดังนั้นหากค่า R_i ของตัวอย่างที่ให้มามีค่า 95 ภายใต้แหล่งกำเนิดแสง 2 แหล่ง ที่มี رنگภาวะเท่ากัน ก็ไม่ได้หมายความว่าตัวอย่างมีการปรากฏของสีเหมือนกันภายใต้แหล่งกำเนิดแสง 2 แหล่งนั้น หากทิศทางของเวกเตอร์ตรงข้ามกันพอดี จะมีความแตกต่างของสีที่สมนัยกันถึง 10 หน่วย ในสเกลดัชนีสีที่ปรากฏ

7.5 การสับเปลี่ยนกันไ้ระหว่างหลอดเมื่อพิจารณาจากสมบัติสีที่ปรากฏของหลอด

จากเหตุผลที่ให้ไว้ในข้อ 7.4 หลอด 2 หลอดที่มีค่า R_u เท่ากัน ไม่ได้ประกันสมบัติสีที่ปรากฏที่เหมือนกัน เพราะค่าเฉลี่ยดัชนีสีที่ปรากฏที่ต่างกันอาจให้ค่า R_u ที่เหมือนกัน และที่ค่าดัชนีสีที่ปรากฏพิเศษเดียวกัน อาจมาจากการเลื่อนตำแหน่งสีต่างทิศกันถึงแม้ว่าปริมาณการเลื่อนจะเท่ากัน ดังนั้นดัชนีสีที่ปรากฏทั่วไป R_u ไม่ได้รับประกันการสับเปลี่ยนกันได้อย่างสมบูรณ์ระหว่างหลอดแต่ละหลอด จากมุมมองของสมบัติสีที่ปรากฏ ถึงแม้ในกรณีที่มีการปรากฏสีของหลอดเหล่านี้จะเหมือนกันภายใต้ความคลาดเคลื่อนที่แน่นอน

เพื่อแก้ปัญหาคำข้งยากนี้ ให้ระบุดัชนีสีที่ปรากฏพิเศษชุดหนึ่งภายใต้เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนค่าหนึ่ง พร้อมระบุค่า رنگภาวะของแหล่งกำเนิดแสง เพื่อประกันการสับเปลี่ยนกันไ้ระหว่างหลอดเมื่อพิจารณาจากสมบัติสีที่ปรากฏ การประเมินการสับเปลี่ยนกันไ้จะดีขึ้นตามจำนวนของดัชนีสีที่ปรากฏพิเศษที่เพิ่มขึ้น และขนาดของเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับแคบลง หากต้องประกันการสับเปลี่ยนกันไ้ระหว่างหลอดเมื่อพิจารณาจากสมบัติสีที่ปรากฏของหลอดโดยใช้เพียงดัชนีเดียว เช่น R_u สามารถใช้การกระจายกำลังเชิงสเปกตรัมที่เป็นตัวแทนของหลอดที่ทดสอบเป็นชุดส่องแสงอ้างอิงประเมินเทียบกับหลอดที่ทดสอบ

ตารางที่ 2 ตัวประกอบความแรงรังสีเชิงสเปกตรัม $\beta_i(\lambda)$ ของตัวอย่างสีทดสอบที่ 1 ถึง 8 (TCS01 ถึง TCS08) ที่ใช้
ในการคำนวณดัชนีสีที่ปรากฏทั่วไป
(ข้อ 5.4 ข้อ 5.5 และข้อ 7.2)

ความยาวคลื่น nm	TCS01	TCS02	TCS03	TCS04	TCS05	TCS06	TCS07	TCS08
360	0.116	0.053	0.058	0.057	0.143	0.079	0.150	0.075
365	0.136	0.055	0.059	0.059	0.187	0.081	0.177	0.078
370	0.159	0.059	0.061	0.062	0.233	0.089	0.218	0.084
375	0.190	0.064	0.063	0.067	0.269	0.113	0.293	0.090
380	0.219	0.070	0.065	0.074	0.295	0.151	0.378	0.104
385	0.239	0.079	0.068	0.083	0.306	0.203	0.459	0.129
390	0.252	0.089	0.070	0.093	0.310	0.265	0.524	0.170
395	0.256	0.101	0.072	0.105	0.312	0.339	0.546	0.240
400	0.256	0.111	0.073	0.116	0.313	0.410	0.551	0.319
405	0.254	0.116	0.073	0.121	0.315	0.464	0.555	0.416
410	0.252	0.118	0.074	0.124	0.319	0.492	0.559	0.462
415	0.248	0.120	0.074	0.126	0.322	0.508	0.560	0.482
420	0.244	0.121	0.074	0.128	0.326	0.517	0.561	0.490
425	0.240	0.122	0.073	0.131	0.330	0.524	0.558	0.488
430	0.237	0.122	0.073	0.135	0.334	0.531	0.556	0.482
435	0.232	0.122	0.073	0.139	0.339	0.538	0.551	0.473
440	0.230	0.123	0.073	0.144	0.346	0.544	0.544	0.462
445	0.226	0.124	0.073	0.151	0.352	0.551	0.535	0.450
450	0.225	0.127	0.074	0.161	0.360	0.556	0.522	0.439
455	0.222	0.128	0.075	0.172	0.369	0.556	0.506	0.426
460	0.220	0.131	0.077	0.186	0.381	0.554	0.488	0.413
465	0.218	0.134	0.080	0.205	0.394	0.549	0.469	0.397

ตารางที่ 2 ตัวประกอบความแรงรังสีเชิงสเปกตรัม $\beta_i(\lambda)$ ของตัวอย่างสีทดสอบที่ 1 ถึง 8 (TCS01 ถึง TCS08) ที่ใช้
ในการคำนวณดัชนีสีที่ปรากฏทั่วไป (ต่อ)
(ข้อ 5.4 ข้อ 5.5 และข้อ 7.2)

ความยาวคลื่น nm	TCS01	TCS02	TCS03	TCS04	TCS05	TCS06	TCS07	TCS08
470	0.216	0.138	0.085	0.229	0.403	0.541	0.448	0.382
475	0.214	0.143	0.094	0.254	0.410	0.531	0.429	0.366
480	0.214	0.150	0.109	0.281	0.415	0.519	0.408	0.352
485	0.214	0.159	0.126	0.308	0.418	0.504	0.385	0.337
490	0.216	0.174	0.148	0.332	0.419	0.488	0.363	0.325
495	0.218	0.190	0.172	0.352	0.417	0.469	0.341	0.310
500	0.223	0.207	0.198	0.370	0.413	0.450	0.324	0.299
505	0.225	0.225	0.221	0.383	0.409	0.431	0.311	0.289
510	0.226	0.242	0.241	0.390	0.403	0.414	0.301	0.283
515	0.226	0.253	0.260	0.394	0.396	0.395	0.291	0.276
520	0.225	0.260	0.278	0.395	0.389	0.377	0.283	0.270
525	0.225	0.264	0.302	0.392	0.381	0.358	0.273	0.262
530	0.227	0.267	0.339	0.385	0.372	0.341	0.265	0.256
535	0.230	0.269	0.370	0.377	0.363	0.325	0.260	0.251
540	0.236	0.272	0.392	0.367	0.353	0.309	0.257	0.250
545	0.245	0.276	0.399	0.354	0.342	0.293	0.257	0.251
550	0.253	0.282	0.400	0.341	0.331	0.279	0.259	0.254
555	0.262	0.289	0.393	0.237	0.320	0.265	0.260	0.258
560	0.272	0.299	0.380	0.312	0.308	0.253	0.260	0.264
565	0.283	0.309	0.365	0.296	0.296	0.241	0.258	0.269
570	0.298	0.322	0.349	0.280	0.284	0.234	0.256	0.272
575	0.318	0.329	0.332	0.263	0.271	0.227	0.254	0.274

ตารางที่ 2 ตัวประกอบความแรงรังสีเชิงสเปกตรัม $\beta_i(\lambda)$ ของตัวอย่างสีทดสอบที่ 1 ถึง 8 (TCS01 ถึง TCS08) ที่ใช้
ในการคำนวณดัชนีสีที่ปรากฏทั่วไป (ต่อ)
(ข้อ 5.4 ข้อ 5.5 และข้อ 7.2)

ความยาวคลื่น nm	TCS01	TCS02	TCS03	TCS04	TCS05	TCS06	TCS07	TCS08
580	0.341	0.335	0.315	0.247	0.260	0.225	0.254	0.278
585	0.367	0.339	0.299	0.229	0.247	0.222	0.259	0.284
590	0.390	0.341	0.285	0.214	0.232	0.221	0.270	0.295
595	0.409	0.341	0.272	0.198	0.220	0.220	0.284	0.316
600	0.424	0.342	0.264	0.185	0.210	0.220	0.302	0.348
605	0.435	0.342	0.257	0.175	0.200	0.220	0.324	0.384
610	0.442	0.342	0.252	0.169	0.194	0.220	0.344	0.434
615	0.448	0.341	0.247	0.164	0.189	0.220	0.362	0.482
620	0.450	0.341	0.241	0.160	0.185	0.223	0.377	0.528
625	0.451	0.339	0.235	0.156	0.183	0.227	0.389	0.568
630	0.451	0.339	0.229	0.154	0.180	0.233	0.400	0.604
635	0.451	0.338	0.224	0.152	0.177	0.239	0.410	0.629
640	0.451	0.338	0.220	0.151	0.176	0.244	0.420	0.648
645	0.451	0.337	0.217	0.149	0.175	0.251	0.429	0.663
650	0.450	0.336	0.216	0.14	0.175	0.258	0.438	0.676
655	0.450	0.335	0.216	0.148	0.175	0.263	0.445	0.685
660	0.451	0.334	0.219	0.148	0.175	0.268	0.452	0.693
665	0.451	0.332	0.224	0.149	0.177	0.273	0.457	0.700
670	0.453	0.332	0.230	0.151	0.180	0.278	0.462	0.705
675	0.454	0.331	0.238	0.154	0.183	0.281	0.466	0.709
680	0.455	0.331	0.251	0.158	0.186	0.283	0.468	0.712
685	0.457	0.330	0.269	0.162	0.189	0.286	0.470	0.715

ตารางที่ 2 ตัวประกอบความแรงรังสีเชิงสเปกตรัม $\beta_i(\lambda)$ ของตัวอย่างสีทดสอบที่ 1 ถึง 8 (TCS01 ถึง TCS08) ที่ใช้
ในการคำนวณดัชนีสีที่ปรากฏทั่วไป (ต่อ)
(ข้อ 5.4 ข้อ 5.5 และข้อ 7.2)

ความยาวคลื่น nm	TCS01	TCS02	TCS03	TCS04	TCS05	TCS06	TCS07	TCS08
690	0.458	0.329	0.288	0.165	0.192	0.291	0.473	0.717
695	0.460	0.328	0.312	0.168	0.195	0.296	0.477	0.719
700	0.462	0.328	0.340	0.170	0.199	0.302	0.483	0.721
705	0.463	0.327	0.366	0.171	0.200	0.313	0.489	0.720
710	0.464	0.326	0.390	0.170	0.199	0.325	0.496	0.719
715	0.465	0.325	0.412	0.168	0.198	0.338	0.503	0.722
720	0.466	0.324	0.431	0.166	0.196	0.351	0.511	0.725
725	0.466	0.324	0.447	0.164	0.195	0.364	0.518	0.727
730	0.466	0.324	0.460	0.164	0.195	0.376	0.525	0.729
735	0.466	0.323	0.472	0.165	0.196	0.389	0.532	0.730
740	0.467	0.322	0.481	0.168	0.197	0.401	0.539	0.730
745	0.467	0.321	0.488	0.172	0.200	0.413	0.546	0.730
750	0.467	0.320	0.493	0.177	0.203	0.425	0.553	0.730
755	0.467	0.318	0.497	0.181	0.205	0.436	0.559	0.730
760	0.467	0.316	0.500	0.185	0.208	0.447	0.565	0.730
765	0.467	0.315	0.502	0.189	0.212	0.458	0.570	0.730
770	0.467	0.315	0.505	0.192	0.215	0.469	0.575	0.730
775	0.467	0.314	0.510	0.194	0.217	0.477	0.578	0.730
780	0.467	0.314	0.516	0.197	0.219	0.485	0.581	0.730
785	0.467	0.313	0.520	0.200	0.222	0.493	0.583	0.730
790	0.467	0.313	0.524	0.204	0.226	0.500	0.585	0.731
795	0.466	0.312	0.527	0.210	0.231	0.506	0.587	0.731

ตารางที่ 2 ตัวประกอบความแรงรังสีเชิงสเปกตรัม $\beta_i(\lambda)$ ของตัวอย่างสีทดสอบที่ 1 ถึง 8 (TCS01 ถึง TCS08) ที่ใช้
ในการคำนวณดัชนีสีที่ปรากฏทั่วไป (ต่อ)
(ข้อ 5.4 ข้อ 5.5 และข้อ 7.2)

ความยาวคลื่น nm	TCS01	TCS02	TCS03	TCS04	TCS05	TCS06	TCS07	TCS08
800	0.466	0.312	0.531	0.218	0.237	0.512	0.588	0.731
805	0.466	0.311	0.535	0.225	0.243	0.517	0.589	0.731
810	0.466	0.311	0.539	0.233	0.249	0.521	0.590	0.731
815	0.466	0.311	0.544	0.243	0.257	0.525	0.590	0.731
820	0.465	0.311	0.548	0.254	0.265	0.529	0.590	0.731
825	0.464	0.311	0.552	0.264	0.273	0.532	0.591	0.731
830	0.464	0.310	0.555	0.274	0.280	0.535	0.592	0.731

ตารางที่ 3 ตัวประกอบความแรงรังสีเชิงสเปกตรัม $\beta_i(\lambda)$ ของตัวอย่างสีทดสอบที่ 9 ถึง 14
(ข้อ 5.4 ข้อ 5.5 และข้อ 7.2)

ความยาวคลื่น nm	TCS09	TCS10	TCS11	TCS12	TCS13	TCS14
360	0.069	0.042	0.074	0.189	0.071	0.036
365	0.072	0.043	0.079	0.175	0.076	0.036
370	0.073	0.045	0.086	0.158	0.082	0.036
375	0.070	0.047	0.098	0.139	0.090	0.036
380	0.066	0.050	0.111	0.120	0.104	0.036
385	0.062	0.054	0.121	0.103	0.127	0.036
390	0.058	0.059	0.127	0.090	0.161	0.037
395	0.055	0.063	0.129	0.082	0.211	0.038
400	0.052	0.066	0.127	0.076	0.264	0.039
405	0.052	0.067	0.121	0.068	0.313	0.039
410	0.051	0.068	0.116	0.064	0.341	0.040
415	0.050	0.069	0.112	0.065	0.352	0.041
420	0.050	0.069	0.108	0.075	0.359	0.042
425	0.049	0.070	0.105	0.093	0.361	0.042
430	0.048	0.072	0.104	0.123	0.364	0.043
435	0.047	0.073	0.104	0.160	0.365	0.044
440	0.046	0.076	0.105	0.207	0.367	0.044
445	0.044	0.078	0.106	0.256	0.369	0.045
450	0.042	0.083	0.110	0.300	0.372	0.045
455	0.041	0.088	0.115	0.331	0.374	0.046
460	0.038	0.095	0.123	0.346	0.376	0.047
465	0.035	0.103	0.134	0.347	0.379	0.048
470	0.033	0.113	0.148	0.341	0.384	0.050

ตารางที่ 3 ตัวประกอบความแรงรังสีเชิงสเปกตรัม $\beta_i(\lambda)$ ของตัวอย่างสีทดสอบที่ 9 ถึง 14 (ต่อ)
(ข้อ 5.4 ข้อ 5.5 และข้อ 7.2)

ความยาวคลื่น nm	TCS09	TCS10	TCS11	TCS12	TCS13	TCS14
475	0.031	0.125	0.167	0.328	0.389	0.052
480	0.030	0.142	0.192	0.307	0.397	0.055
485	0.029	0.162	0.219	0.282	0.405	0.057
490	0.028	0.189	0.252	0.257	0.416	0.062
495	0.028	0.219	0.291	0.230	0.429	0.067
500	0.028	0.262	0.325	0.204	0.443	0.075
505	0.029	0.305	0.347	0.178	0.454	0.083
510	0.030	0.365	0.356	0.154	0.461	0.092
515	0.030	0.416	0.353	0.129	0.466	0.100
520	0.031	0.465	0.346	0.109	0.469	0.108
525	0.031	0.509	0.333	0.090	0.471	0.121
530	0.032	0.546	0.314	0.075	0.474	0.133
535	0.032	0.581	0.294	0.062	0.476	0.142
540	0.033	0.610	0.271	0.051	0.483	0.150
545	0.034	0.634	0.248	0.041	0.490	0.154
550	0.035	0.653	0.227	0.035	0.506	0.155
555	0.037	0.668	0.206	0.029	0.526	0.152
560	0.041	0.678	0.188	0.025	0.553	0.147
565	0.044	0.687	0.170	0.022	0.582	0.140
570	0.048	0.693	0.153	0.019	0.618	0.133
575	0.052	0.698	0.138	0.017	0.651	0.125
580	0.060	0.701	0.125	0.017	0.680	0.118
585	0.076	0.704	0.114	0.017	0.701	0.112

ตารางที่ 3 ตัวประกอบความแรงรังสีเชิงสเปกตรัม $\beta_i(\lambda)$ ของตัวอย่างสีทดสอบที่ 9 ถึง 14 (ต่อ)
(ข้อ 5.4 ข้อ 5.5 และข้อ 7.2)

ความยาวคลื่น nm	TCS09	TCS10	TCS11	TCS12	TCS13	TCS14
590	0.102	0.705	0.106	0.016	0.717	0.106
595	0.136	0.705	0.100	0.016	0.729	0.101
600	0.190	0.706	0.096	0.016	0.736	0.098
605	0.256	0.707	0.092	0.016	0.742	0.095
610	0.336	0.707	0.090	0.016	0.745	0.093
615	0.418	0.707	0.087	0.016	0.747	0.090
620	0.505	0.708	0.085	0.016	0.748	0.089
625	0.581	0.708	0.082	0.016	0.748	0.087
630	0.641	0.710	0.080	0.018	0.748	0.086
635	0.682	0.711	0.079	0.018	0.748	0.085
640	0.717	0.712	0.078	0.018	0.748	0.084
645	0.740	0.714	0.078	0.018	0.748	0.084
650	0.758	0.716	0.078	0.019	0.748	0.084
655	0.770	0.718	0.078	0.020	0.748	0.084
660	0.781	0.720	0.081	0.023	0.747	0.085
665	0.790	0.722	0.083	0.024	0.747	0.087
670	0.797	0.725	0.088	0.026	0.747	0.092
675	0.803	0.729	0.093	0.030	0.747	0.096
680	0.809	0.731	0.102	0.035	0.747	0.102
685	0.814	0.735	0.112	0.043	0.747	0.110
690	0.819	0.739	0.125	0.056	0.747	0.123
695	0.824	0.742	0.141	0.074	0.746	0.137
700	0.828	0.746	0.161	0.097	0.746	0.152

ตารางที่ 3 ตัวประกอบความแรงรังสีเชิงสเปกตรัม $\beta_i(\lambda)$ ของตัวอย่างสีทดสอบที่ 9 ถึง 14 (ต่อ)
(ข้อ 5.4 ข้อ 5.5 และข้อ 7.2)

ความยาวคลื่น nm	TCS09	TCS10	TCS11	TCS12	TCS13	TCS14
705	0.830	0.748	0.182	0.128	0.746	0.169
710	0.831	0.749	0.203	0.166	0.745	0.188
715	0.833	0.751	0.223	0.210	0.744	0.207
720	0.835	0.753	0.242	0.257	0.743	0.226
725	0.836	0.754	0.257	0.305	0.744	0.243
730	0.836	0.755	0.270	0.354	0.745	0.260
735	0.837	0.755	0.282	0.401	0.748	0.277
740	0.838	0.755	0.292	0.446	0.750	0.294
745	0.839	0.755	0.302	0.485	0.750	0.310
750	0.839	0.756	0.310	0.520	0.749	0.325
755	0.839	0.757	0.314	0.551	0.748	0.339
760	0.839	0.758	0.317	0.577	0.748	0.353
765	0.839	0.759	0.323	0.599	0.747	0.366
770	0.839	0.759	0.330	0.618	0.747	0.379
775	0.839	0.759	0.334	0.633	0.747	0.390
780	0.839	0.759	0.338	0.645	0.747	0.399
785	0.839	0.759	0.343	0.656	0.746	0.408
790	0.839	0.759	0.348	0.666	0.746	0.416
795	0.839	0.759	0.353	0.674	0.746	0.422
800	0.839	0.759	0.359	0.680	0.746	0.428
805	0.839	0.759	0.365	0.686	0.745	0.434
810	0.838	0.758	0.372	0.691	0.745	0.439
815	0.837	0.757	0.380	0.694	0.745	0.444

ตารางที่ 3 ตัวประกอบความแรงรังสีเชิงสเปกตรัม $\beta_i(\lambda)$ ของตัวอย่างสีทดสอบที่ 9 ถึง 14 (ต่อ)
(ข้อ 5.4 ข้อ 5.5 และข้อ 7.2)

ความยาวคลื่น nm	TCS09	TCS10	TCS11	TCS12	TCS13	TCS14
820	0.837	0.757	0.388	0.697	0.745	0.448
825	0.836	0.756	0.396	0.700	0.745	0.451
830	0.836	0.756	0.403	0.702	0.745	0.454