

เอกสารผลงานที่เสนอประเมิน

เพื่อแต่งตั้งให้ดำรงตำแหน่ง นักวิทยาศาสตร์ 8 ว.

การเปรียบเทียบผลการวัดการส่งผ่านของแสงสีขาจากเครื่องวัด 2 ชนิด

ของ

นายถกนัย ทองทิอัมพร

ตำแหน่งนักวิทยาศาสตร์ 7 ว.

กลุ่มฟิสิกส์และวิศวกรรมทั่วไป

กองฟิสิกส์และวิศวกรรม

กรมวิทยาศาสตร์

**เอกสารผลงานที่เสนอประเมิน**

**เพื่อแต่งตั้งให้ดำรงตำแหน่ง นักวิทยาศาสตร์ 8 ว.**

เลขหมู่	วศ กพ
	๑๑ 17
เลขทะเบียน	115๖1
วันที่	16 / ๕.๑. / 46

**การเปรียบเทียบผลการวัดการส่งผ่านของแสงสีขาจากเครื่องวัด 2 ชนิด**

ด้วยอภินันทนาการ จาก ..... .....
---

**ของ**

**นายถักนัย ทองทิอัมพร  
ตำแหน่งนักวิทยาศาสตร์ 7 ว.**

**กลุ่มฟิสิกส์และวิศวกรรมทั่วไป  
กองฟิสิกส์และวิศวกรรม  
กรมวิทยาศาสตร์**

**กรมวิทยาศาสตร์บริการ**

การเปรียบเทียบผลการวัดการส่งผ่านของแสงสีขาวยจากเครื่องวัด 2 ชนิด

นายภคณีย์ ทองทิพย์พร

กลุ่มฟิสิกส์ และ วิศวกรรมทั่วไป

กองฟิสิกส์ และ วิศวกรรม

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

พ.ศ. 2544

## บทคัดย่อ

เครื่องวัด Hazemeter ที่ใช้อยู่ในปัจจุบันเป็นเครื่องวัดหาค่าเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านของแสงสีขาว ซึ่งตัวอย่างที่ใช่วัดจะเป็นวัสดุโปร่งแสง ได้แก่ แผ่นฟิล์มกรองแสง และแผ่นพลาสติกเป็นส่วนใหญ่ และเครื่องวัด Spectrometer ที่ใช้ Integrating Sphere ที่ใช้อยู่จะใช้ทดสอบการวัดค่าของสีในการศึกษาทดลองนี้ได้้นำเครื่องวัด Hazemeter และเครื่องวัด Spectrometer ที่ใช้ Integrating Sphere และไม่ใช้ Integrating Sphere มาทำการวัดหาค่าเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านของแสงสีขาว จากจำนวนตัวอย่างทั้งหมด 17 ตัวอย่าง เป็นแผ่นฟิล์มกรองแสงชนิดเดียวกันแต่ต่างบริษัทกัน 12 ตัวอย่าง และแผ่นพลาสติกใสสีขาวชนิดเดียวกันแต่ต่างบริษัทกันที่มีความหนาเท่ากัน 5 ตัวอย่าง

เมื่อนำแผ่นฟิล์มกรองแสงทั้ง 12 ตัวอย่าง มาหาค่าเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านของแสงสีขาว จากทั้งเครื่องวัด Hazemeter และเครื่องวัด Spectrometer ที่ใช้ Integrating Sphere และไม่ใช้ Integrating Sphere ทั้งนี้เพื่อจะศึกษาว่าในการวัดหาค่าเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านของแสงสีขาว จากเครื่องวัด Spectrometer ทั้งที่ใช้ Integrating Sphere และไม่ใช้ Integrating Sphere นั้นจะใช้แทนกับเครื่องวัด Hazemeter ได้หรือไม่ โดยนำค่าเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านของแสงสีขาว ที่หาได้จากเครื่องวัด Hazemeter และเครื่องวัด Spectrometer ที่ใช้ Integrating Sphere มาทำการทดสอบทางสถิติด้วยวิธี “ทดสอบสมมติฐาน  $\mu_1 - \mu_2$  สำหรับข้อมูลคู่” ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 หรือ ช่วงความเชื่อมั่น 95 % พบว่า การใช้เครื่องวัด Spectrometer ที่ใช้ Integrating Sphere นั้นสามารถใช้แทนกันได้ แต่ไม่ได้หาค่าเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านของแสงสีขาว จากเครื่องวัด Spectrometer ที่ไม่ใช้ Integrating Sphere มาทดสอบทางสถิติ ทั้งนี้เพราะค่าเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านของแสงสีขาว จากเครื่องวัด Spectrometer ที่ใช้ Integrating Sphere มีค่าใกล้เคียงกับเครื่องวัด Hazemeter มากกว่าการวัดจากเครื่อง Spectrometer ที่ไม่ใช้ Integrating Sphere เนื่องจาก Integrating Sphere เป็นอุปกรณ์เสริมที่ช่วยในการร่วมแสงสีขาวที่ผ่านตัวอย่างมาได้ดี

เพื่อจะศึกษาต่อว่าการใช้เครื่องวัด Spectrometer ที่ใช้ Integrating Sphere กับเครื่องวัด Hazemeter ในการวัดหาค่าเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านของแสงสีขาว กับตัวอย่างแผ่นพลาสติกซึ่งหนา 2 มิลลิเมตร นั้นจะสามารถใช้แทนกันได้หรือไม่ โดยใช้วิธีการเดียวกับตัวอย่างแผ่นฟิล์มกรองแสง ซึ่งผลการศึกษาทดลองพบว่าไม่สามารถใช้แทนกันได้ ทั้งนี้เป็นผลมาจากในการหาค่าเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านของแสงสีขาวที่ใช้เครื่องวัด Spectrometer ที่ใช้ Integrating Sphere เป็นไปตามมาตรฐาน JIS A 5759-1998<sup>(2)</sup> ระบุว่าตัวอย่างเป็นแผ่นฟิล์มกรองแสงแต่ไม่ได้ระบุว่าแผ่นพลาสติก และอีกเหตุผลหนึ่งอาจเป็นเพราะแผ่นพลาสติกมีความหนามากเกินไปเมื่อเปรียบเทียบกับแผ่นฟิล์มกรองแสง จึงไม่เหมาะที่จะใช้วัดหาค่าเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านของแสงสีขาวกับเครื่องวัด Spectrometer ที่ใช้ Integrating Sphere

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
สารบัญตาราง	II
บทที่ 1      บทนำ	
1.1      ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2      วัตถุประสงค์	1
1.3      ระยะเวลาดำเนินการ	2
บทที่ 2      การส่งผ่านของแสง	
2.1      นิยามการส่งผ่านของแสง	4
บทที่ 3      วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการ	
3.1      ตัวอย่าง	6
3.2      วัสดุอุปกรณ์	6
3.3      วิธีดำเนินการ	7
บทที่ 4      ผลการทดลอง	
4.1      ผลการทดลอง	10
บทที่ 5      วิเคราะห์ผลและสรุปผลการทดลอง	
5.1      วิเคราะห์ผลการทดลอง	15
5.2      สรุป	17
กิตติกรรมประกาศ	18
เอกสารอ้างอิง	19
ภาคผนวก ก	20-54
ภาคผนวก ข	55
ภาคผนวก ค	56-59

## สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1 แสดงค่า %T ที่วัดจากเครื่อง Hazemeter และเครื่องวัด Spectrometer จากตัวอย่างแผ่นฟิล์มกรองแสง	12
ตารางที่ 2 แสดงค่า %T ที่วัดจากเครื่อง Hazemeter และเครื่องวัด Spectrometer จากตัวอย่างแผ่นพลาสติก	13

## บทที่ 1

### บทนำ

#### 1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันในการวัดเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านของแสงสีขาวในหน่วยงานทางความร้อน แสง และเสียง ของกองฟอสซิล และ วิศวกรรม จะใช้เครื่องวัด Hazemeter เป็นเครื่องวัดสำหรับวัสดุ โปร่งแสง เป็นไปตามมาตรฐาน ASTM D-1003-98<sup>(1)</sup> และเครื่องวัด Spectrometer ที่ใช้ อุปกรณ์เสริม คือ Integrating Sphere เป็นเครื่องวัดที่ใช้ในการวัดสี และยังอาจจะสามารถใช้วัดการส่งผ่านของแสงได้ด้วย โดยที่จะใช้ Interintegrating Sphere หรือไม่ใช่ก็ได้ ทั้งนี้เครื่องวัดทั้งสองจะต่างกันที่ เครื่องวัด Hazemeter นั้นจะให้ลำแสงออกมาเป็นแสงสีขาว จากหลอดทั้งสแตนด์ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐาน A คือมีการกระจายพลังงานใกล้เคียงกับหลอดไฟทั้งสแตนด์ มี color temperature ประมาณ 2848 K จุดโคออดิเนตที่  $X = 0.4476$  และ  $Y = 0.4075$  ส่วนเครื่องวัด Spectrometer นั้น จะให้แสงออกมาแต่ละความยาวคลื่น ซึ่งเมื่อทำการวัดค่าเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านของแสงสีขาว จะต้องกำหนดช่วงความยาวคลื่นตั้งแต่ 380-780 นาโนเมตร โดยมีช่วงห่างระหว่างคลื่น 10 นาโนเมตร ซึ่งการวัดนี้จะ เป็นไปตามมาตรฐาน JIS A 5759-1988<sup>(2)</sup> ปัญหาคือการใช้เครื่องวัด Spectrometer ทั้งที่ใช้ Integrating Sphere และ ไม่ใช่ Integrating Sphere ในการวัดค่าเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านของแสงสีขาว นั้นจะหาได้หรือไม่ และถ้าหาได้ เครื่องวัด Spectrometer ทั้งที่ใช้ Integrating Sphere และ ไม่ใช่ Integrating Sphere จะเป็นแบบไหนที่จะใช้แทนกันได้หรือไม่กับเครื่องวัด Hazemeter

#### 1.2 วัตถุประสงค์ในการวิจัย

จากที่ได้กล่าวมาแล้วว่า เครื่องวัด Hazemeter เป็นเครื่องวัดที่ใช้ในการวัดค่าเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านของแสงสีขาว กับเครื่องวัด Spectrometer ที่ใช้ Integrating Sphere เป็นเครื่องที่ใช้วัดค่าสี เมื่อนำเครื่องวัด Spectrometer ที่ใช้ Integrating Sphere และที่ไม่ใช่ Integrating Sphere มาใช้วัดค่าเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านของแสงสีขาว ต่างก็สามารถวัดค่าเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านของแสงสีขาว เพียงแต่คนละวิธีการเท่านั้น ดังนั้นเราจึงทำการศึกษาทดลองว่าเครื่องวัดทั้งสองนั้นจะสามารถใช้ทดแทนกันได้ หรือไม่ ทั้งนี้เพื่อที่จะก่อให้เกิดประโยชน์ดังนี้

1. ถ้าใช้แทนกันได้จะทำให้เราสามารถเลือกใช้เครื่องวัดอย่างใดอย่างหนึ่งแทนได้ กรณีที่มีการกำหนดให้ใช้ เครื่องวัด Spectrometer

- 2 เครื่องวัด Hazemeter เป็นเครื่องวัดที่ใช้ง่าย การเตรียมการใช้เครื่องง่ายกว่า และเวลาที่ใช้วัดเร็วกว่า ทำให้วัดจำนวนตัวอย่าง ได้มากกว่าเครื่อง Spectrometer
- 3 ถ้าเครื่องวัด Hazemeter นั้นเกิดเสียบจำเป็นต้องส่งซ่อมซึ่งจะต้องใช้เวลาในการแก้ไขนาน ก็สามารถที่จะใช้เครื่องวัด Spectrometer แทนได้ ถึงแม้ว่าเครื่องวัดนี้มีขั้นตอนในการทดสอบที่ยุ่งยากกว่าเครื่องวัด Hazemeter แต่ก็สามารถตอบสนองความต้องการของผู้ใช้บริการได้
4. แต่ถ้าใช้แทนกันไม่ได้จะทำให้สรุปได้ว่า เครื่องวัด Hazemeter และเครื่องวัด Spectrometer นั้นต่างก็สามารถวัดค่าเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านของแสงสีขาวได้ เพียงแต่อาจจะคนละวิธีกันเท่านั้น

### 1.3 ระยะเวลาดำเนินการ

การศึกษาทดลองครั้งนี้จะใช้ระยะเวลาในการดำเนินการทั้งสิ้น ประมาณ 5 เดือน ซึ่งเป็นผลมาจากการจัดเตรียมตัวอย่างการทดลองเก็บข้อมูล การคำนวณผลและการวิเคราะห์ผลตลอดจนสรุปผลออกมาได้



## บทที่ 2

### การส่งผ่านของแสง

แสงเป็น “พลังงาน” ที่สามารถทำให้ประสาทตาของคนปกติเกิดความรู้สึกในการมองเห็น และสามารถเปลี่ยนรูปกับพลังงานรูปอื่นได้ อีกทั้งแสงยังเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่แสดงสมบัติของอนุภาคได้ ซึ่งคลื่นที่สั้นที่สุดที่สามารถทำให้ตามองเห็นได้คือคลื่นสีม่วง ที่มีความยาวคลื่นประมาณ  $3.8 \times 10^{-7}$  เมตร ส่วนคลื่นที่ยาวที่สุดที่ตามองเห็นได้ คือคลื่นสีแดง ที่มีความยาวคลื่นประมาณ  $7.8 \times 10^{-7}$  เมตร ช่วงของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าซึ่งอยู่ในขอบเขตที่กล่าวมานี้ เรียกว่า แสงสีขาหรือแสงที่ตามองเห็น

พลังงานแสงที่กระจายออกจากแหล่งกำเนิดแสงอาจกล่าวได้ว่ากระจายออกเป็นลำอนุภาค หรือ โฟตอนส์ เป็นคลื่นที่เคลื่อนที่ได้ ในสภาวะปกติธรรมดาคลื่นแสงจะเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงไม่เลี้ยวเบนรอบวัตถุ ดังนั้นจะเห็นได้จากการเกิดเงามืดสนิทหลังวัตถุเมื่อมีแสงจากแหล่งกำเนิดแสงที่เป็นจุดตกกระทบบนวัตถุนั้น เนื่องจากแสงเป็นคลื่นดังนั้นการเคลื่อนที่ของแสงอาจแทนได้ด้วยรังสี การที่เรามองเห็นวัตถุทุกชนิดได้ เพราะมีแสงสะท้อนจากวัตถุนั้นมาเข้าตาเรา ผิวของวัตถุต่างๆ ไปมักจะหยาบค้ำไม่มัน ดังนั้นแสงที่สะท้อนจากวัตถุพวกนี้จะกระจายไปทุกทิศทุกทางไม่เป็นระเบียบ (Diffuse reflection) และถ้าวัตถุบางชนิดที่มีผิวเรียบมันเป็นเง เช่นผิวของโลหะขัดมัน หรือผิวของกระจกเงาระนาบ จะกระจายแสงสะท้อนออกมาเป็นระเบียบ (Specular reflection) และอาจมีวัตถุบางอย่างเช่น กระจกอำครูปขัดมัน ซึ่งมีผิวมันจะมีสมบัติในการสะท้อนแสงที่กระจายไม่เป็นระเบียบกับการสะท้อนแสงที่เป็นระเบียบรวมกัน

แต่สำหรับวัตถุที่เป็นวัตถุโปร่งแสง อย่างเช่นแผ่นฟิล์มกรองแสง หรือแผ่นพลาสติกใสสีขาว เมื่อมีแสงจากแหล่งกำเนิดแสงมาตกกระทบ จะมีปริมาณแสงส่วนหนึ่งที่ทะลุผ่านวัตถุแผ่นฟิล์มกรองแสงหรือแผ่นพลาสติกใสสีขาวออกไป ซึ่งปริมาณแสงที่ผ่านทะลุออกไปจะพบว่ามันที่ผ่านออกไปทุกทิศทุกทางไม่เป็นระเบียบ (Diffuse transmission) และแสงที่ทะลุออกไปอย่างเป็นระเบียบ (Regular transmission)

สำหรับแหล่งกำเนิดแสงที่เกิดจากหลอดไฟทั้งสแตตามมาตรฐาน A เป็นแหล่งกำเนิดแสงที่ได้จากหลอดทังสแตน ที่เมื่อผ่านกระแสเข้าไปแล้วจะทำให้หลอดนี้ร้อนขึ้นและจะให้แสงออกมา โดยแสงที่ออกมาจะมีการกระจายแสงอย่างต่อเนื่องตลอดความยาวคลื่นตั้งแต่ 380 – 780 นาโนเมตร แสงที่ได้จากหลอดไฟประเภทนี้จะเป็นแสงสีเหลือง มี color temperature ประมาณ 2848 K จุด โคออดิเนต ที่  $X = 0.4476$  และ  $Y = 0.4075$

## 2.1 นิยามของการส่งผ่านของแสง

การส่งผ่านของแสง คือ อัตราส่วนของปริมาณทั้งหมดของแสงที่ผ่านวัตถุ ต่อปริมาณแสงทั้งหมดที่ตกกระทบ

สำหรับเครื่องวัด Hazemeter จะวัดค่าเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านของแสงสีขาว จากสูตร

$$\% T = \frac{T_2}{T_1} \times 100 \quad (1)$$

เมื่อ  $T_2$  เป็นปริมาณแสงทั้งหมดที่ผ่านตัวอย่างมาแล้ว

$T_1$  เป็นปริมาณแสงทั้งหมดที่ตกกระทบ

$\% T$  เป็นเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านของแสงสีขาว

สำหรับเครื่องวัด Spectrometer ในการวัดค่าเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านของแสงสีขาวคำนวณได้จากสูตร

$$\% T = \frac{\sum_{380}^{780} D_2 \tau(\lambda) V_\lambda \Delta \lambda}{\sum_{380}^{780} D_1 V_\lambda \Delta \lambda} \quad (2)$$

- ซึ่ง  $\% T$  เป็นค่าเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านของแสงสีขาว  
 $D_\lambda$  เป็นค่าการกระจายของพลังงานของแสง  
 $F_\lambda$  เป็นค่าตัวประกอบของแสงมาตรฐาน A  
 $n(\lambda)$  เป็นค่าการส่งผ่านของแสงแต่ละความยาวคลื่น (จะมีทั้งหมด 41 จุด)  
 $D_i F_i \Delta \lambda$  เป็นค่า Weight coefficient ดังแสดงค่าในตารางที่ ก-1

### บทที่ 3

## วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการ

### 3.1 ตัวอย่าง

ตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาทดลองจะเป็นแผ่นฟิล์มกรองแสงสีชาชนิดเดียวกันแต่ต่างบริษัทกัน และมีความหนาเท่ากันคือ 0.074 มิลลิเมตร ความเข้มของชั้นฟิล์มจะไม่เท่ากัน จำนวน 12 ตัวอย่าง และแผ่นพลาสติกชนิดเดียวกันแต่ต่างบริษัทกันหนา 2 มิลลิเมตรตัดให้ชิ้นตัวอย่างเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัสมีขนาด 4.0 X 4.0 เซนติเมตร จำนวน 5 ตัวอย่าง ที่จะนำไปหาค่าเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านของแสงสีขาว จากเครื่องวัด Hazemeter และเครื่องวัด Spectrometer ทั้งที่ใช้ Integrating Sphere และ ไม่ใช้ Integrating Sphere

### 3.2 วัสดุอุปกรณ์

เครื่องวัด Hazemeter เป็นเครื่องที่ใช้วัดหาค่าเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านของแสงสีขาว ซึ่งใช้แหล่งกำเนิดแสงจากหลอดไฟทั้งสแตนด์ตามมาตรฐาน A และเป็นไปตามมาตรฐาน ASTM D - 1003<sup>(1)</sup> เป็นเครื่องที่ใช้งานง่าย เวลาที่ใช้ในการวัดแต่ละตัวอย่างน้อย

หลักการทำงานของเครื่อง Hazemeter เมื่อเปิดเครื่องแล้วหลอดไฟทั้งสแตนด์ตามมาตรฐาน A จะให้แสงสีขาว แสงนี้จะส่งผ่านเข้าไปใน Integrating Sphere ทางเข้าที่เป็นรูวงกลมบนผิว Integrating Sphere ( และเป็นตำแหน่งที่สำหรับวางตัวอย่างด้วย ) ที่อยู่ภายในเครื่อง แสงที่ผ่านเข้าไปใน Integrating Sphere จะสะท้อนไปรวมกันและตกไปยังที่วัดวัดความเข้มแสงที่แสงค่าบนจอเครื่อง และก่อนที่จะนำตัวอย่างเข้าเครื่องวัด จะต้องปรับความเข้มแสงให้มีค่าเป็น 100 % เสียก่อนทั้งนี้เพื่อว่าเมื่อใส่ตัวอย่างลงไปแล้ว แสงที่ผ่านตัวอย่างเข้าไปใน Integrating Sphere และสะท้อนไปรวมกันและตกไปยังที่วัดวัดความเข้มแสง ค่าที่แสดงบนจอเครื่องจะเป็นค่าเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านของแสงสีขาวของตัวอย่างได้เลย

สำหรับเครื่องวัด Spectrometer ที่ใช้ในการวัดหาค่าเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านของแสงสีขาวจะสามารถใช้วัดได้โดยการใช้ทั้ง Integrating Sphere และ ไม่ใช้ Integrating Sphere ซึ่งในการวิเคราะห์ทดสอบนี้จะใช้ทั้ง Integrating Sphere และ ไม่ใช้ Integrating Sphere กับเครื่องวัด Spectrometer ซึ่ง Integrating Sphere เป็นอุปกรณ์เสริมที่มีลักษณะเป็นทรงกลมภายในจะเคลือบด้วย

สาร  $\text{BaSO}_4$  ที่มีคุณสมบัติในการสะท้อนแสง ได้ดีถึง 97 %<sup>(3)</sup> เมื่อแสงผ่านเข้าไปใน Integrating Sphere แสงจะสะท้อนเข้าไปที่ตัววัดค่า และเป็นไปตามมาตรฐาน JIS A 5759 1998<sup>(2)</sup>

สำหรับหลักการทำงานของเครื่อง Spectrometer ที่ใช้ Integrating Sphere เมื่อเปิดให้เครื่องทำงาน จะให้แสงออกมาจากหลอดไฟทั้งสแตนเป็นแบบ double beam คือมีลำแสงถูกแยกออกเป็นสองทาง ทางหนึ่งผ่านตัวอย่างเข้าไปใน Integrating Sphere และอีกทางหนึ่งใช้เป็นแสงอ้างอิง จากนั้นแสงที่ผ่านตัวอย่างเข้าไปใน Integrating Sphere จะผ่านไปยังตัววัดความเข้มแสง ซึ่งจะได้ค่าเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านของแสง ที่ความยาวช่วงคลื่นที่กำหนดไว้ในตอนแรก ในที่นี้เราจะต้องกำหนดช่วงความยาวคลื่นตั้งแต่ 380 – 780 นาโนเมตร โดยให้ช่วงคลื่นแต่ละจุดห่างกัน 10 นาโนเมตร เสียก่อน

สำหรับหลักการทำงานของเครื่อง Spectrometer ที่ไม่ใช่ Integrating Sphere นั้นหลักการทำงานจะเหมือนกับที่ใช้ Integrating Sphere เพียงเอา Integrating Sphere ออกแล้วติดตั้งแทนวางตัวอย่างใหม่ลงไปเมื่อเปิดให้เครื่องทำงาน จะให้แสงออกมาจากหลอดไฟทั้งสแตนเป็นแบบ double beam คือมีลำแสงถูกแยกออกเป็นสองทาง ทางหนึ่งผ่านตัวอย่าง และอีกทางหนึ่งใช้เป็นแสงอ้างอิง จากนั้นแสงที่ผ่านตัวอย่าง จะผ่านไปยังตัววัดความเข้มแสง ซึ่งจะได้ค่าเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านของแสง ที่ความยาวช่วงคลื่นที่กำหนดไว้ในตอนแรก ในที่นี้เราจะต้องกำหนดช่วงความยาวคลื่นตั้งแต่ 380 – 780 นาโนเมตร โดยให้ช่วงคลื่นแต่ละจุดห่างกัน 10 นาโนเมตร เสียก่อนเหมือนกัน

### 3.3 วิธีดำเนินการ

ในการทดสอบตัวอย่างแผ่นฟิล์มกรองแสง เพื่อหาค่าเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านของแสงสีขาวยุติจะเริ่มนำแผ่นฟิล์มกรองแสง 12 ตัวอย่าง ไปหาค่าเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านของแสงสีขาวยุติจากเครื่องวัด Hazemeter และเครื่องวัด Spectrometer ทั้งที่ใช้ Integrating Sphere และที่ไม่ใช่ Integrating Sphere

สำหรับเครื่องวัด Hazemeter นั้นหลังจากเปิดเครื่องแล้ว แสงจากหลอดไฟทั้งสแตนตามมาตรฐาน A ซึ่งจะให้แสงสีขาว จะผ่านเข้าไปใน Integrating Sphere และรอให้เครื่องทำงานอยู่ในสภาวะที่คงที่ก่อน ในขณะที่เดียวกันที่จอบนเครื่องจะอ่านค่าความเข้มแสงออกมา จากนั้นจะทำการปรับค่าความเข้มแสงที่อ่านได้ให้เป็น 100 % ทั้งนี้จะต้องไม่มีตัวอย่างแผ่นฟิล์มกรองแสงอยู่ ขั้นตอนต่อไปให้นำตัวอย่างแผ่นฟิล์มกรองแสง แต่ละตัวอย่างที่จะหาค่าเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านของแสงสีขาว วางไว้

บนช่องรูกลมที่แสงผ่านเข้าไปใน Integrating Sphere จากนั้นตัวเลขที่แสดงบนจอเครื่องอ่าน ได้เท่าไร จะเป็นค่าเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านของแสงสีขาว เมื่อนำตัวอย่างแผ่นฟิล์มกรองแสงทั้ง 12 ตัวอย่างไปวัด จะได้ค่าเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านของแสงสีขาว ออกมาทั้ง 12 ค่า

สำหรับการวัดค่าเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านของแสงสีขาวจากเครื่องวัด Spectrometer ซึ่งจะใช้ Integrating Sphere จะทำตามมาตรฐาน JIS A 5759-1998<sup>(2)</sup> ซึ่งต้องกำหนดช่วงความยาวคลื่นตั้งแต่ 380 – 780 นาโนเมตร โดยให้ช่วงคลื่นแต่ละคลื่นห่างกัน 10 นาโนเมตร คือความช่วงยาวคลื่นแรกจะเป็น 380 นาโนเมตร ช่วงความยาวคลื่นที่สองเป็น 390 นาโนเมตร และช่วงความยาวคลื่นที่สามเป็น 400 นาโนเมตร ซึ่งจะต้องกำหนดช่วงความยาวคลื่นให้กับเครื่องจนถึงที่ความยาวคลื่น 780 นาโนเมตร ทำให้มีความยาวคลื่นทั้งหมด 41 ความยาวคลื่น (หรือ 41 จุด) เมื่อกำหนดให้ความยาวคลื่นแต่ละความยาวคลื่นให้กับเครื่องแล้ว ทำให้เครื่องทำงานซึ่งขณะนี้เครื่องจะจดจำค่าค่าเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านของแสงของแต่ละความยาวคลื่นไว้ จากนั้นนำตัวอย่างแผ่นฟิล์มกรองแสงของแต่ละตัวอย่าง ไปวางไว้บนช่องรูกลมที่แสงผ่านเข้าไปใน Integrating Sphere และทำให้เครื่องทำงาน ถึงขั้นตอนนี้เครื่องจะทำการวัดค่าเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านของแสงของแต่ละความยาวคลื่นออกมา ซึ่งจะมีทั้งหมด 41 ค่าด้วยกัน จากนั้นนำค่าเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านของแสงทั้งหมด 41 ค่าของแต่ละตัวอย่าง ไปคำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านของแสงสีขาว จากสูตรที่แสดงไว้ในสมการที่ 2 หน้า 4 โดยจะทำแบบเดียวกันนี้ 12 ตัวอย่างแผ่นฟิล์มกรองแสง ซึ่งจะได้ออกมาทั้งหมด 12 ค่า จาก 12 ตัวอย่างของแผ่นฟิล์มกรองแสง และการวัดค่าเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านของแสงสีขาว จากเครื่องวัด Spectrometer ที่ไม่ใช้ Integrating Sphere โดยจะนำแทนวางตัวอย่าง ไปวางแทนที่ Integrating Sphere และดำเนินขั้นตอนแบบเดียวกันกับการใช้เครื่องวัด Spectrometer ที่ใช้ Integrating Sphere ซึ่งจะต้องกำหนดช่วงความยาวคลื่นตั้งแต่ 380 – 780 นาโนเมตร และให้ช่วงความยาวแต่ละคลื่นห่างกัน 10 นาโนเมตร โดยจะได้ความยาวคลื่นทั้งหมด 41 ความยาวคลื่น (หรือ 41 จุด) เมื่อกำหนดให้ความยาวคลื่นแต่ละความยาวคลื่นกับเครื่อง Spectrometer แล้ว ทำให้เครื่องทำงานซึ่งขณะนี้เครื่องจะจดจำค่าค่าเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านของแสงของแต่ละความยาวคลื่นไว้ จากนั้นนำตัวอย่างแผ่นฟิล์มกรองแสงไปวางไว้บนแทน และสั่งให้เครื่องทำงานต่อ เครื่องจะแสดงค่าเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านของแสงแต่ละความยาวคลื่นที่กำหนดไว้ให้ออกมา ซึ่งจะมีทั้งหมด 41 ค่าด้วยกัน จากนั้นนำค่าเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านของแสง ไปคำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านของแสงสีขาว จาก สูตรที่แสดงไว้ในสมการที่ 2 หน้า 4 โดยจะทำแบบเดียวกันนี้ ทั้ง 12 ตัวอย่างแผ่นฟิล์มกรองแสง จะได้ค่าเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านของแสงสีขาว ออกมา 12 ค่า

ขั้นตอนต่อไปคือพิจารณาค่าเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านของแสงสีขาวย จากเครื่องวัด Hazemeter กับเครื่องวัด Spectrometer ที่ใช้ Integrating Sphere และค่าเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านของแสงสีขาวย จากเครื่องวัด Hazemeter กับเครื่องวัด Spectrometer ที่ไม่ใช้ Integrating Sphere โดยนำค่าเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านของแสงสีขาวย จากเครื่องวัด Hazemeter กับเครื่องวัด Spectrometer ที่ใช้ Integrating Sphere มาหาผลต่างแล้วนำค่านี้ไปทำการทดสอบ โดยใช้หลักทางสถิติด้วยวิธี “ ทดสอบสมมติฐาน  $\mu_1 - \mu_2$  สำหรับข้อมูลคู่ ” <sup>(4)</sup> โดยใช้ระดับนัยสำคัญ 0.05 หรือช่วงความเชื่อมั่น 95 % เพื่อที่จะพิจารณาว่าเครื่องวัด Hazemeter กับเครื่องวัด Spectrometer ที่ใช้ Integrating Sphere นั้น ใช้แทนกันได้หรือไม่

ในหลักการเดียวกันกับค่าเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านของแสงสีขาวยจากเครื่องวัด Hazemeter กับเครื่องวัด Spectrometer ที่ไม่ใช้ Integrating Sphere ได้ผลต่าง แล้วนำผลต่างนี้ไปทำการเปรียบเทียบกับผลต่างของค่าเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านของแสงสีขาวย ที่ได้จากเครื่องวัด Hazemeter กับเครื่องวัด Spectrometer ที่ใช้ Integrating Sphere ถ้าพบว่ามีค่าผลต่างนี้มากกว่าผลต่างที่ได้จากเครื่องวัด Hazemeter กับเครื่องวัด Spectrometer ที่ใช้ Integrating Sphere เราจะ ไม่ทำการทดสอบทางสถิติ ว่าเครื่องวัด Hazemeter กับเครื่องวัด Spectrometer ที่ไม่ใช้ Integrating Sphere ใช้ทดแทนกันได้หรือไม่

ในการทำงานเดียวกันกับตัวอย่างที่เป็นแผ่นพลาสติกที่เป็นชนิดเดียวกันแต่ต่างกันที่บริษัท ทั้งหมด 5 ตัวอย่าง มาคำนวณตามขั้นตอนแบบเดียวกันกับแผ่นฟิล์มกรองแสง

## บทที่ 4

### ผลการทดลอง

#### 4.1 ผลการทดลอง

แผ่นฟิล์มกรองแสงทั้ง 12 ตัวอย่าง เมื่อนำมาหาค่าเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านของแสงสีขาว จากเครื่องวัด Hazemeter ดังแสดงไว้ในตารางที่ 1 หน้า 12

สำหรับเครื่องวัด Spectrometer ที่ใช้ Integrating Sphere และที่ไม่ใช้ Integrating Sphere ทำการวัดค่าเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านของแสง ของแต่ละความยาวคลื่นตั้งแต่ 380 – 780 นาโนเมตร ที่คลื่นแต่ละค่าห่างกัน 10 นาโนเมตร นั้น เครื่องได้หาออกมา ดังแสดงไว้ในตารางที่ ก2 – ก25 ในภาคผนวก ก และทำการหาค่าเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านของแสงสีขาว ทั้ง 12 ตัวอย่าง นั้นได้แสดงไว้ในตารางที่ 1 หน้า 12 พร้อมกับแสดงวิธีการคำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านของแสงสีขาวไว้ในภาคผนวก ข

ในตารางที่ 1 หน้า 12 ได้แสดงค่าเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านของแสงสีขาว จากเครื่องวัด Hazemeter คือค่า X และจากเครื่อง Spectrometer ที่ใช้ Integrating Sphere คือค่า Y และจากเครื่อง Spectrometer ที่ไม่ใช้ Integrating Sphere คือค่า Z จากทั้ง 12 ตัวอย่างของแผ่นฟิล์มกรองแสง และหาผลต่างของค่าเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านของแสงสีขาว ( $D_1$ ) จากเครื่องวัด Hazemeter คือค่า X และจากเครื่อง Spectrometer ที่ใช้ Integrating Sphere คือ  $D_1 = X - Y$  และหาผลต่างของค่าเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านของแสงสีขาว ( $D_2$ ) จากเครื่องวัด Hazemeter คือค่า X และจากเครื่อง Spectrometer ที่ไม่ใช้ Integrating Sphere คือ  $D_2 = X - Z$

ในทำนองเดียวกันกับตัวอย่างแผ่นพลาสติก 5 ตัวอย่าง เมื่อนำมาหาค่าเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านของแสงสีขาว จากเครื่องวัด Hazemeter ค่าที่ได้ดังแสดงไว้ในตารางที่ 2 หน้า 12 คือค่า  $X_1$  และเมื่อใช้เครื่องวัด Spectrometer ที่ใช้ทั้ง Integrating Sphere และ ไม่ใช้ Integrating Sphere หาค่าเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านของแสงในแต่ละช่วงความยาวคลื่นตั้งแต่ 380 – 780 นาโนเมตร ที่กำหนดให้แต่ละคลื่นห่างกัน 10 นาโนเมตร จะมี 41 ความยาวคลื่น (หรือ 41 จุด) ซึ่งเครื่องได้หาออกมาดัง



แสดงไว้ในตารางที่ ก26 – ก35 ในภาคผนวก ก และทำการหาค่าเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านของแสงสีขาวไว้ดังแสดงไว้ในตารางที่ 2 หน้า 13 ซึ่งในตารางที่ 2 นั้นแสดงค่าเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านของแสงสีขาว ของตัวอย่างแผ่นพลาสติกจากเครื่องวัด Hazemeter คือค่า  $X_1$  และจากเครื่องวัด

Spectrometer ที่ใช้ Integrating Sphere คือค่า  $Y_1$  และที่ไม่ใช่ Integrating Sphere คือค่า  $Z_1$  พร้อมกับหาผลต่างของค่าเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านของแสงสีขาว ( $D_3$ ) จากเครื่องวัด Hazemeter และเครื่องวัด

Spectrometer ที่ใช้ Integrating Sphere คือค่า  $D_3 = X_1 - Y_1$  กับค่าผลต่างของค่าเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านของแสงสีขาว ( $D_4$ ) จากเครื่องวัด Hazemeter และเครื่องวัด Spectrometer ที่ไม่ใช่ Integrating

Sphere คือค่า  $D_4 = X_1 - Z_1$

ตารางที่ 1 ค่า %T ที่วัดจากเครื่อง Hazemeter และเครื่อง Spectrometer จากตัวอย่างแผ่นฟิล์มกรองแสง

ตัวอย่างที่	เครื่องวัด Hazemeter (X)	เครื่องวัด Spectrometer ที่ ใช้ Integrating Sphere (Y)	เครื่องวัด Spectrometer ที่ไม่ ใช้ Integrating Sphere (Z)	D <sub>1</sub> = (X - Y)	D <sub>2</sub> = (X - Z)
1	60.5	59.5	59.8	1.0	0.7
2	61.2	62.2	55.6	-1.0	5.6
3	55.1	54.1	53.5	1.0	1.6
4	48.0	47.1	44.4	0.9	3.6
5	48.8	48.9	48.2	-0.1	0.6
6	45.8	44.7	41.9	1.1	3.9
7	51.7	51.4	47.2	0.3	4.5
8	28.7	28.3	25.5	0.4	3.2
9	46.1	45.1	42.1	1.0	4.0
10	50.3	50.6	45.0	-0.3	5.3
11	41.5	41.3	39.5	0.2	2.0
12	54.5	54.1	52.1	0.4	2.4
ค่าเฉลี่ย	49.3	48.9	46.2	0.2	2.1

X = เป็นค่า %T ของตัวอย่างแต่ละตัวอย่างที่วัดจากเครื่อง Hazemeter

Y = เป็นค่า %T ของตัวอย่างแต่ละตัวอย่างที่วัดจากเครื่อง Spectrometer ที่ใช้ Integrating Sphere

Z = เป็นค่า %T ของตัวอย่างแต่ละตัวอย่างที่วัดจากเครื่อง Spectrometer ที่ไม่ใช้ Integrating Sphere

เมื่อพิจารณาค่าเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านของแสงสีขาวยของแผ่นฟิล์มกรองแสง ในตารางข้างบนจะพบว่า ค่าจากเครื่องวัด Hazemeter และเครื่องวัด Spectrometer ที่ใช้ Integrating Sphere ทั้ง 12 ตัวอย่างจะมีค่าใกล้เคียงกันมาก และใกล้เคียงกันมากกว่าที่วัดได้จากเครื่องวัด Spectrometer ที่ไม่ใช้ Integrating

Sphere หรือพิจารณาได้จากค่า  $D_1$  ที่เป็นผลต่างของค่าเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านของแสงสีขาว จากเครื่องวัด Hazemeter และเครื่องวัด Spectrometer ที่ใช้ Integrating Sphere กับ  $D_2$  ที่เป็นผลต่างของค่าเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านของแสงสีขาวเครื่องวัด Hazemeter และเครื่องวัด Spectrometer ที่ใช้ Integrating Sphere คือ ค่า  $D_1$  ในแต่ละตัวอย่างจะน้อยกว่า  $D_2$  ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ค่าเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านของแสงสีขาว ที่ได้จากเครื่องวัด Hazemeter และเครื่องวัด Spectrometer ที่ใช้ Integrating Sphere มีค่าใกล้เคียงกันมาก

ตารางที่ 2 ค่า %T ที่วัดจากเครื่อง Hazemeter และเครื่องวัด Spectrometer จากตัว

อย่างแผ่นพลาสติก

ตัวอย่างที่	เครื่องวัด Hazemeter ( $X_1$ )	เครื่องวัด Spectrometer ที่ใช้ Integrating Sphere ( $Y_1$ )	เครื่องวัด Spectrometer ที่ไม่ใช้ Integrating Sphere ( $Z_1$ )	$D_3 = (X_1 - Y_1)$	$D_4 = (X_1 - Z_1)$
1	92.2	90.9	90.6	1.3	1.6
2	87.0	85.3	83.2	1.7	3.8
3	85.6	82.3	79.9	3.3	5.7
4	79.5	77.1	70.3	2.4	12.2
5	89.6	87.4	86.5	2.2	6.1
ค่าเฉลี่ย	86.7	84.6	82.1	2.2	5.9

$X_1$  = เป็นค่า %T ของตัวอย่างแต่ละตัวอย่างที่วัดจากเครื่อง Hazemeter

$Y_1$  = เป็นค่า %T ของตัวอย่างแต่ละตัวอย่างที่วัดจากเครื่อง Spectrometer ที่ใช้ Integrating Sphere

$Z_1$  = เป็นค่า %T ของตัวอย่างแต่ละตัวอย่างที่วัดจากเครื่อง Spectrometer ที่ไม่ใช้ Integrating Sphere

เมื่อพิจารณาค่าเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านของแสงสีขาวของแผ่นพลาสติก จากตารางข้างบนจะพบว่าเครื่องวัด Hazemeter และเครื่องวัด Spectrometer ที่ใช้ Integrating Sphere ทั้ง 5 ตัวอย่างจะมีค่าใกล้เคียงกัน และใกล้เคียงกันมากกว่าที่วัดได้จากเครื่องวัด Spectrometer ที่ไม่ใช้ Integrating Sphere หรือพิจารณาได้

จากค่า  $D_3$  ที่เป็นผลต่างของค่าเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านของแสงสีขาว จากเครื่องวัด Hazemeter และเครื่องวัด Spectrometer ที่ใช้ Integrating Sphere กับ  $D_4$  ซึ่งเป็นค่าผลต่างจากเครื่องวัด Hazemeter และเครื่องวัด Spectrometer ที่ไม่ใช้ Integrating Sphere คือค่า  $D_3$  จะน้อยกว่าค่า  $D_4$  ทั้ง 5 ตัวอย่างแผ่นพลาสติก

## บทที่ 5

### วิจารณ์ผลและสรุปผลการทดลอง

#### 4.1 วิจารณ์ผลการทดลอง

พิจารณาผลค่าเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านของแสงสีขาว ของตัวอย่างแผ่นฟิล์มกรองแสงในตารางที่ 1 จากเครื่องวัด Hazemeter จะพบว่ามีความใกล้เคียงกับค่าเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านของแสงสีขาว จากเครื่องวัด Spectrometer ที่ใช้ Integrating Sphere กันมากทั้ง 12 ตัวอย่างแผ่นฟิล์มกรองแสง ทั้งนี้เครื่องวัดทั้งสอง ต่างก็มี Integrating Sphere อยู่ภายในเครื่องทั้งคู่ และเมื่อพิจารณาถึงค่าเฉลี่ยจาก 12 ตัวอย่างแผ่นฟิล์มกรองแสงก็จะพบว่าค่าเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านของแสงสีขาว ก็ใกล้เคียงกันคือ 49.3 % และ 48.9 % ซึ่งต่างกันอยู่ 0.4 % และเมื่อพิจารณาถึงผลต่างของค่าเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านของแสงสีขาว จากเครื่องวัดทั้งสอง คือ  $D_1$  ในแต่ละตัวอย่างแผ่นฟิล์มกรองแสงจะมีค่าน้อยมากโดยเฉลี่ยจากทั้ง 12 ตัวอย่างแผ่นฟิล์มกรองแสงจะมีค่าเพียง 0.2 % เท่านั้น

และเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบค่าเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านของแสงสีขาว ของเครื่องวัด Hazemeter กับเครื่องวัด Spectrometer ที่ไม่ใช้ Integrating Sphere จะพบว่ามีค่าที่ต่างกันมากพอสมควร ทั้ง 12 ตัวอย่างแผ่นฟิล์มกรองแสง ซึ่งจะเห็นว่าการไม่ใช้ Integrating Sphere ในการช่วยวัดนั้นจะทำให้ค่าที่วัดได้นั้น ลดน้อยลงไปทั้งนี้เป็นเพราะจะมีปริมาณแสงบางส่วนไม่ไปตกที่ตัววัด และเมื่อพิจารณาจากค่าเฉลี่ยจากทั้ง 12 ตัวอย่างแผ่นฟิล์มกรองแสง จะมีค่า 49.3 % กับ 46.2 % จะมีค่าต่างกัน 3.1 % มากกว่าค่าที่ต่างกันที่วัดจาก เครื่องวัด Hazemeter กับเครื่องวัด Spectrometer ที่ใช้ Integrating Sphere คือ 0.4 % และเมื่อพิจารณาถึงค่าผลต่างของ ค่าเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านของแสงสีขาว จากเครื่องวัด Hazemeter กับเครื่องวัด Spectrometer ที่ไม่ใช้ Integrating Sphere คือ  $D_2$  จะพบว่ามีค่าต่างกันมากเกือบทุกตัวอย่างแผ่นฟิล์มกรองแสง

ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าในการพิจารณา ที่จะทดสอบถึงการใช้แทนกันได้หรือไม่ของเครื่องวัด Hazemeter กับเครื่องวัด Spectrometer ที่ใช้ Integrating Sphere หรือ ไม่ใช้ Integrating Sphere นั้น เราจะพิจารณาเฉพาะ เครื่องวัด Hazemeter กับเครื่องวัด Spectrometer ที่ใช้ Integrating Sphere เท่านั้น ด้วยเห็นผลที่เครื่องวัด Hazemeter กับเครื่องวัด Spectrometer ที่ใช้ Integrating Sphere ให้ผลที่ใกล้เคียงกันมากกว่าเครื่องวัด Spectrometer ที่ไม่ใช้ Integrating Sphere

ในการทดสอบทางสถิติว่าเครื่องวัด Hazemeter กับเครื่องวัด Spectrometer ที่ใช้ Integrating Sphere กับตัวอย่างแผ่นฟิล์มกรองแสงนั้นพบว่าเครื่องวัดทั้งสองสามารถใช้ทดแทนกันได้ ดังได้แสดงวิธีการทดสอบทางสถิติไว้ใน วิธีการทดสอบที่ 1 ในภาคผนวก ก

สำหรับตารางที่ 2 ที่แสดงค่าเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านของแสงสีขาวย จากเครื่องวัด Hazemeter กับเครื่องวัด Spectrometer ที่ใช้ Integrating Sphere และ ไม่ใช้ Integrating Sphere ของ 5 ตัวอย่างแผ่นพลาสติก ซึ่งจะพบว่าค่าเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านของแสงสีขาวย จากเครื่องวัด Hazemeter มีค่าที่ใกล้เคียงกับเครื่องวัด Spectrometer ที่ใช้ Integrating Sphere ทั้ง 5 ตัวอย่างแผ่นพลาสติก แต่ก็ไม่ใกล้กันมากเหมือนกับของตัวอย่างแผ่นฟิล์มกรองแสง และเมื่อพิจารณาที่ค่าเฉลี่ยจะพบว่าค่าเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านของแสงสีขาวย จากเครื่องวัด Hazemeter มีค่า 86.7 % ส่วนเครื่องวัด Spectrometer ที่ใช้ Integrating Sphere มีค่า 84.6 % ซึ่งต่างกันอยู่ 2.1 % แต่ก็ยังมีค่าใกล้เคียงมากกว่าค่าระหว่างเครื่องวัด Hazemeter กับเครื่องวัด Spectrometer ที่ไม่ใช้ Integrating Sphere คือเครื่องวัด Spectrometer ที่ไม่ใช้ Integrating Sphere มีค่า 82.1 % ซึ่งจะต่างกับค่าที่วัดจากเครื่อง Hazemeter อยู่ 4.6 %

อีกทั้งเมื่อพิจารณาค่า D3 และ D4 จะพบว่าค่าของ D3 มีค่าน้อยกว่าค่าของ D4 ทุกตัวอย่างแผ่นพลาสติก รวมทั้งค่าเฉลี่ยด้วย ดังนั้นเราจึงใช้เครื่องวัด Hazemeter กับเครื่องวัด Spectrometer ที่ใช้ Integrating Sphere มาทำการทดสอบทางสถิติเท่านั้นว่าเครื่องวัดทั้งสองนั้นสามารถใช้ทดแทนกันได้หรือไม่กับตัวอย่างที่เป็นแผ่นพลาสติก

ซึ่งในการทดสอบทางสถิติของเครื่องวัด Hazemeter กับเครื่องวัด Spectrometer ที่ใช้ Integrating Sphere สำหรับตัวอย่างแผ่นพลาสติก พบว่าไม่สามารถที่จะใช้ทดแทนกันได้ ดังได้แสดงวิธีการทดสอบทางสถิติไว้ใน วิธีทดสอบที่ 2 ในภาคผนวก ก ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจาก การใช้เครื่องวัด Spectrometer ที่ใช้ Integrating Sphere มาวัดค่าเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านของแสงสีขาวย กับตัวอย่างแผ่นพลาสติก ตามมาตรฐาน JIS A 5759-1998 <sup>(2)</sup> ที่ปกติจะใช้วัดกับตัวอย่างแผ่นฟิล์มกรองแสง และแผ่นพลาสติกก็มีความหนาแน่นมากกว่าแผ่นฟิล์มกรองแสงมากด้วย

## 5.2 สรุป

จากผลการวิจัยที่ได้กล่าวมาแล้วจากเครื่องวัด Hazemeter กับเครื่องวัด Spectrometer ที่ใช้ Integrating Sphere และไม่ใช่ Integrating Sphere ในการหาค่าเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านของแสงสีขาว เราสรุปได้ว่า

- 1 เครื่องวัด Spectrometer ที่ใช้ Integrating Sphere ซึ่งปกติใช้ในการวัดค่าสีนั้น สามารถที่จะนำมาประยุกต์หาค่าเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านของแสงสีขาว ของแผ่นฟิล์มกรองแสงได้ ตามมาตรฐาน JIS A5759-1998<sup>(2)</sup> ได้
- 2 เครื่องวัด Spectrometer ที่ไม่ใช่ Integrating Sphere สามารถนำมาทำการวัดค่าเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านของแสงสีขาว ได้เหมือนกันแต่ให้ค่าไม่ดีเท่ากับการใช้เครื่องวัด Spectrometer ที่ใช้ Integrating Sphere
- 3 เครื่องวัด Hazemeter กับเครื่องวัด Spectrometer ที่ใช้ Integrating Sphere สามารถใช้ทดแทนกันได้ในการหาค่าเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านของแสงสีขาว สำหรับตัวอย่างที่เป็นแผ่นฟิล์มกรองแสง
- 4 สำหรับตัวอย่างที่เป็นแผ่นพลาสติกนั้น เมื่อใช้เครื่องวัด Spectrometer ที่ใช้ Integrating Sphere ก็สามารที่จะหาค่าได้ แต่ค่าที่ออกมาจะต่างกับการใช้เครื่อง Hazemeter อยู่มาก ทั้งนี้ตัวอย่างแผ่นพลาสติกไม่เหมาะที่จะใช้ในการวัดค่าเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านของแสงสีขาว ตามมาตรฐาน JIS A 5759-1998<sup>(2)</sup>
- 5 และเครื่องวัด Hazemeter กับเครื่องวัด Spectrometer ที่ใช้ Integrating Sphere นั้นไม่สามารถใช้แทนกันได้ในการหาค่าเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านของแสงสีขาว สำหรับกับตัวอย่างที่เป็นแผ่นพลาสติก

## กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณ คุณอัครพล มন্ত্রী และ คุณเอกภาพ อยู่ดี นักศึกษาฝึกงานจาก มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่ช่วยคำนวณบางส่วนให้



เอกสารอ้างอิง

- 1 American Society for Testing Material, “ Standard Test Method for Haze and Luminous Transmittance of Transparent Plastics ”, ASTM D-1003.
- 2 Japanese Industrial Standard , “ Adhesive Films for Glazing ” , JIS A 5759-1998.
- 3 Alexander D. Ryer. “ Light Measurement Handbook ” , 1997
- 4 ทวีรัตน์ ศิวคุลย์ “ สถิติและความน่าจะเป็น ” ภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล , 2538

ภาคผนวก ก

ตารางที่ ก-1 แสดงค่า Weight coefficient ที่แต่ละความยาวคลื่น สำหรับการหาค่าแอมพลิจูดการส่งผ่านของแสงสีขา

Wave length (nm)	Weight coefficient $U_{\lambda}\Delta\lambda$	Wave length (nm)	Weight coefficient $U_{\lambda}\Delta\lambda$
780	0.000015	770	0.00003
760	0.00006	750	0.00012
740	0.00025	730	0.00052
720	0.00105	710	0.0021
700	0.0041	690	0.0082
680	0.017	670	0.032
660	0.061	650	0.107
640	0.175	630	0.265
620	0.381	610	0.503
600	0.631	590	0.757
580	0.87	570	0.952
560	0.995	550	0.995
540	0.954	530	0.862
520	0.71	510	0.503
500	0.323	490	0.208
480	0.139	470	0.091
460	0.06	450	0.038
440	0.023	430	0.0116
420	0.004	410	0.00121
200	0.000396	390	0.00012
380	0.000039		

ตารางที่ ก-2 %T (Vis) ของตัวอย่างฟิล์มกรองแสงตัวอย่างที่ 1 ที่ใช้เครื่อง Spectrometer  
ที่ใช้ Integrating Sphere

NO	wave length (nm)	%t	Weight coefficient	Result	NO	wave length (nm)	%t	Weight coefficient	Result
1	780	55.364	0.000015	0.0008305	2	770	64.255	0.00003	0.00192765
3	760	59.577	0.00006	0.0035746	4	750	62.819	0.00012	0.00753828
5	740	61.508	0.00025	0.015377	6	730	65.596	0.00052	0.03410992
7	720	65.323	0.00105	0.0685892	8	710	65.295	0.0021	0.1371195
9	700	63.734	0.0041	0.2613094	10	690	62.028	0.0082	0.5086296
11	680	60.487	0.017	1.028279	12	670	53.161	0.032	1.701152
13	660	54.148	0.061	3.303028	14	650	55.403	0.107	5.928121
15	640	54.701	0.175	9.572675	16	630	53.81	0.265	14.25965
17	620	57.464	0.381	21.893784	18	610	61.316	0.503	30.841948
19	600	63.738	0.631	40.218678	20	590	59.627	0.757	45.137639
21	580	59.544	0.87	51.80328	22	570	58.998	0.952	56.166096
23	560	58.422	0.995	58.12989	24	550	59.879	0.995	59.579605
25	540	57.494	0.954	54.849276	26	530	58.127	0.862	50.105474
27	520	60.902	0.71	43.24042	28	510	61.441	0.503	30.904823
29	500	61.107	0.323	19.737561	30	490	62.55	0.208	13.0104
31	480	62.233	0.139	8.650387	32	470	61.435	0.091	5.590585
33	460	64.074	0.06	3.84444	34	450	62.466	0.038	2.373708
35	440	66.293	0.023	1.524739	36	430	65.489	0.0116	0.7596724
37	420	64.761	0.004	0.259044	38	410	62.192	0.00121	0.07525232
39	400	59.749	0.000396	0.0236606	40	390	39.766	0.00012	0.00477192
41	380	4.669	0.000039	0.0001821		Total	2410.95	10.68581	635.5572226

ค่าเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านของแสงสีขาว = 59.5 %

ตารางที่ ก-3 %T (Vis) ของตัวอย่างฟิล์มกรองแสงตัวอย่างที่ 2 ที่ใช้เครื่อง Spectrometer  
ที่ใช้ Integrating Sphere

NO	wave length (nm)	%t	Weight coefficient	Result	NO	wave length (nm)	%t	Weight coefficient	Result
1	780	50.682	0.000015	0.0007602	2	770	51.299	0.00003	0.00153897
3	760	52.103	0.00006	0.0031262	4	750	53.724	0.00012	0.00644688
5	740	51.912	0.00025	0.012978	6	730	53.462	0.00052	0.02780024
7	720	53.897	0.00105	0.0565919	8	710	53.708	0.0021	0.1127868
9	700	50.705	0.0041	0.2078905	10	690	46.95	0.0082	0.38499
11	680	43.659	0.017	0.742203	12	670	45.206	0.032	1.446592
13	660	50.166	0.061	3.060126	14	650	51.905	0.107	5.553835
15	640	50.894	0.175	8.90645	16	630	51.8784	0.265	13.747776
17	620	53.393	0.381	20.342733	18	610	54.12	0.503	27.22236
19	600	54.91	0.631	34.64821	20	590	55.214	0.757	41.796998
21	580	56.991	0.87	49.58217	22	570	64.15	0.952	61.0708
23	560	64.477	0.995	64.154615	24	550	64.95	0.995	64.62525
25	540	68.24	0.954	65.10096	26	530	67.947	0.862	58.570314
27	520	67.174	0.71	47.69354	28	510	67.877	0.503	34.142131
29	500	67.827	0.323	21.908121	30	490	67.373	0.208	14.013584
31	480	69.368	0.139	9.642152	32	470	68.866	0.091	6.266806
33	460	67.696	0.06	4.06176	34	450	66.731	0.038	2.535778
35	440	65.898	0.023	1.515654	36	430	66.634	0.0116	0.7729544
37	420	66.858	0.004	0.267432	38	410	65.606	0.00121	0.07938326
39	400	56.683	0.000396	0.0224465	40	390	36.318	0.00012	0.00435816
41	380	8.82	0.000039	0.000344		Total	2326.271	10.68581	332.3824827

ค่าเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านของแสงสีขาว = 62.2 %

ตารางที่ ก-4 %T (Vis) ของตัวอย่างฟิล์มกรองแสงตัวอย่างที่ 3 ที่ใช้เครื่อง Spectrometer  
ที่ใช้ Integrating Sphere

NO	wave length (nm)	%t	Weight coefficient	Result	NO	wave length (nm)	%t	Weight coefficient	Result
1	780	42.388	0.000015	0.0006358	2	770	48.668	0.00003	0.00146004
3	760	46.574	0.00006	0.0027944	4	750	48.606	0.00012	0.00585272
5	740	49.839	0.00025	0.0124598	6	730	49.117	0.00052	0.02554084
7	720	49.099	0.00105	0.051554	8	710	49.481	0.0021	0.1039101
9	700	48.781	0.0041	0.2000021	10	690	49.928	0.0082	0.4094096
11	680	50.69	0.017	0.86173	12	670	50.626	0.032	1.620032
13	660	50.856	0.061	3.102216	14	650	50.218	0.107	5.373326
15	640	50.85	0.175	8.89875	16	630	50.825	0.265	13.468625
17	620	51.672	0.381	19.687032	18	610	51.958	0.503	26.134874
19	600	52.237	0.631	32.961547	20	590	52.266	0.757	39.565362
21	580	53.589	0.87	46.62243	22	570	54.124	0.952	51.526048
23	560	55.756	0.995	53.47722	24	550	54.454	0.995	54.18173
25	540	54.759	0.954	52.240086	26	530	53.609	0.862	46.210958
27	520	55.751	0.71	39.58321	28	510	57.311	0.503	28.827433
29	500	55.717	0.323	17.996591	30	490	55.89	0.208	11.62512
31	480	57.232	0.139	7.955248	32	470	58.283	0.091	5.303753
33	460	57.455	0.06	3.4473	34	450	58.58	0.038	2.22604
35	440	58.543	0.023	1.346489	36	430	57.756	0.0116	0.6699696
37	420	58.849	0.004	0.235396	38	410	52.372	0.00121	0.06337012
39	400	42.283	0.000396	0.0167441	40	390	23.07	0.00012	0.0027684
41	380	8.43	0.000039	0.0003288		Total	2078.49	10.68581	578.045362

ค่าเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านของแสงสีขาว = 54.1 %

ตารางที่ ก-5 %T (Vis) ของตัวอย่างฟิล์มกรองแสงตัวอย่างที่ 4 ที่ใช้เครื่อง Spectrometer  
ที่ใช้ Integrating Sphere

NO	wave length (nm)	%t	Weight coefficient	Result	NO	wave length (nm)	%t	Weight coefficient	Result
1	780	32.605	0.000015	0.0004891	2	770	42.093	0.00003	0.00126279
3	760	50.41	0.00006	0.0030246	4	750	48.81	0.00012	0.0058572
5	740	41.468	0.00025	0.010367	6	730	41.925	0.00052	0.021801
7	720	43.287	0.00105	0.0454514	8	710	47.075	0.0021	0.0988575
9	700	48.361	0.0041	0.1982801	10	690	50.56	0.0082	0.414592
11	680	48.758	0.017	0.828886	12	670	48.843	0.032	1.562976
13	660	46.958	0.061	2.864438	14	650	47.858	0.107	5.120806
15	640	50.765	0.175	8.883875	16	630	53.863	0.265	14.273695
17	620	49.945	0.381	19.029045	18	610	51.676	0.503	25.993028
19	600	53.381	0.631	33.683411	20	590	53.934	0.757	40.828038
21	580	48.239	0.87	41.96793	22	570	52.649	0.952	50.121848
23	560	48.005	0.995	47.764975	24	550	43.26	0.995	43.0437
25	540	46.993	0.954	44.831322	26	530	42.518	0.862	36.650516
27	520	40.256	0.71	28.58176	28	510	39.83	0.503	20.03449
29	500	41.842	0.323	13.514966	30	490	40.365	0.208	8.39592
31	480	40.142	0.139	5.579738	32	470	38.102	0.091	3.467282
33	460	38.786	0.06	2.32716	34	450	38.131	0.038	1.448978
35	440	34.793	0.023	0.800239	36	430	39.313	0.0116	0.4560308
37	420	41.526	0.004	0.166104	38	410	38.001	0.00121	0.04598121
39	400	32.968	0.000396	0.0130553	40	390	30.917	0.00012	0.00371004
41	380	0.151	0.000039	5.889E-06		Total	1769.362	10.68581	503.0838695

ค่าเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านของแสงสีขาว = 47.1%

ตารางที่ ก-6 %T (Vis) ของตัวอย่างฟิล์มกรองแสงตัวอย่างที่ 5 ที่ใช้เครื่อง Spectrometer  
ที่ใช้ Integrating Sphere

NO	wave length (nm)	%t	Weight coefficient	Result	NO	wave length (nm)	%t	Weight coefficient	Result
1	780	45.099	0.000015	0.0006765	2	770	38.509	0.00003	0.00115527
3	760	33.903	0.00006	0.0020342	4	750	39.382	0.00012	0.00472584
5	740	32.04	0.00025	0.00801	6	730	41.608	0.00052	0.02163616
7	720	44.819	0.00105	0.04706	8	710	42.561	0.0021	0.0893781
9	700	43.947	0.0041	0.1801827	10	690	39.398	0.0082	0.3230636
11	680	38.416	0.017	0.653072	12	670	40.688	0.032	1.302016
13	660	42.997	0.061	2.622817	14	650	40.191	0.107	4.300437
15	640	42.343	0.175	7.410025	16	630	42.729	0.265	11.323185
17	620	45.503	0.381	17.336643	18	610	46.819	0.503	23.549957
19	600	44.093	0.631	27.822683	20	590	44.253	0.757	33.499521
21	580	42.461	0.87	36.94107	22	570	50.281	0.952	47.867512
23	560	50.88	0.995	50.6256	24	550	49.369	0.995	49.122155
25	540	52.12	0.954	49.72248	26	530	51.942	0.862	44.774004
27	520	53.131	0.71	37.72301	28	510	52.796	0.503	26.556388
29	500	54.225	0.323	17.514675	30	490	57.145	0.208	11.88616
31	480	56.254	0.139	7.819306	32	470	48.617	0.091	4.424147
33	460	50.23	0.06	3.0138	34	450	56.718	0.038	2.155284
35	440	54.361	0.023	1.250303	36	430	57.506	0.0116	0.6670696
37	420	54.032	0.004	0.216128	38	410	24.175	0.00121	0.02925175
39	400	28.748	0.000396	0.0113842	40	390	24.292	0.00012	0.00291504
41	380	5.066	0.000039	0.0001976		Total	1803.647	10.68581	522.8211614

ค่าเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านของแสงสีขาว = 48.9 %

ตารางที่ ก-7 %T (Vis) ของตัวอย่างฟิล์มกรองแสงตัวอย่างที่ 6 ที่ใช้เครื่อง Spectrometer  
ที่ใช้ Integrating Sphere

NO	wave length (nm)	%t	Weight coefficient	Result	NO	wave length (nm)	%t	Weight coefficient	Result
1	780	35.807	0.000015	0.0005371	2	770	36.928	0.00003	0.00110784
3	760	44.138	0.00006	0.0026483	4	750	33.903	0.00012	0.00406836
5	740	37.951	0.00025	0.0094878	6	730	42.475	0.00052	0.022087
7	720	39.081	0.00105	0.0410351	8	710	45.377	0.0021	0.0952917
9	700	46.71	0.0041	0.191511	10	690	47.103	0.0082	0.3862446
11	680	48.135	0.017	0.818295	12	670	45.364	0.032	1.451648
13	660	42.088	0.061	2.567368	14	650	43.142	0.107	4.616194
15	640	39.516	0.175	6.9153	16	630	48.01	0.265	12.72265
17	620	50.783	0.381	19.348323	18	610	48.998	0.503	24.645994
19	600	45.077	0.631	28.443587	20	590	52.128	0.757	39.460896
21	580	52.087	0.87	45.31569	22	570	50.955	0.952	48.50916
23	560	42.981	0.995	42.766095	24	550	42.336	0.995	42.12432
25	540	41.629	0.954	39.714066	26	530	42.175	0.862	36.35485
27	520	39.352	0.71	27.93992	28	510	39.891	0.503	20.065173
29	500	37.214	0.323	12.020122	30	490	37.549	0.208	7.810192
31	480	38.07	0.139	5.29173	32	470	38.067	0.091	3.464097
33	460	37.893	0.06	2.27358	34	450	37.505	0.038	1.42519
35	440	35.902	0.023	0.825746	36	430	35.357	0.0116	0.4101412
37	420	36.216	0.004	0.144864	38	410	27.404	0.00121	0.03315884
39	400	29.844	0.000396	0.0118182	40	390	14.157	0.00012	0.00169884
41	380	4.475	0.000039	0.0001745		Total	1633.773	10.68581	478.2460624

ค่าเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านของแสงสีขาว = 44.7 %



ตารางที่ ก-8 %T (Vis) ของตัวอย่างฟิล์มกรองแสงตัวอย่างที่ 7 ที่ใช้เครื่อง Spectrometer  
ที่ใช้ Integrating Sphere

NO	wave length (nm)	%t	Weight coefficient	Result	NO	wave length (nm)	%t	Weight coefficient	Result
1	780	48.679	0.000015	0.0007302	2	770	48.231	0.00003	0.00144693
3	760	43.615	0.00006	0.0026169	4	750	53.797	0.00012	0.00645564
5	740	56.544	0.00025	0.014136	6	730	50.203	0.00052	0.02610556
7	720	48.45	0.00105	0.0508725	8	710	46.087	0.0021	0.0967827
9	700	48.142	0.0041	0.1973822	10	690	48.685	0.0082	0.399217
11	680	47.288	0.017	0.803896	12	670	48.92	0.032	1.56544
13	660	52.539	0.061	3.204879	14	650	50.901	0.107	5.446407
15	640	52.087	0.175	9.115225	16	630	48.179	0.265	12.767435
17	620	46.641	0.381	17.770221	18	610	54.817	0.503	27.572951
19	600	51.047	0.631	32.210657	20	590	48.261	0.757	36.533577
21	580	52.701	0.87	45.84987	22	570	50.659	0.952	48.227368
23	560	52.88	0.995	52.6156	24	550	49.796	0.995	49.54702
25	540	52.934	0.954	50.499036	26	530	53.158	0.862	45.822196
27	520	50.532	0.71	35.87772	28	510	50.84	0.503	25.57252
29	500	51.626	0.323	16.675198	30	490	53.534	0.208	11.135072
31	480	50.807	0.139	7.062173	32	470	54.797	0.091	4.986527
33	460	49.111	0.06	2.94666	34	450	55.951	0.038	2.126138
35	440	52.093	0.023	1.198139	36	430	56.938	0.0116	0.6604808
37	420	59.136	0.004	0.236544	38	410	47.639	0.00121	0.05764319
39	400	52.685	0.000396	0.0208633	40	390	34.863	0.00012	0.00418356
41	380	4.176	0.000039	0.0001629		Total	2025.793	10.68581	548.9075664

ค่าเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านของแสงสีขาว = 51.4%

ตารางที่ ก-9 %T (Vis) ของตัวอย่างฟิล์มกรองแสงตัวอย่างที่ 8 ที่ใช้เครื่อง Spectrometer  
ที่ Integrating Sphere

NO	wave length (nm)	%t	Weight coefficient	Result	NO	wave length (nm)	%t	Weight coefficient	Result
1	780	34.279	0.000015	0.0005142	2	770	31.598	0.00003	0.00094794
3	760	29.413	0.00006	0.0017648	4	750	31.809	0.00012	0.00381708
5	740	33.086	0.00025	0.0082715	6	730	32.077	0.00052	0.01668004
7	720	31.999	0.00105	0.033599	8	710	32.532	0.0021	0.0683172
9	700	31.998	0.0041	0.1311918	10	690	28.057	0.0082	0.2300674
11	680	30.113	0.017	0.511921	12	670	29.822	0.032	0.954304
13	660	28.556	0.061	1.741916	14	650	24.179	0.107	2.587153
15	640	27.666	0.175	4.84155	16	630	29.568	0.265	7.83552
17	620	30.059	0.381	11.452479	18	610	28.951	0.503	14.562353
19	600	26.146	0.631	16.498126	20	590	25.055	0.757	18.966635
21	580	26.843	0.87	23.35341	22	570	27.322	0.952	26.010544
23	560	27.634	0.995	27.49583	24	550	27.57	0.995	27.43414
25	540	29.061	0.954	27.724194	26	530	26.018	0.862	22.427516
27	520	31	0.71	22.01	28	510	32.226	0.503	16.209678
29	500	30.651	0.323	9.900273	30	490	34.567	0.208	7.189936
31	480	35.421	0.139	4.923519	32	470	32.616	0.091	2.968056
33	460	28.202	0.06	1.69212	34	450	30.404	0.038	1.155352
35	440	31.931	0.023	0.734413	36	430	34.313	0.0116	0.3980308
37	420	32.742	0.004	0.130968	38	410	31.468	0.00121	0.03807628
39	400	30.133	0.000396	0.0119327	40	390	32.074	0.00012	0.00384888
41	380	2.525	0.000039	9.848E-05		Total	1211.686	10.68581	302.2590726

ค่าเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านของแสงสีขาว = 28.3 %

ตารางที่ ก-10 %T (Vis) ของตัวอย่างฟิล์มกรองแสงตัวอย่างที่ 9 ที่ใช้เครื่อง Spectrometer  
ที่ใช้ Integrating Sphere

NO	wave length (nm)	%t	Weight coefficient	Result	NO	wave length (nm)	%t	Weight coefficient	Result
1	780	61.623	0.000015	0.0009243	2	770	64.168	0.00003	0.00192504
3	760	63.643	0.00006	0.0038186	4	750	60.906	0.00012	0.00730872
5	740	65.724	0.00025	0.016431	6	730	62.544	0.00052	0.03252288
7	720	58.501	0.00105	0.0614261	8	710	59.48	0.0021	0.124908
9	700	62.98	0.0041	0.258218	10	690	57.754	0.0082	0.4735828
11	680	54.102	0.017	0.919734	12	670	52.801	0.032	1.689632
13	660	50.72	0.061	3.09392	14	650	44.994	0.107	4.814358
15	640	46.612	0.175	8.1571	16	630	56.745	0.265	15.037425
17	620	39.575	0.381	15.078075	18	610	46.849	0.503	23.565047
19	600	45.439	0.631	28.672009	20	590	41.653	0.757	31.531321
21	580	42.026	0.87	36.56262	22	570	46.852	0.952	44.603104
23	560	45.436	0.995	43.20882	24	550	45.27	0.995	45.04365
25	540	42.367	0.954	40.418118	26	530	48.264	0.862	41.603568
27	520	46.434	0.71	32.96814	28	510	40.945	0.503	20.595335
29	500	46.53	0.323	15.02919	30	490	49.627	0.208	10.322416
31	480	44.356	0.139	6.165484	32	470	48.216	0.091	4.387656
33	460	45.737	0.06	2.74422	34	450	33.869	0.038	1.287022
35	440	42.207	0.023	0.970761	36	430	42.591	0.0116	0.4940556
37	420	45.918	0.004	0.183672	38	410	26.692	0.00121	0.03229732
39	400	32.673	0.000396	0.0129385	40	390	22.663	0.00012	0.00271956
41	380	12.077	0.000039	0.000471		Total	1947.563	10.68581	482.1759539

ค่าเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านของแสงสีขาว = 45.1%

ตารางที่ ก-11 %T (Vis) ของตัวอย่างฟิล์มกรองแสงตัวอย่างที่ 10 ที่ใช้เครื่อง Spectrometer  
ที่ใช้ Integrating Sphere

NO	wave length (nm)	%t	Weight coefficient	Result	NO	wave length (nm)	%t	Weight coefficient	Result
1	780	41.748	0.000015	0.0006262	2	770	42.064	0.00003	0.00126192
3	760	45.814	0.00006	0.0027488	4	750	42.677	0.00012	0.00512124
5	740	42.361	0.00025	0.0105903	6	730	47.836	0.00052	0.02487472
7	720	50.135	0.00105	0.0526418	8	710	51.901	0.0021	0.1089921
9	700	42.322	0.0041	0.1735202	10	690	49.742	0.0082	0.4078844
11	680	48.244	0.017	0.820148	12	670	53.424	0.032	1.709568
13	660	48.629	0.061	2.966369	14	650	42.597	0.107	4.557879
15	640	43.413	0.175	7.597275	16	630	45.504	0.265	12.05856
17	620	42.843	0.381	16.323183	18	610	50.641	0.503	25.472423
19	600	44.332	0.631	27.973492	20	590	44.73	0.757	33.86061
21	580	46.758	0.87	40.67946	22	570	51.291	0.952	48.829032
23	560	50.689	0.995	50.435555	24	550	51.963	0.995	51.703185
25	540	48.837	0.954	46.590498	26	530	60.079	0.862	51.788098
27	520	56.851	0.71	40.36421	28	510	63.713	0.503	32.047639
29	500	47.474	0.323	15.334102	30	490	53.324	0.208	11.091392
31	480	58.484	0.139	8.129276	32	470	43.593	0.091	3.966963
33	460	48.572	0.06	2.91432	34	450	34.113	0.038	1.296294
35	440	46.178	0.023	1.062094	36	430	48.647	0.0116	0.5643052
37	420	49.519	0.004	0.198076	38	410	26.834	0.00121	0.03246914
39	400	13.097	0.000396	0.0051864	40	390	13.733	0.00012	0.00164796
41	380	0	0.000039	0		Total		10.68581	541.1615997

ค่าเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านของแสงสีขาว = 50.6 %

ตารางที่ ก-12 %T (Vis) ของตัวอย่างฟิล์มกรองแสงตัวอย่างที่ 11 ที่ใช้เครื่อง Spectrometer  
ที่ใช้ Integrating Sphere

NO	wave length (nm)	%t	Weight coefficient	Result	NO	wave length (nm)	%t	Weight coefficient	Result
1	780	59.773	0.000015	0.0008966	2	770	47.152	0.00003	0.00141456
3	760	55.203	0.00006	0.0033122	4	750	52.693	0.00012	0.00632316
5	740	68.97	0.00025	0.0172425	6	730	60.908	0.00052	0.03167216
7	720	54.189	0.00105	0.0568985	8	710	52.154	0.0021	0.1095234
9	700	65.463	0.0041	0.2683983	10	690	53.711	0.0082	0.4404302
11	680	60.397	0.017	1.026749	12	670	44.481	0.032	1.423392
13	660	43.551	0.061	2.656611	14	650	49.232	0.107	5.267824
15	640	34.421	0.175	6.023675	16	630	36.769	0.265	9.743785
17	620	35.908	0.381	13.680948	18	610	36.351	0.503	18.284553
19	600	38.493	0.631	24.289083	20	590	35.502	0.757	26.875014
21	580	37.151	0.87	32.32137	22	570	39.154	0.952	37.274608
23	560	42.272	0.995	42.06064	24	550	42.888	0.995	42.67356
25	540	43.891	0.954	41.872014	26	530	42.663	0.862	36.775506
27	520	54.604	0.71	38.76884	28	510	50.237	0.503	25.269211
29	500	35.986	0.323	11.623478	30	490	41.029	0.208	8.534032
31	480	40.476	0.139	5.626164	32	470	35.233	0.091	3.206203
33	460	37.487	0.06	2.24922	34	450	37.722	0.038	1.433436
35	440	31.398	0.023	0.722154	36	430	39.69	0.0116	0.460404
37	420	42.263	0.004	0.169052	38	410	30.893	0.00121	0.03738053
39	400	29.097	0.000396	0.0115224	40	390	11.004	0.00012	0.00132048
41	380	0	0.000039	0		Total	1750.459	10.68581	441.2978925

ค่าเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านของแสงสีขาว = 41.3 %

ตารางที่ ก-13 %T (Vis) ของตัวอย่างฟิล์มกรองแสงตัวอย่างที่ 12 ที่ใช้เครื่อง Spectrometer  
ที่ใช้ Integrating Sphere

NO	wave length (nm)	%t	Weight coefficient	Result	NO	wave length (nm)	%t	Weight coefficient	Result
1	780	90.092	0.000015	0.0013514	2	770	86.122	0.00003	0.00258366
3	760	67.581	0.00006	0.0040549	4	750	71.38	0.00012	0.0085656
5	740	79.888	0.00025	0.019972	6	730	67.072	0.00052	0.03487744
7	720	59.86	0.00105	0.062853	8	710	34.504	0.0021	0.0724584
9	700	27.098	0.0041	0.1111018	10	690	29.919	0.0082	0.2453358
11	680	29.68	0.017	0.50456	12	670	34.875	0.032	1.116
13	660	32.459	0.061	1.979999	14	650	46.247	0.107	4.948429
15	640	38.351	0.175	6.711425	16	630	54.041	0.265	14.320865
17	620	51.19	0.381	19.50339	18	610	47.571	0.503	23.928213
19	600	56.644	0.631	35.742364	20	590	60.922	0.757	46.117954
21	580	58.712	0.87	51.07944	22	570	54.819	0.952	52.187688
23	560	52.001	0.995	51.740995	24	550	53.461	0.995	53.193695
25	540	53.059	0.954	50.618286	26	530	49.169	0.862	42.383678
27	520	53.917	0.71	38.28107	28	510	60.854	0.503	30.609562
29	500	53.018	0.323	17.124814	30	490	51.5	0.208	10.712
31	480	69.666	0.139	9.683574	32	470	74.065	0.091	6.739915
33	460	67.206	0.06	4.03236	34	450	42.833	0.038	1.627654
35	440	62.519	0.023	1.437937	36	430	42.824	0.0116	0.4967584
37	420	55.088	0.004	0.220352	38	410	77.058	0.00121	0.09324018
39	400	50.425	0.000396	0.0199683	40	390	13.637	0.00012	0.00163644
41	380	0	0.000039	0		Total		10.68581	577.7210089

ค่าเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านของแสงสีขาว = 54.1 %

ตารางที่ ก-14 %T (Vis) ของตัวอย่างฟิล์มกรองแสงตัวอย่างที่ 1 ที่ใช้เครื่อง Spectrometer  
ที่ไม่ใช่ Integrating Sphere

NO	wave length (nm)	%t	Weight coefficient	Result	NO	wave length (nm)	%t	Weight coefficient	Result
1	780	55.958	0.000015	0.0008394	2	770	57.644	0.00003	0.00172932
3	760	57.052	0.00006	0.0034231	4	750	56.93	0.00012	0.0068316
5	740	54.813	0.00025	0.0137033	6	730	57.121	0.00052	0.02970292
7	720	56.724	0.00105	0.0595602	8	710	60.442	0.0021	0.1269282
9	700	61.349	0.0041	0.2515309	10	690	61.786	0.0082	0.5066452
11	680	59.697	0.017	1.014849	12	670	55.853	0.032	1.787296
13	660	56.912	0.061	3.471632	14	650	60.47	0.107	6.47029
15	640	61.593	0.175	10.778775	16	630	62.314	0.265	16.51321
17	620	58.713	0.381	22.369653	18	610	56.052	0.503	28.194156
19	600	56.746	0.631	35.806726	20	590	62.809	0.757	47.546413
21	580	57.982	0.87	50.44434	22	570	55.546	0.952	52.879792
23	560	62.345	0.995	62.033275	24	550	58.333	0.995	58.041335
25	540	60.243	0.954	57.471822	26	530	61.312	0.862	52.850944
27	520	64.253	0.71	45.61963	28	510	60.194	0.503	30.277582
29	500	59.128	0.323	19.098344	30	490	62.338	0.208	12.966304
31	480	60.759	0.139	8.445501	32	470	60.446	0.091	5.500586
33	460	63.544	0.06	3.81264	34	450	64.914	0.038	2.466732
35	440	65.819	0.023	1.513837	36	430	63.209	0.0116	0.7332244
37	420	64.728	0.004	0.258912	38	410	65.888	0.00121	0.07972448
39	400	61.42	0.000396	0.0243223	40	390	37.088	0.00012	0.00445056
41	380	7.281	0.000039	0.000284		Total	2387.748	10.68581	639.4774767

ค่าเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านของแสงสีขาว = 59.8 %

ตารางที่ ก-15 %T (Vis) ของตัวอย่างฟิล์มกรองแสงตัวอย่างที่ 2 ที่ใช้เครื่อง Spectrometer  
ที่ไม่ใช้ Integrating Sphere

NO	wave length (nm)	%t	Weight coefficient	Result	NO	wave length (nm)	%t	Weight coefficient	Result
1	780	56.139	0.000015	0.0008421	2	770	50.263	0.00003	0.00150789
3	760	52.772	0.00006	0.0031663	4	750	46.231	0.00012	0.00554772
5	740	52.265	0.00025	0.0130663	6	730	47.009	0.00052	0.02444468
7	720	56.153	0.00105	0.0589607	8	710	47.72	0.0021	0.100212
9	700	50.952	0.0041	0.2089032	10	690	47.697	0.0082	0.3911154
11	680	41.316	0.017	0.702372	12	670	42.521	0.032	1.360672
13	660	46.853	0.061	2.858033	14	650	50.265	0.107	5.378355
15	640	51.092	0.175	8.9411	16	630	50.858	0.265	13.47737
17	620	50.615	0.381	19.284315	18	610	51.204	0.503	25.755612
19	600	51.257	0.631	32.343167	20	590	52.941	0.757	40.076337
21	580	54.087	0.87	47.05569	22	570	57.699	0.952	54.929448
23	560	56.94	0.995	56.6553	24	550	56.966	0.995	56.68117
25	540	58.42	0.954	55.73268	26	530	58.158	0.862	50.132196
27	520	56.691	0.71	40.25061	28	510	58.259	0.503	29.304277
29	500	58.986	0.323	19.052478	30	490	58.175	0.208	12.1004
31	480	60.215	0.139	8.369885	32	470	57.696	0.091	5.250336
33	460	57.373	0.06	3.44238	34	450	56.064	0.038	2.130432
35	440	55.249	0.023	1.270727	36	430	56.294	0.0116	0.6530104
37	420	54.432	0.004	0.217728	38	410	52.7	0.00121	0.063767
39	400	47.31	0.000396	0.0187348	40	390	29.763	0.00012	0.00357156
41	380	5.8	0.000039	0.0002262		Total	2103.4	10.68581	594.3001817

ค่าเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านของแสงสีขาว = 55.6%



ตารางที่ ก-16 %T (Vis) ของตัวอย่างฟิล์มกรองแสงตัวอย่างที่ 3 ที่ใช้เครื่อง Spectrometer  
ที่ไม่ใช่ Integrating Sphere

NO	wave length (nm)	%t	Weight coefficient	Result	NO	wave length (nm)	%t	Weight coefficient	Result
1	780	50.535	0.000015	0.000758	2	770	52.018	0.00003	0.00156054
3	760	48.122	0.00006	0.0028873	4	750	54.614	0.00012	0.00655368
5	740	47.206	0.00025	0.0118015	6	730	53.27	0.00052	0.0277604
7	720	48.695	0.00105	0.0511298	8	710	53.427	0.0021	0.1121967
9	700	52.62	0.0041	0.215742	10	690	47.841	0.0082	0.3922962
11	680	51.415	0.017	0.874055	12	670	54.813	0.032	1.754016
13	660	55.139	0.061	3.363479	14	650	54.521	0.107	5.833747
15	640	54.232	0.175	9.4906	16	630	53.287	0.265	14.121055
17	620	53.205	0.381	20.271105	18	610	53.544	0.503	26.932632
19	600	52.197	0.631	32.936307	20	590	52.657	0.757	39.861349
21	580	52.641	0.87	45.79767	22	570	54.468	0.952	51.853536
23	560	53.324	0.995	53.05738	24	550	53.293	0.995	53.026535
25	540	52.547	0.954	50.129838	26	530	52.87	0.862	45.57394
27	520	53.13	0.71	37.7223	28	510	53.52	0.503	26.92056
29	500	56.537	0.323	18.261451	30	490	56.43	0.208	11.73744
31	480	57.319	0.139	7.967341	32	470	57.809	0.091	5.260619
33	460	57.888	0.06	3.47328	34	450	59.373	0.038	2.256174
35	440	57.745	0.023	1.328135	36	430	56.688	0.0116	0.6575808
37	420	58.27384	0.004	0.2330954	38	410	57.155	0.00121	0.06915755
39	400	58.80269	0.000396	0.0232859	40	390	27.511	0.00012	0.00330132
41	380	59.33153	0.000039	0.0023139		Total	2190.019	10.68581	571.61595

ค่าเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านของแสงสีขาว = 53.5 %

ตารางที่ ก-17 %T (Vis) ของตัวอย่างฟิล์มกรองแสงตัวอย่างที่ 4 ที่ใช้เครื่อง Spectrometer  
ที่ไม่ใช้ Integrating Sphere

NO	wave length (nm)	%t	Weight coefficient	Result	NO	wave length (nm)	%t	Weight coefficient	Result
1	780	40.38	0.000015	0.0006057	2	770	46.186	0.00003	0.00138558
3	760	43.303	0.00006	0.0025982	4	750	41.968	0.00012	0.00503616
5	740	40.932	0.00025	0.010235	6	730	41.449	0.00052	0.02155348
7	720	43.185	0.00105	0.0453443	8	710	44.162	0.0021	0.0927402
9	700	46.258	0.0041	0.1896578	10	690	47.274	0.0082	0.3876468
11	680	47.675	0.017	0.810475	12	670	46.187	0.032	1.477984
13	660	45.054	0.061	2.748294	14	650	46.577	0.107	4.983739
15	640	48.37	0.175	8.46475	16	630	49.074	0.265	13.00461
17	620	47.384	0.381	18.053304	18	610	46.496	0.503	23.387488
19	600	48.072	0.631	30.333432	20	590	48.886	0.757	37.006702
21	580	48.473	0.87	42.17151	22	570	46.542	0.952	44.307984
23	560	53.52	0.995	53.2524	24	550	41.374	0.995	41.16713
25	540	42.215	0.954	40.27311	26	530	38.657	0.862	33.322334
27	520	37.2	0.71	26.412	28	510	38.657	0.503	19.444471
29	500	37.786	0.323	12.204878	30	490	35.468	0.208	7.377344
31	480	35.85	0.139	4.98315	32	470	35.619	0.091	3.241329
33	460	34.536	0.06	2.07216	34	450	36.311	0.038	1.379818
35	440	34.745	0.023	0.799135	36	430	37.578	0.0116	0.4359048
37	420	33.916	0.004	0.135664	38	410	32.495	0.00121	0.03931895
39	400	31.307	0.000396	0.0123976	40	390	22.586	0.00012	0.00271032
41	380	8.548	0.000039	0.0003334		Total	1672.26	10.68581	474.0626293

ค่าเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านของแสงสีขาว = 44.4 %

ตารางที่ ก-18 %T (Vis) ของตัวอย่างฟิล์มกรองแสงชนิดที่ 5 ที่ใช้เครื่อง Spectrometer  
ที่ไม่ใช่ Integrating Sphere

NO	wave length (nm)	%t	Weight coefficient	Result	NO	wave length (nm)	%t	Weight coefficient	Result
1	780	35.852	0.000015	0.0005378	2	770	45.414	0.00003	0.00136242
3	760	39.001	0.00006	0.0023401	4	750	42.068	0.00012	0.00504816
5	740	41.596	0.00025	0.010399	6	730	44.1	0.00052	0.022932
7	720	39.588	0.00105	0.0415674	8	710	48.34	0.0021	0.101514
9	700	39.842	0.0041	0.1633522	10	690	37.671	0.0082	0.3089022
11	680	44.38	0.017	0.75446	12	670	45.391	0.032	1.452512
13	660	43.601	0.061	2.659661	14	650	44.161	0.107	4.725227
15	640	44.656	0.175	7.8148	16	630	46.844	0.265	12.41366
17	620	45.577	0.381	17.364837	18	610	43.582	0.503	21.921746
19	600	43.413	0.631	27.393603	20	590	45.896	0.757	34.743272
21	580	48.234	0.87	41.96358	22	570	47.372	0.952	45.098144
23	560	47.289	0.995	47.052555	24	550	48.741	0.995	48.497295
25	540	49.944	0.954	47.646576	26	530	51.419	0.862	44.323178
27	520	51.528	0.71	36.58488	28	510	49.355	0.503	24.825565
29	500	51.221	0.323	16.544383	30	490	52.473	0.208	10.914384
31	480	53.284	0.139	7.406476	32	470	51.884	0.091	4.721444
33	460	53.166	0.06	3.18996	34	450	55.827	0.038	2.121426
35	440	54.121	0.023	1.244783	36	430	53.167	0.0116	0.6167372
37	420	55.49	0.004	0.22196	38	410	50.028	0.00121	0.06053388
39	400	36.889	0.000396	0.014608	40	390	19.041	0.00012	0.00228492
41	380	5.48	0.000039	0.0002137		Total	1846.926	10.68581	514.95266

ค่าเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านของแสงสีขาว = 48.2 %

ตารางที่ ก-19 %T (Vis) ของตัวอย่างฟิล์มกรองแสงชนิดที่ 6 ที่ใช้เครื่อง Spectrometer  
ที่ไม่ใช้ Integrating Sphere

NO	wave length (nm)	%t	Weight coefficient	Result	NO	wave length (nm)	%t	Weight coefficient	Result
1	780	40.31	0.000015	0.0006047	2	770	40.457	0.000003	0.00121371
3	760	41.528	0.000006	0.0024917	4	750	40.796	0.00012	0.00489552
5	740	40.212	0.00025	0.010053	6	730	40.451	0.00052	0.02103452
7	720	40.208	0.00105	0.0422184	8	710	41.675	0.0021	0.0875175
9	705	47.085	0.0041	0.1930485	10	690	41.815	0.0082	0.342883
11	680	45.166	0.017	0.767822	12	670	44.357	0.032	1.419424
13	660	42.227	0.061	2.575847	14	650	41.059	0.107	4.393313
15	640	41.554	0.175	7.27195	16	630	45.95	0.265	12.17675
17	620	48.761	0.381	18.577941	18	610	45.635	0.503	22.954405
19	600	43.825	0.631	27.653575	20	590	46.892	0.757	35.497244
21	580	46.132	0.87	40.13484	22	570	46.252	0.952	44.031904
23	560	42.083	0.995	41.872585	24	550	40.167	0.995	39.966165
25	540	39.52	0.954	37.70208	26	530	39.206	0.862	33.795572
27	520	37.041	0.71	26.29911	28	510	36.532	0.503	18.375596
29	500	36.7	0.323	11.8541	30	490	35.111	0.208	7.303088
31	480	34.495	0.139	4.794805	32	470	35.575	0.091	3.237325
33	460	33.956	0.06	2.03736	34	450	33.503	0.038	1.273114
35	440	33.76	0.023	0.77648	36	430	32.127	0.0116	0.3726732
37	420	33.722	0.004	0.134888	38	410	30.84	0.00121	0.0373164
39	400	29.59	0.000396	0.0117176	40	390	20.345	0.00012	0.0024414
41	380	6.441	0.000039	0.0002512		Total	1583.061	10.68581	448.0076753

ค่าเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านของแสงสีขาว = 41.9 %

ตารางที่ ก-20 %T (Vis) ของตัวอย่างฟิล์มกรองแสงตัวอย่างที่ 7 ที่ใช้เครื่อง Spectrometer  
ที่ไม่ใช่ Integrating Sphere

NO	wave length (nm)	%t	Weight coefficient	Result	NO	wave length (nm)	%t	Weight coefficient	Result
1	780	49.301	0.000015	0.00073952	2	770	45.331	0.00003	0.00135993
3	760	46.56	0.00006	0.0027936	4	750	45.509	0.00012	0.00546108
5	740	44.582	0.00025	0.0111455	6	730	46.607	0.00052	0.02423564
7	720	48.29	0.00105	0.0507045	8	710	47.167	0.0021	0.0990507
9	700	45.634	0.0041	0.1870994	10	690	45.758	0.0082	0.3752156
11	680	46.309	0.017	0.787253	12	670	46.843	0.032	1.498976
13	660	46.44	0.061	2.83284	14	650	45.808	0.107	4.901456
15	640	46.778	0.175	8.18615	16	630	46.447	0.265	12.308455
17	620	47.307	0.381	18.023967	18	610	48.081	0.503	24.184743
19	600	49.256	0.631	31.080536	20	590	44.445	0.757	33.644865
21	580	46.816	0.87	40.72992	22	570	46.304	0.952	44.081408
23	560	49.358	0.995	49.11121	24	550	45.59	0.995	45.36205
25	540	48.337	0.954	46.113498	26	530	48.816	0.862	42.079392
27	520	46.599	0.71	33.08529	28	510	45.931	0.503	23.103293
29	500	48.882	0.323	15.788886	30	490	48.05	0.208	9.9944
31	480	45.321	0.139	6.299619	32	470	47.6	0.091	4.3316
33	460	47.462	0.06	2.84772	34	450	47.275	0.038	1.79645
35	440	47.599	0.023	1.094777	36	430	45.599	0.0116	0.5289484
37	420	48.254	0.004	0.193016	38	410	44.88	0.00121	0.0543048
39	400	42.539	0.000396	0.01684544	40	390	26.503	0.00012	0.00318036
41	380	1.616	0.000039	6.3024E-05		Total	1851.78	10.68581	504.8229445

ค่าเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านของแสงสีขาว = 47.2 %

ตารางที่ ก-21 %T (Vis) ของตัวอย่างฟิล์มกรองแสงตัวอย่างที่ 8 ที่ใช้เครื่อง Spectrometer  
ที่ไม่ใช่ Integrating Sphere

NO	wave length (nm)	%t	Weight coefficient	Result	NO	wave length (nm)	%t	Weight coefficient	Result
1	780	29.752	0.000015	0.0004463	2	770	31.996	0.00003	0.00095988
3	760	32.245	0.00006	0.0019347	4	750	28.808	0.00012	0.00345696
5	740	31.144	0.00025	0.007786	6	730	34.425	0.00052	0.017901
7	720	33.018	0.00105	0.0346689	8	710	28.176	0.0021	0.0591696
9	700	27.195	0.0041	0.1114995	10	690	27.969	0.0082	0.2293458
11	680	27.78	0.017	0.47226	12	670	26.697	0.032	0.854304
13	660	27.182	0.061	1.658102	14	650	27.744	0.107	2.968608
15	640	27.149	0.175	4.751075	16	630	24.258	0.265	6.42837
17	620	25.167	0.381	9.588627	18	610	24.45	0.503	12.29835
19	600	25.897	0.631	16.341007	20	590	24.363	0.757	18.442791
21	580	23.612	0.87	20.54244	22	570	22.859	0.952	21.761768
23	560	23.483	0.995	23.365585	24	550	26.635	0.995	26.551575
25	540	26.121	0.954	24.919434	26	530	26.665	0.862	22.98523
27	520	26.504	0.71	18.81784	28	510	29.237	0.503	14.706211
29	500	27.921	0.323	9.018483	30	490	26.832	0.208	5.581056
31	480	26.38	0.139	3.66682	32	470	26.308	0.091	2.394028
33	460	27.027	0.06	1.62162	34	450	27.027	0.038	1.027026
35	440	27.733	0.023	0.637859	36	430	27.733	0.0116	0.3217028
37	420	27.346	0.004	0.109384	38	410	27.346	0.00121	0.03308866
39	400	26.335	0.000396	0.0104287	40	390	18.938	0.00012	0.00227256
41	380	5.725	0.000039	0.0002233		Total	1093.232	10.68581	272.3447143

ค่าเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านของแสงสีขาว = 25.5 %

ตารางที่ ก-22 %T (Vis) ของตัวอย่างฟิล์มกรองแสงตัวอย่างที่ 9 ที่ใช้เครื่อง Spectrometer  
ที่ไม่ใช่ Integrating Sphere

NO	wave length (nm)	%t	Weight coefficient	Result	NO	wave length (nm)	%t	Weight coefficient	Result
1	780	57.774	0.000015	0.0008666	2	770	61.719	0.00003	0.00185157
3	760	52.918	0.00006	0.0031751	4	750	64.679	0.00012	0.00776148
5	740	56.778	0.00025	0.0141945	6	730	58.216	0.00052	0.03027232
7	720	60.747	0.00105	0.0637844	8	710	59.327	0.0021	0.1245867
9	700	56.693	0.0041	0.2324413	10	690	54.267	0.0082	0.4449894
11	680	52.303	0.017	0.889151	12	670	51.822	0.032	1.658304
13	660	51.117	0.061	3.118137	14	650	48.687	0.107	5.209509
15	640	54.3	0.175	9.5025	16	630	44.186	0.265	11.70929
17	620	43.44	0.381	16.55064	18	610	42.74	0.503	21.49822
19	600	43.014	0.631	27.141834	20	590	41.773	0.757	31.622161
21	580	38.18	0.87	33.2166	22	570	39.338	0.952	37.449776
23	560	40.655	0.995	40.451725	24	550	41.156	0.995	40.95022
25	540	42.725	0.954	40.75965	26	530	43.2	0.862	37.2384
27	520	43.462	0.71	30.85802	28	510	43.655	0.503	21.958465
29	500	42.547	0.323	13.742681	30	490	43.393	0.208	9.025744
31	480	43.288	0.139	6.017032	32	470	42.691	0.091	3.884881
33	460	41.609	0.06	2.49654	34	450	40.672	0.038	1.545536
35	440	40.309	0.023	0.927107	36	430	41.351	0.0116	0.4796716
37	420	39.971	0.004	0.159884	38	410	38.453	0.00121	0.04652813
39	400	35.144	0.000396	0.013917	40	390	23.964	0.00012	0.00287568
41	380	5.313	0.000039	0.0002072		Total	1858.604	10.68581	449.4758429

ค่าเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านของแสงสีขาว = 42.1 %

ตารางที่ ก-23 %T (Vis) ของตัวอย่างฟิล์มกรองแสงตัวอย่างที่10 ที่ใช้เครื่อง Spectrometer  
ที่ไม่ใช้ Integrating Sphere

NO	wave length (nm)	%t	Weight coefficient	Result	NO	wave length (nm)	%t	Weight coefficient	Result
1	780	46.971	0.000015	0.0007046	2	770	47.427	0.00003	0.00142281
3	760	48.031	0.00006	0.0028819	4	750	45.666	0.00012	0.00547992
5	740	48.721	0.00025	0.0121803	6	730	45.915	0.00052	0.0238758
7	720	47.69	0.00105	0.0500745	8	710	47.413	0.0021	0.0995673
9	700	45.987	0.0041	0.1885467	10	690	47.002	0.0082	0.3854164
11	680	47.542	0.017	0.808214	12	670	46.576	0.032	1.490432
13	660	45.762	0.061	2.791482	14	650	44.48	0.107	4.75936
15	640	45.124	0.175	7.8967	16	630	46.172	0.265	12.23558
17	620	46.735	0.381	17.806035	18	610	46.198	0.503	23.237594
19	600	46.233	0.631	29.173023	20	590	46.485	0.757	35.189145
21	580	44.044	0.87	38.31828	22	570	45.134	0.952	42.967568
23	560	44.785	0.995	44.561075	24	550	44.835	0.995	44.660575
25	540	45.344	0.954	43.258176	26	530	44.615	0.862	38.45813
27	520	44.239	0.71	31.40969	28	510	44.25	0.503	22.25775
29	500	44.001	0.323	14.212323	30	490	42.638	0.208	8.868704
31	480	42.348	0.139	5.886372	32	470	43.547	0.091	3.962777
33	460	41.875	0.06	2.5125	34	450	44.288	0.038	1.682944
35	440	41.459	0.023	0.953557	36	430	41.785	0.0116	0.484706
37	420	39.971	0.004	0.159884	38	410	33.05	0.00121	0.0399905
39	400	37.628	0.000396	0.0149007	40	390	3.137	0.00012	0.00037644
41	380	5.101	0.000039	0.0001989		Total	1750.254	10.68581	480.8281942

ค่าเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านของแสงสีขาว = 45.0 %



ตารางที่ ก-24 %T (Vis) ของตัวอย่างฟิล์มกรองแสงตัวอย่างที่ 11 ที่ใช้เครื่อง Spectrometer  
ที่ไม่ใช่ Integrating Sphere

NO	wave length (nm)	%t	Weight coefficient	Result	NO	wave length (nm)	%t	Weight coefficient	Result
1	780	53.721	0.000015	0.0008058	2	770	60.302	0.00003	0.00180906
3	760	52.06	0.00006	0.0031236	4	750	57.874	0.00012	0.00694488
5	740	53.581	0.00025	0.0133953	6	730	56.675	0.00052	0.029471
7	720	61.321	0.00105	0.0643871	8	710	56.312	0.0021	0.1182552
9	700	53.563	0.0041	0.2196083	10	690	52.516	0.0082	0.4306312
11	680	50.697	0.017	0.861849	12	670	50.072	0.032	1.602304
13	660	48.468	0.061	2.956548	14	650	45.625	0.107	4.881875
15	640	43.387	0.175	7.592725	16	630	40.981	0.265	10.859965
17	620	40.485	0.381	15.424785	18	610	41.68	0.503	20.96504
19	600	40.287	0.631	25.421097	20	590	39.879	0.757	30.188403
21	580	37.403	0.87	32.54061	22	570	38.162	0.952	36.330224
23	560	37.398	0.995	37.21101	24	550	38.917	0.995	38.722415
25	540	39.069	0.954	37.271826	26	530	39.002	0.862	33.619724
27	520	39.009	0.71	27.69639	28	510	40.036	0.503	20.138108
29	500	41.286	0.323	13.335378	30	490	41.767	0.208	8.687536
31	480	40.949	0.139	5.691911	32	470	41.698	0.091	3.794518
33	460	41.875	0.06	2.5125	34	450	42.492	0.038	1.614696
35	440	41.459	0.023	0.953557	36	430	40.063	0.0116	0.4647308
37	420	39.971	0.004	0.159884	38	410	39.519	0.00121	0.04781799
39	400	37.628	0.000396	0.0149007	40	390	24.3	0.00012	0.002916
41	380	5.101	0.000039	0.0001989		Total	1786.59	10.68581	422.4538841

ค่าเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านของแสงสีขาว = 39.5 %

ตารางที่ ก-25 %T (Vis) ของตัวอย่างฟิล์มกรองแสงตัวอย่างที่12 ที่ใช้เครื่อง Spectrometer  
ที่ไม่ใช้ Integrating Sphere

NO	wave length (nm)	%t	Weight coefficient	Result	NO	wave length (nm)	%t	Weight coefficient	Result
1	780	85.423	0.000015	0.0012813	2	770	85.135	0.00003	0.00255405
3	760	83.725	0.00006	0.0050235	4	750	80.565	0.00012	0.0096678
5	740	75.261	0.00025	0.0188153	6	730	66.062	0.00052	0.03435224
7	720	53.794	0.00105	0.0564837	8	710	43.294	0.0021	0.0909174
9	700	35.126	0.0041	0.1440166	10	690	31.953	0.0082	0.2620556
11	680	31.901	0.017	0.542317	12	670	33.201	0.032	1.062432
13	660	35.526	0.061	2.167086	14	650	37.95	0.107	4.06065
15	640	40.104	0.175	7.0182	16	630	43.307	0.265	11.476355
17	620	47.283	0.381	18.014823	18	610	52.011	0.503	26.161533
19	600	56.262	0.631	35.501322	20	590	59.107	0.757	44.743999
21	580	55.936	0.87	48.66432	22	570	50.579	0.952	48.151208
23	560	47.933	0.995	47.693335	24	550	51.127	0.995	50.871365
25	540	52.843	0.954	50.412222	26	530	50.07	0.862	43.16034
27	520	49.434	0.71	35.09814	28	510	54.047	0.503	27.185641
29	500	57.751	0.323	18.653573	30	490	59.111	0.208	12.295088
31	480	66.636	0.139	9.262404	32	470	65.464	0.091	5.957224
33	460	58.54	0.06	3.5124	34	450	52.119	0.038	1.980522
35	440	58.603	0.023	1.347869	36	430	58.98	0.0116	0.684168
37	420	60.434	0.004	0.241736	38	410	59.737	0.00121	0.07228177
39	400	46.279	0.000396	0.0183265	40	390	23.059	0.00012	0.00276708
41	380	6.765	0.000039	0.0002638		Total	2162.44	10.68581	556.6391209

ค่าเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านของแสงสีขาว = 52.1%

ตารางที่ ก-26 %T (Vis) ของตัวอย่างแผ่นพลาสติก ตัวอย่างที่ 1 ที่ใช้เครื่อง Spectrometer  
ที่ใช้ Integrating Sphere

NO	wave length (nm)	%T	Weight coefficient	Result	NO	wave length (nm)	%T	Weight coefficient	Result
1	780	86.757	0.000015	0.0013014	2	770	87.791	0.00003	0.00263373
3	760	85.598	0.00006	0.0051359	4	750	85.552	0.00012	0.01026624
5	740	88.015	0.00025	0.0220038	6	730	85.218	0.00052	0.04431336
7	720	92.031	0.00105	0.0966326	8	710	88.212	0.0021	0.1852452
9	700	90.615	0.0041	0.3715215	10	690	91.786	0.0082	0.7526452
11	680	89.646	0.017	1.523982	12	670	89.404	0.032	2.860928
13	660	92.456	0.061	5.639816	14	650	91.044	0.107	9.741708
15	640	88.97	0.175	15.56975	16	630	87.65	0.265	23.22725
17	620	89.152	0.381	33.966912	18	610	89.187	0.503	44.861061
19	600	91.029	0.631	57.439299	20	590	94.241	0.757	71.340437
21	580	96.7	0.87	84.129	22	570	88.015	0.952	83.79028
23	560	91.716	0.995	91.25742	24	550	90.387	0.995	89.935065
25	540	90.918	0.954	86.735772	26	530	90.218	0.862	77.767916
27	520	90.665	0.71	64.37215	28	510	89.877	0.503	45.208131
29	500	90.112	0.323	29.106176	30	490	92.003	0.208	19.136624
31	480	90.596	0.139	12.592844	32	470	88.546	0.091	8.057686
33	460	87.184	0.06	5.23104	34	450	87.433	0.038	3.322454
35	440	87.874	0.023	2.021102	36	430	91.776	0.0116	1.0646016
37	420	90.739	0.004	0.362956	38	410	91.08	0.00121	0.1102068
39	400	87.005	0.000396	0.034454	40	390	74.73	0.00012	0.0089676
41	380	69.376	0.000039	0.0027057		Total	3641.304	10.68581	971.9104197

ค่าเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านของแสงสีขาว = 90.9 %

ตารางที่ ก-27 %T (Vis) ของตัวอย่างแผ่นพลาสติก ตัวอย่างที่ 2 ที่ใช้เครื่อง Spectrometer  
ที่ใช้ Integrating Sphere

NO	wave length (nm)	%t	Weight coefficient	Result	NO	wave length (nm)	%t	Weight coefficient	Result
1	780	88.88	0.000015	0.0013332	2	770	98.494	0.00003	0.00295482
3	760	85.921	0.00006	0.0051553	4	750	85.959	0.00012	0.01031508
5	740	96.329	0.00025	0.0240823	6	730	94.244	0.00052	0.04900688
7	720	90.129	0.00105	0.0946355	8	710	89.066	0.0021	0.1870386
9	700	90.533	0.0041	0.3711853	10	690	93.821	0.0082	0.7693322
11	680	90.806	0.017	1.543702	12	670	94.454	0.032	3.022528
13	660	88.873	0.061	5.421253	14	650	90.89	0.107	9.72523
15	640	94.435	0.175	16.526125	16	630	93.12	0.265	24.6768
17	620	89.39	0.381	34.05759	18	610	92.192	0.503	46.372576
19	600	90.704	0.631	57.234224	20	590	92.332	0.757	69.895324
21	580	89.043	0.87	77.46741	22	570	81.328	0.952	77.424256
23	560	82.575	0.995	82.162125	24	550	83.264	0.995	82.84768
25	540	82.346	0.954	78.558084	26	530	81.799	0.862	70.510738
27	520	81.581	0.71	57.92251	28	510	83.307	0.503	41.903421
29	500	82.935	0.323	26.788005	30	490	81.043	0.208	16.856944
31	480	81.815	0.139	11.372285	32	470	78.213	0.091	7.117383
33	460	78.875	0.06	4.7325	34	450	76.715	0.038	2.91517
35	440	75.44	0.023	1.73512	36	430	73.255	0.0116	0.849758
37	420	73.884	0.004	0.295536	38	410	79.432	0.00121	0.09611272
39	400	74.66	0.000396	0.0295654	40	390	64.642	0.00012	0.00775704
41	380	65.62	0.000039	0.0025592		Total	3482.34	10.68581	911.5853253

ค่าเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านของแสงสีขาว = 85.3 %

ตารางที่ ก-28 %T (Vis) ของตัวอย่างแผ่นพลาสติก ตัวอย่างที่ 3 ที่ใช้เครื่อง Spectrometer  
ที่ใช้ Integrating Sphere

NO	wave length (nm)	%t	Weight coefficient	Result	NO	wave length (nm)	%t	Weight coefficient	Result
1	780	86.578	0.000015	0.0012987	2	770	85.834	0.00003	0.00257502
3	760	89.195	0.00006	0.0053517	4	750	83.912	0.00012	0.01006944
5	740	86.516	0.00025	0.021629	6	730	87.481	0.00052	0.04549012
7	720	85.268	0.00105	0.0895314	8	710	84.725	0.0021	0.1779225
9	700	84.05	0.0041	0.344605	10	690	85.841	0.0082	0.7038962
11	680	85.814	0.017	1.458838	12	670	83.538	0.032	2.673216
13	660	84.829	0.061	5.174569	14	650	81.373	0.107	8.706911
15	640	82.48	0.175	14.434	16	630	82.672	0.265	21.90808
17	620	80.989	0.381	30.856809	18	610	82.05	0.503	41.27115
19	600	83.33	0.631	52.58123	20	590	83.447	0.757	63.169379
21	580	82.678	0.87	71.92986	22	570	83.475	0.952	79.4682
23	560	81.847	0.995	81.437765	24	550	81.666	0.995	81.25767
25	540	80.487	0.954	76.784598	26	530	80.141	0.862	69.081542
27	520	83.985	0.71	59.62935	28	510	83.066	0.503	41.782198
29	500	84.967	0.323	27.444341	30	490	84.16	0.208	17.50528
31	480	84.687	0.139	11.771493	32	470	79.495	0.091	7.234045
33	460	77.038	0.06	4.62228	34	450	79.93	0.038	3.03734
35	440	75.042	0.023	1.725966	36	430	78.17	0.0116	0.906772
37	420	74.013	0.004	0.296052	38	410	70.574	0.00121	0.08539454
39	400	80.526	0.000396	0.0318883	40	390	61.817	0.00012	0.00741804
41	380	54.724	0.000039	0.0021342		Total	3332.37	10.68581	879.6781489

ค่าเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านของแสงสีขาว = 82.3 %

ตารางที่ ก-29 %T (Vis) ของตัวอย่างแผ่นพลาสติก ตัวอย่างที่ 4 ที่ใช้เครื่อง Spectrometer  
ที่ใช้ Integrating Sphere

NO	wave length (nm)	%t	Weight coefficient	Result	NO	wave length (nm)	%t	Weight coefficient	Result
1	780	83.604	0.000015	0.0012541	2	770	75.075	0.00003	0.00225225
3	760	82.716	0.00006	0.004963	4	750	78.552	0.00012	0.00942624
5	740	82.886	0.00025	0.0207215	6	730	82.92	0.00052	0.0431184
7	720	80.01	0.00105	0.0840105	8	710	80.428	0.0021	0.1688988
9	700	79.227	0.0041	0.3248307	10	690	82.127	0.0082	0.6734414
11	680	82.448	0.017	1.401616	12	670	79.931	0.032	2.557792
13	660	76.909	0.061	4.691449	14	650	81.149	0.107	8.682943
15	640	79.805	0.175	13.965875	16	630	79.926	0.265	21.18039
17	620	77.167	0.381	29.400627	18	610	79.914	0.503	40.196742
19	600	78.298	0.631	49.406038	20	590	77.057	0.757	58.332149
21	580	79.849	0.87	69.46863	22	570	77.276	0.952	73.566752
23	560	77.326	0.995	76.93937	24	550	75.904	0.995	75.60408
25	540	76.176	0.954	72.671904	26	530	76.122	0.862	65.617164
27	520	75.743	0.71	53.77753	28	510	76.941	0.503	38.701323
29	500	74.847	0.323	24.175581	30	490	76.582	0.208	15.929056
31	480	79.023	0.139	10.984197	32	470	66.221	0.091	6.026111
33	460	64.835	0.06	3.8901	34	450	65.587	0.038	2.492306
35	440	60.847	0.023	1.399481	36	430	59.715	0.0116	0.692694
37	420	62.997	0.004	0.251988	38	410	60.044	0.00121	0.07265324
39	400	55.653	0.000396	0.0220386	40	390	59.412	0.00012	0.00712944
41	380	59.075	0.000039	0.0023039		Total	3060.36	10.68581	823.4409218

ค่าเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านของแสงสีขาว = 77.1 %

ตารางที่ ก-30 %T (Vis) ของตัวอย่างแผ่นพลาสติก ตัวอย่างที่ 5 ที่ใช้เครื่อง Spectrometer  
ที่ใช้ Integrating Sphere

NO	wave length (nm)	%t	Weight coefficient	Result	NO	wave length (nm)	%t	Weight coefficient	Result
1	780	72.023	0.000015	0.0010803	2	770	83.254	0.00003	0.00249762
3	760	92.295	0.00006	0.0055377	4	750	97.142	0.00012	0.01165704
5	740	98.58	0.00025	0.024645	6	730	88.431	0.00052	0.04598412
7	720	98.76	0.00105	0.103698	8	710	95.594	0.0021	0.2007474
9	700	99.501	0.0041	0.4079541	10	690	91.229	0.0082	0.7480778
11	680	89.36	0.017	1.51912	12	670	93.65	0.032	2.9968
13	660	87.496	0.061	5.337256	14	650	79.701	0.107	8.528007
15	640	89.801	0.175	15.715175	16	630	78.126	0.265	20.70339
17	620	81.823	0.381	31.174563	18	610	88.548	0.503	44.539644
19	600	86.983	0.631	54.886273	20	590	87.257	0.757	66.053549
21	580	75.092	0.87	65.33004	22	570	90.765	0.952	86.40828
23	560	87.609	0.995	87.170955	24	550	94.615	0.995	94.141925
25	540	97.163	0.954	92.693502	26	530	81.673	0.862	70.402126
27	520	90.717	0.71	64.40907	28	510	89.287	0.503	44.911361
29	500	82.286	0.323	26.578378	30	490	74.138	0.208	15.420704
31	480	88.358	0.139	12.281762	32	470	94.728	0.091	8.620248
33	460	84.993	0.06	5.09958	34	450	87.982	0.038	3.343316
35	440	95.199	0.023	2.189577	36	430	93.448	0.0116	1.0839968
37	420	84.985	0.004	0.33994	38	410	82.036	0.00121	0.09926356
39	400	81.256	0.000396	0.0321774	40	390	71.012	0.00012	0.00852144
41	380	51.623	0.000039	0.0020133		Total	3558.52	10.68581	933.5723958

ค่าเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านของแสงสีขาว = 87.4 %

ตารางที่ ก-31 %T (Vis) ของตัวอย่างแผ่นพลาสติก ตัวอย่างที่ 1 ที่ใช้เครื่อง Spectrometer  
ที่ไม่ใช้ Integrating Sphere

NO	wave length (nm)	%t	Weight coefficent	Result	NO	wave length (nm)	%t	Weight coefficent	Result
1	780	90.963	0.000015	0.0013644	2	770	90.488	0.00003	0.00271464
3	760	90.261	0.00006	0.0054157	4	750	90.49	0.00012	0.0108588
5	740	90.325	0.00025	0.0215813	6	730	90.636	0.00052	0.04713072
7	720	90.629	0.00105	0.0951605	8	710	90.342	0.0021	0.1897182
9	700	90.653	0.0041	0.3716773	10	690	90.409	0.0082	0.7413538
11	680	90.528	0.017	1.538976	12	670	91.045	0.032	2.91344
13	660	90.855	0.061	5.542155	14	650	90.784	0.107	9.713888
15	640	90.927	0.175	15.912225	16	630	91.061	0.265	24.131165
17	620	90.877	0.381	34.624137	18	610	90.939	0.503	45.742317
19	600	90.712	0.631	57.239272	20	590	90.685	0.757	68.648545
21	580	90.738	0.87	78.94206	22	570	90.784	0.952	86.426368
23	560	90.812	0.995	90.35794	24	550	90.875	0.995	90.420625
25	540	90.615	0.954	86.44671	26	530	90.524	0.862	78.031688
27	520	90.434	0.71	64.20814	28	510	90.491	0.503	45.516973
29	500	90.054	0.323	29.087442	30	490	89.965	0.208	18.71272
31	480	89.854	0.139	12.489706	32	470	89.26	0.091	8.12266
33	460	88.467	0.06	5.30802	34	450	87.477	0.038	3.324126
35	440	86.882	0.023	1.998286	36	430	85.506	0.0116	0.9918696
37	420	84.432	0.004	0.337728	38	410	82.894	0.00121	0.10030174
39	400	80.665	0.000396	0.0319433	40	390	77.341	0.00012	0.00928092
41	380	72.863	0.000039	0.0028417		Total	3644.542	10.68581	968.3615434

ค่าเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านของแสงสีขาว = 90.6 %



ตารางที่ ก-32 %T (Vis) ของตัวอย่างแผ่นพลาสติก ตัวอย่างที่ 2 ที่ใช้เครื่อง Spectrometer  
ที่ไม่ใช้ Integrating Sphere

NO	wave length (nm)	%t	Weight coefficient	Result	NO	wave length (nm)	%t	Weight coefficient	Result
1	780	88.301	0.000015	0.0013245	2	770	95.94	0.00003	0.0028782
3	760	87.551	0.00006	0.0052531	4	750	87.164	0.00012	0.01045968
5	740	91.911	0.00025	0.0229778	6	730	92.908	0.00052	0.04831216
7	720	89.565	0.00105	0.0940433	8	710	87.45	0.0021	0.183645
9	700	88.324	0.0041	0.3621284	10	690	96.052	0.0082	0.7876264
11	680	86.016	0.017	1.462272	12	670	90.637	0.032	2.900384
13	660	85.213	0.061	5.197993	14	650	85.123	0.107	9.108161
15	640	85.026	0.175	14.87955	16	630	87.743	0.265	23.251895
17	620	85.527	0.381	32.585787	18	610	84.249	0.503	42.377247
19	600	86.107	0.631	54.333517	20	590	85.028	0.757	64.366196
21	580	83.79	0.87	72.8973	22	570	83.635	0.952	79.62052
23	560	82.275	0.995	81.863625	24	550	83.219	0.995	82.802905
25	540	81.156	0.954	77.422824	26	530	82.997	0.862	71.543414
27	520	80.901	0.71	57.43971	28	510	82.676	0.503	41.586028
29	500	80.601	0.323	26.034123	30	490	81.586	0.208	16.969888
31	480	78.105	0.139	10.856595	32	470	79.021	0.091	7.190911
33	460	74.447	0.06	4.46682	34	450	76.007	0.038	2.888266
35	440	73.557	0.023	1.691811	36	430	74.091	0.0116	0.8594556
37	420	71.395	0.004	0.28558	38	410	68.685	0.00121	0.08310885
39	400	70.504	0.000396	0.0279196	40	390	65.609	0.00012	0.00787308
41	380	62.902	0.000039	0.0024532		Total	3383	10.68581	888.522774

ค่าเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านของแสงสีขาว = 83.2 %

ตารางที่ ก-33 %T (Vis) ของตัวอย่างแผ่นพลาสติก ตัวอย่างที่ 3 ที่ใช้เครื่อง Spectrometer  
ที่ไม่ใช้ Integrating Sphere

NO	wave length (nm)	%t	Weight coefficent	Result	NO	wave length (nm)	%t	Weight coefficent	Result
1	780	84.236	0.000015	0.0012635	2	770	83.852	0.00003	0.00251556
3	760	83.566	0.00006	0.005014	4	750	84.291	0.00012	0.01011492
5	740	83.107	0.00025	0.0207768	6	730	85.831	0.00052	0.04463212
7	720	87.648	0.00105	0.0920304	8	710	88.383	0.0021	0.1856043
9	700	92.343	0.0041	0.3781963	10	690	92.031	0.0082	0.7546542
11	680	91.766	0.017	1.560022	12	670	91.346	0.032	2.923072
13	660	91.104	0.061	5.557344	14	650	90.87	0.107	9.72309
15	640	87.631	0.175	15.335425	16	630	85.403	0.265	22.631795
17	620	85.205	0.381	32.463105	18	610	84.02	0.503	42.26206
19	600	82.821	0.631	52.260051	20	590	81.851	0.757	61.961207
21	580	81.42	0.87	70.8354	22	570	80.286	0.952	76.432272
23	560	78.121	0.995	77.730395	24	550	78.939	0.995	78.544305
25	540	78.736	0.954	75.114144	26	530	76.576	0.862	66.008512
27	520	77.403	0.71	54.95613	28	510	75.215	0.503	37.833145
29	500	74.022	0.323	23.909106	30	490	74.803	0.208	15.559024
31	480	77.533	0.139	10.777087	32	470	77.217	0.091	7.026747
33	460	76.728	0.06	4.60368	34	450	76.001	0.038	2.888038
35	440	71.413	0.023	1.642499	36	430	71.578	0.0116	0.8303048
37	420	70.718	0.004	0.282872	38	410	69.593	0.00121	0.08420753
39	400	68.997	0.000396	0.0273228	40	390	64.547	0.00012	0.00774564
41	380	60.807	0.000039	0.0023715		Total	3297.14	10.68581	853.7922461

ค่าเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านของแสงสีขาว = 79.9 %

ตารางที่ ก-34 %T (Vis) ของตัวอย่างแผ่น พลาสติก ตัวอย่างที่ 4 ที่ใช้เครื่อง Spectrometer  
ที่ไม่ใช่ Integrating Sphere

NO	wave length (nm)	%t	Weight coefficient	Result	NO	wave length (nm)	%t	Weight coefficient	Result
1	780	66.118	0.000015	0.0009918	2	770	65.636	0.00003	0.00196908
3	760	60.485	0.00006	0.0036291	4	750	65.044	0.00012	0.00780528
5	740	64.678	0.00025	0.0161695	6	730	64.379	0.00052	0.03347708
7	720	64.117	0.00105	0.0673229	8	710	63.737	0.0021	0.1338477
9	700	63.109	0.0041	0.2587469	10	690	62.897	0.0082	0.5157554
11	680	62.427	0.017	1.061259	12	670	62	0.032	1.984
13	660	61.732	0.061	3.765652	14	650	61.357	0.107	6.565199
15	640	64.862	0.175	11.35085	16	630	66.585	0.265	17.645025
17	620	67.427	0.381	25.689687	18	610	67.043	0.503	33.722629
19	600	69.637	0.631	43.940947	20	590	69.298	0.757	52.458586
21	580	73.02	0.87	63.5274	22	570	73.74	0.952	70.20048
23	560	72.572	0.995	72.20914	24	550	72.307	0.995	71.945465
25	540	71.084	0.954	67.814136	26	530	70.844	0.862	61.067528
27	520	70.745	0.71	50.22895	28	510	69.372	0.503	34.894116
29	500	67.126	0.323	21.681698	30	490	67.169	0.208	13.971152
31	480	66.026	0.139	9.177614	32	470	66.541	0.091	6.055231
33	460	66.414	0.06	3.98484	34	450	65.95	0.038	2.5061
35	440	65.708	0.023	1.511284	36	430	65.287	0.0116	0.7573292
37	420	64.828	0.004	0.259312	38	410	64.178	0.00121	0.07765538
39	400	93.123	0.000396	0.0368767	40	390	51.675	0.00012	0.006201
41	380	49.189	0.000039	0.0019184		Total	2719.44	10.68581	751.1379511

ค่าเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านของแสงสีขาว = 70.3 %

ตารางที่ ก-35 %T (Vis) ของตัวอย่างแผ่นพลาสติก ตัวอย่างที่ 5 ที่ใช้เครื่อง Spectrometer  
ที่ไม่ใช่ Integrating Sphere

NO	wave length (nm)	%t	Weight coefficient	Result	NO	wave length (nm)	%t	Weight coefficient	Result
1	780	90.502	0.000015	0.0013575	2	770	90.339	0.00003	0.00271017
3	760	90.275	0.00006	0.0054165	4	750	91.247	0.00012	0.01094964
5	740	91.191	0.00025	0.0227978	6	730	91.16	0.00052	0.0474032
7	720	91.22	0.00105	0.095781	8	710	91.274	0.0021	0.1916754
9	700	91.269	0.0041	0.3742029	10	690	91.243	0.0082	0.7481926
11	680	92.23	0.017	1.56791	12	670	92.418	0.032	2.957376
13	660	91.344	0.061	5.571984	14	650	91.397	0.107	9.779479
15	640	91.298	0.175	15.97715	16	630	90.237	0.265	23.912805
17	620	89.184	0.381	33.979104	18	610	87.148	0.503	43.835444
19	600	87.159	0.631	54.997329	20	590	85.152	0.757	64.460064
21	580	84.977	0.87	73.92999	22	570	84.039	0.952	80.005128
23	560	84.991	0.995	84.566045	24	550	84.935	0.995	84.510325
25	540	85.905	0.954	81.95337	26	530	85.891	0.862	74.038042
27	520	86.869	0.71	61.67699	28	510	87.863	0.503	44.195089
29	500	88.814	0.323	28.686922	30	490	90.727	0.208	18.871216
31	480	90.693	0.139	12.606327	32	470	91.857	0.091	8.358987
33	460	91.851	0.06	5.51106	34	450	92.766	0.038	3.525108
35	440	92.704	0.023	2.132192	36	430	92.558	0.0116	1.0736728
37	420	93.464	0.004	0.373856	38	410	93.152	0.00121	0.11271392
39	400	91.779	0.000396	0.0363445	40	390	81.835	0.00012	0.0098202
41	380	42.072	0.000039	0.0016408		Total	3627.04	10.68581	924.7140001

ค่าเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านของแสงสีขาว = 86.5 %

ภาคผนวก ข  
ตัวอย่างการคำนวณ

การคำนวณค่าเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านของแสงสีขาว จากข้อมูลในตารางที่ ก-2  
จากสมการที่ 2

$$\%T = \frac{\sum_{380}^{780} D_{\lambda} \tau(\lambda) V_{\lambda} \Lambda_{\lambda}}{\sum_{380}^{780} D_{\lambda} V_{\lambda} \Lambda_{\lambda}}$$

ซึ่ง  $D_{\lambda} V_{\lambda} \Lambda_{\lambda}$  เป็น Weight coefficient ของแต่ละความยาวคลื่น

$$\sum_{380}^{780} D_{\lambda} V_{\lambda} \Lambda_{\lambda} = 10.68581$$

$\tau(\lambda)$  เป็นค่าเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านของแสงแต่ละความยาวคลื่น (%t)

$D_{\lambda} \tau(\lambda) V_{\lambda} \Lambda_{\lambda}$  เป็นค่าผลคูณของ %t กับ Weight coefficient

$$\sum_{380}^{780} D_{\lambda} \tau(\lambda) V_{\lambda} \Lambda_{\lambda} = 635.5572226$$

ดังนั้น

$$\%T = \frac{635.5572226}{10.68581} = 59.5 \%$$

ค่าเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านของแสงสีขาว = 59.5 %

ภาคผนวก ก

การทดสอบทางสถิติ

วิธีการทดสอบที่ 1 ค่า %T ที่วัดจากเครื่อง Haze Meter และเครื่อง

Spectrometer สำหรับแผ่นฟิล์มกรองแสง

ตัว อย่าง ที่	เครื่องวัด Hazemeter (X)	เครื่องวัด Spectrometer ที่ ใช้ Integrating Sphere (Y)	เครื่องวัด Spectrometer ที่ไม่ ใช้ Integrating Sphere (Z)	$D_1$ $= (X - Y)$	$(D_1)^2$
1	60.5	59.5	59.8	1.0	1.00
2	61.2	62.2	55.6	-1.0	1.00
3	55.1	54.1	53.5	1.0	1.00
4	48.0	47.1	44.4	0.9	0.81
5	48.8	48.9	48.2	-0.1	0.01
6	45.8	44.7	41.9	1.1	1.21
7	51.7	51.4	47.2	0.3	0.09
8	28.7	28.3	25.5	0.4	0.16
9	46.1	45.1	42.1	1.0	1.0
10	50.3	50.6	45.0	-0.3	0.09
11	41.5	41.3	39.5	0.2	0.04
12	54.5	54.1	52.1	0.4	0.16
				$\Sigma D_1 = 4.9$	$\Sigma (D_1)^2$ $= 6.57$

เราจะทำการทดสอบทางสถิติของการใช้เครื่องวัด Haze Meter และเครื่องวัด Spectrometer ที่ใช้ Integrating Sphere ในการวัดค่าเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านของแสงของตัวอย่างแผ่นฟิล์มกรองแสง

ตั้งสมมติฐาน  $H_0: \mu_D = 0$  และ  $H_1: \mu_D \neq 0$  ที่ระดับนัยสำคัญ  $\alpha = 0.05$

เราจะยอมรับ  $H_0$  ถ้า

$$T = \frac{D - d_0}{\frac{S_D}{\sqrt{n}}} = D - 0 \leq t_{0.025, 11} = 2.201 \quad ; \quad \mu_D - d_0 = 0$$

จาก  $D = \frac{\sum D_i}{n} = \frac{4.9}{12} = 0.408$

และ  $(S_D)^2 = \frac{\sum (D_i)^2 - n(D)^2}{n-1} = \frac{6.57 - 12(0.408)^2}{12-1} = 0.416$

เมื่อแทนค่าลงในสถิติทดสอบ T จะได้

$$T = \frac{0.408\sqrt{12}}{\sqrt{0.416}} = 2.191$$

ดังนั้นจึงยอมรับ  $H_0: \mu_D = 0$  และไม่ยอมรับ  $H_1: \mu_D \neq 0$  ที่ระดับนัยสำคัญ  $\alpha = 0.05$  หรือช่วงของความเชื่อมั่น 95 % จึงกล่าวได้ว่าเครื่องวัด Haze Meter และเครื่องวัด Spectrometer ที่ใช้ Integrating Sphere ในการวัดค่าเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านของแสงนั้นสามารถใช้แทนกันได้

วิธีการทดสอบที่ 2 ค่า %T ที่วัดจากเครื่อง Hazemeter และเครื่อง

Spectrometer สำหรับแผ่นพลาสติก

ตัว อย่างที่	เครื่องวัด Hazemeter ( $X_1$ )	เครื่องวัด Spectrometer ที่ ใช้ Integrating Sphere ( $Y_1$ )	เครื่องวัด Spectrometer ที่ไม่ ใช้ Integrating Sphere ( $Z_1$ )	$D_3$ $= (X - Y)$	$(D_3)^2$
1	92.2	90.9	90.6	1.3	1.69
2	87.0	85.3	83.2	1.7	2.89
3	85.6	82.3	79.9	3.3	10.89
4	79.5	77.1	70.3	2.4	5.76
5	89.6	87.4	86.5	2.2	4.84
				$\Sigma D_3 = 10.9$	$\Sigma (D_3)^2 = 26.07$

เราจะทำการทดสอบทางสถิติของการใช้เครื่องวัด Haze Meter และเครื่องวัด Spectrometer ที่ใช้ Integrating Sphere ในการวัดค่าเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านของแสงของตัวอย่างแผ่นพลาสติก

ตั้งสมมติฐาน  $H_0: \mu_D = 0$  และ  $H_1: \mu_D \neq 0$  ที่ระดับนัยสำคัญ  $\alpha = 0.05$

เราจะยอมรับ  $H_0$  ถ้า

$$T = \frac{D - d_0}{\frac{S_D}{\sqrt{n}}} = \frac{D - 0}{\frac{S_D}{\sqrt{n}}} \leq t_{0.025, 4} = 2.776 \quad ; \quad \mu_D = d_0 = 0$$

จาก  $D = \frac{\sum D_3}{n} = \frac{10.9}{5} = 2.18$

และ  $(S_D)^2 = \frac{\sum (D_3)^2 - n(D)^2}{n-1} = \frac{26.07 - 5(2.18)^2}{5-1} = 0.577$



เมื่อแทนค่าลงในสถิติทดสอบ T จะได้

$$T = \frac{2.18\sqrt{5}}{\sqrt{0.577}} = 6.417$$

ดังนั้นจึงไม่ยอมรับ  $H_0: \mu_D = 0$  และยอมรับ  $H_1: \mu_D \neq 0$  ที่ระดับนัยสำคัญ  $\alpha = 0.05$  หรือ ช่วงของความเชื่อมั่น 95 % จึงกล่าวได้ว่าเครื่องวัด Haze Meter และเครื่องวัด Spectrometer ที่ใช้ Integrating Sphere ในการวัดค่าเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านของแสงนั้นไม่สามารถใช้แทนกันได้