

การพัฒนาชุดทดลองการโพลาริเซชันของแสงโดยใช้สมาร์ทโฟน

อาทิตย์ หมวดคงจันทร์, ประสงค์ เกษราธิคุณ และ สุวิทย์ คงภักดี

สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษาสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์พื้นฐาน คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตสงขลา อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา 90000

boy521031646@hotmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษาการโพลาริเซชันของแสงและกฎของมาลัส โดยใช้ชุดทดลองการโพลาริเซชันของแสงโดยใช้สมาร์ทโฟน (Smartphone) ที่สามารถติดตั้งได้ง่ายและมีราคาถูก มีอุปกรณ์ทดลองประกอบด้วย ตัวโพลาริเซชันที่ได้จากฟิล์มโพลาริเซชันของสมาร์ทโฟนรุ่นเก่า แหล่งกำเนิดแสงโพลาริเซชันจากหน้าจอคอมพิวเตอร์แบบพกพา อุปกรณ์สำหรับจับและหมุนสมาร์ทโฟน และสมาร์ทโฟนในระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ (Android) โดยสมาร์ทโฟนที่เลือกใช้ต้องมีเซ็นเซอร์ (Sensor) ที่จำเป็นสองส่วนประกอบด้วยเซ็นเซอร์ตรวจจับแสง (Light Sensor) กับเซ็นเซอร์ตรวจจับการหมุน (Orientation Sensor) และใช้แอปพลิเคชัน Physics Toolbox Sensor Suite ในการวิเคราะห์ จากการศึกษาคุณสมบัติเฉพาะตัวของสมาร์ทโฟนรุ่นต่างๆ จึงได้เลือกใช้สมาร์ทโฟนในระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ รุ่น Vivo V5s Samsung Galaxy S5 และ Oppo A37 ในการทดลองได้วางสมาร์ทโฟนห่างจากแหล่งกำเนิดแสงโพลาริเซชันที่ระยะ 2 5 10 15 และ 20 เซนติเมตร พบว่า ความสัมพันธ์ระหว่างมุมของการโพลาริเซชันกับค่าความเข้มแสงโพลาริเซชันตั้งแต่มุม 0 องศา ถึง 90 องศา มีความสอดคล้องกับกฎของมาลัส ที่ระยะ 15 เซนติเมตร เมื่อทดลองกับสมาร์ทโฟนทั้ง 3 รุ่น คือ Vivo V5s Samsung Galaxy S5 และ Oppo A37 ผลการทดลองมีค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนเมื่อเทียบกับกฎของมาลัส เท่ากับ 1.19 ± 0.01 1.32 ± 0.01 และ 1.62 ± 0.01 และมีค่า R-Squared (R^2) เป็น 0.9978 0.9978 และ 0.9985 ตามลำดับ

คำสำคัญ: โพลาริเซชันของแสง, กฎของมาลัส, สมาร์ทโฟน, โพลาริเซชัน, แอปพลิเคชัน Physics Toolbox Sensor Suite

บทนำ

การศึกษาเป็นเครื่องมือสำคัญในการสร้างคน สร้างสังคม และสร้างชาติ เป็นกลไกหลัก ในการพัฒนากำลังคนให้มีคุณภาพสามารถดำรงชีวิตอยู่ร่วมกับบุคคลอื่นในสังคมได้อย่างเป็นสุขในกระแสการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วของโลกศตวรรษที่ 21 เนื่องจากการศึกษามีบทบาทสำคัญในการสร้างความได้เปรียบของประเทศ [1] ดังนั้นการศึกษาของประเทศไทยในศตวรรษที่ 21 จึงจำเป็นต้องเน้นเด็กและเยาวชนไทยให้มีทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม หรือ 3R และ 8C [2] และ สมาร์ทโฟน (Smart Phone) ซึ่งเป็นเครื่องมือสื่อสารประเภทหนึ่งที่กำลังได้รับความนิยมอย่างสูงจากผู้ใช้งานเนื่องจากเป็นโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่มีความสามารถเพิ่มเติมเหนือจากโทรศัพท์เคลื่อนที่ทั่วไป สมาร์ทโฟนเปรียบเสมือนเป็นคอมพิวเตอร์พกพาที่สามารถเชื่อมต่อความสามารถหลักของโทรศัพท์มือถือเข้ากับโปรแกรมประยุกต์ในโทรศัพท์ [3] และมีเซ็นเซอร์วัดความเข้มแสงกับเซ็นเซอร์วัดการเปลี่ยนแปลงของมุม ผู้วิจัยจึงได้ศึกษางานวิจัยของมาร์ติน มอนเทียโร และคณะ [4] ซึ่งทำการศึกษากการโพลาริเซชันของแสงและกฎของมาลัสโดยใช้สมาร์ทโฟน ซึ่งเป็น การทดลองที่ติดตั้งง่ายและราคาถูก

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะพัฒนาและสร้างชุดทดลองการโพลาริเซชันของแสง โดยนำความสามารถของสมาร์ทโฟนซึ่งมีลักษณะเฉพาะตัวมาประยุกต์ใช้ในการศึกษากการโพลาริเซชันของแสง และเลือกใช้โพลาริเซชันที่ได้จากฟิล์มโพลาริเซชันจากสมาร์ทโฟนรุ่นเก่ามาใช้ในการทดลอง

ทฤษฎี (Theory)

แสง (Light) เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและเป็นคลื่นตามขวางประกอบด้วยสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กที่สั่นตั้งฉากกันในระนาบที่ตั้งฉากกับทิศการเคลื่อนที่ของคลื่นและทิศการสั่นของสนามไฟฟ้า [5]

โพลาไรเซชันของแสง (Polarization of Light) คือ การที่คลื่นแสงมีระนาบการสั่นของสนามแม่เหล็กหรือสนามไฟฟ้าเพียงระนาบเดียว

แสงโพลาไรซ์ (Polarized Light) คือ แสงซึ่งประกอบด้วยสนามไฟฟ้า ที่มีการสั่นในแนวใดแนวหนึ่งเท่านั้น เช่น ในแนวตั้ง แนวราบ หรือในแนวทำมุม 30 องศากับแกน x เป็นต้น

แสงไม่โพลาไรซ์ (Unpolarized Light) ประกอบด้วยเวกเตอร์ของสนามไฟฟ้าที่สั่นในทุกทิศทาง และอยู่บนระนาบที่ตั้งฉากกับทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่น เช่น ต้นกำเนิดแสงตามธรรมชาติจากหลอดไฟและจากดวงอาทิตย์

โพลาไรซ์เซอร์ (Polarizer) หรือ ตัวทำแสงโพลาไรซ์ คือ แผ่นวัสดุที่สามารถทำให้แสงธรรมดาเป็นแสงโพลาไรซ์ได้ เช่น แผ่นโพลาไรซ์ แว่นกันแดดโพลาไรซ์ ฟิล์มโพลาไรซ์ เป็นต้น

กฎของมาลัส (Malus' Law) คือ กฎที่บอกปริมาณความเข้มของแสงที่ผ่านไปได้ เมื่อโพลาไรซ์เซอร์ทั้งสองที่ทำมุมต่างๆ กัน โดยเมื่อแสงโพลาไรซ์ที่ผ่านโพลาไรซ์เซอร์ออกมาจะเป็นแสงโพลาไรซ์ [6] โดยมีแนวแกนโพลาไรซ์เดียวกับแนวแกนโพลาไรซ์ของโพลาไรซ์เซอร์แต่จะมีความเข้มแสง (I) เป็นไปตามกฎของมาลัส (Malus' Law)

$$I=I_0\cos^2\theta$$

โดย θ คือ มุมระหว่างแกนโพลาไรซ์ของแสงและของโพลาไรซ์เซอร์

จากกฎของมาลัส จะเห็นได้ว่าหากมุมระหว่างแกนโพลาไรซ์ของแสงและของโพลาไรซ์เซอร์มีค่าเท่ากับ 90 องศา จะทำให้ความเข้มของแสงที่ผ่านออกมาจากโพลาไรซ์เซอร์มีค่าเท่ากับ 0 หรืออาจกล่าวได้อีกอย่างหนึ่งว่า แสงโพลาไรซ์ที่มีแกนโพลาไรซ์วางตัวตั้งฉากกับแกนโพลาไรซ์โพลาไรซ์เซอร์จะไม่สามารถผ่านโพลาไรซ์เซอร์ออกมาได้

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การศึกษาคุณสมบัติเฉพาะตัวของสมาร์ทโฟน

สืบค้นข้อมูลในระบบออนไลน์จากเว็บไซต์ siamphone.com เรื่อง คุณสมบัติเฉพาะตัวของสมาร์ทโฟน เกี่ยวกับเซ็นเซอร์ของสมาร์ทโฟนในระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่จำเป็นสองส่วนประกอบด้วยเซ็นเซอร์ตรวจจับแสงกับเซ็นเซอร์ตรวจจับการหมุน ซึ่งได้เลือกศึกษาสมาร์ทโฟนในระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ยี่ห้อ Vivo Samsung และ Oppo

นำข้อมูลที่ได้จากการสืบค้นบนที่ลงในตารางและแสดงข้อมูลเกี่ยวกับเซ็นเซอร์ตรวจจับแสงกับเซ็นเซอร์ตรวจจับการหมุน ของสมาร์ทโฟนในระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ทั้ง 3 ยี่ห้อ คือ Vivo Samsung และ Oppo วิเคราะห์และสรุปผลข้อมูลที่ได้จากการศึกษาคุณสมบัติเฉพาะตัวของสมาร์ทโฟนทั้ง 3 ยี่ห้อ

2. การพัฒนาชุดทดลองการโพลาไรเซชันของแสงโดยใช้สมาร์ทโฟน

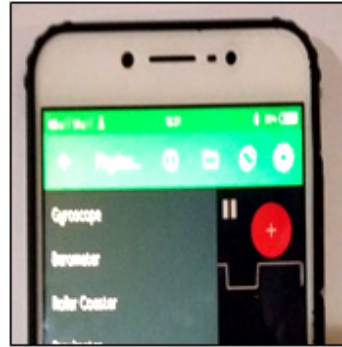
วัสดุ-อุปกรณ์ที่ใช้ในการพัฒนาชุดทดลองการโพลาไรเซชันของแสง มีดังนี้

- โพลาไรเซอร์ คือ แผ่นวัสดุที่เป็นตัวกรองแสงซึ่งสามารถทำให้แสงซึ่งมีโพลาไรซ์ตามแนวที่กำหนดหรือแบบที่ต้องการผ่านได้ โพลาไรเซอร์ที่นำมาใช้ในการสร้างชุดทดลอง คือ ฟิล์มโพลาไรซ์ที่ได้จากหน้าจอสมาร์ทโฟนรุ่นเก่า หน้า 0.17 มิลลิเมตร กว้าง 1.5 เซนติเมตร ยาว 1.5 เซนติเมตร ดังแสดงในรูปที่ 1

- แหล่งกำเนิดแสงโพลาไรซ์ที่ได้จากคอมพิวเตอร์แบบพกพา โดยเลือกใช้คอมพิวเตอร์แบบพกพา Acer Aspire 4752G ขนาดหน้าจอ 14 นิ้ว โดยแหล่งกำเนิดแสงมีความยาวคลื่นคงที่อยู่ในช่วงแสงที่ตามองเห็นได้ (Visible Light) 350-780 นาโนเมตร ดังแสดงในรูปที่ 2

- สมาร์ทโฟนที่มีเซ็นเซอร์ที่จำเป็นสองส่วนประกอบด้วยเซ็นเซอร์ตรวจจับแสงกับเซ็นเซอร์ตรวจจับการหมุน และมีแอปพลิเคชัน Physics Toolbox Sensor Suite ในการวิเคราะห์ โดยสามารถนำมาใช้ในการวัดความเข้มแสงในหน่วยลักซ์ (Lux) และวัดการเปลี่ยนแปลงของมุม ซึ่งเลือกใช้สมาร์ทโฟนในระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ Vivo V5s Samsung Galaxy S5 และ Oppo A37 ดังแสดงในรูปที่ 3

- ชุดอุปกรณ์สำหรับจับและหมุนสมาร์ทโฟนโดยเลือกใช้ไม้เซลฟี่ของสมาร์ทโฟนซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่หาง่ายและมีฐานไม่ในการตั้งเพื่อจับและหมุนสมาร์ทโฟน ดังแสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 1 ฟิล์มโพลาริซซ์ที่ได้จาก
สมาร์ทโฟนรุ่นเก่า

รูปที่ 2 แสงโพลาริซซ์ที่ได้จาก
หน้าจอคอมพิวเตอร์
แบบพกพา

รูปที่ 3 แอปพลิเคชัน Physics
Toolbox Sensor Suite และ
เซ็นเซอร์ที่อยู่ในสมาร์ทโฟน

รูปที่ 4 ชุดอุปกรณ์สำหรับจับและ
หมุนสมาร์ทโฟน

วิธีการทดลอง

- เตรียมอุปกรณ์ชุดทดลองการโพลาริเซชันของแสงแล้วนำโพลาริซซ์ฟิล์มโพลาริซซ์ที่ได้จากหน้าจอสมาร์ทโฟนรุ่นเก่า ตัดให้มีขนาดกว้าง 1.5 เซนติเมตร ยาว 1.5 เซนติเมตร มาติดบนเซ็นเซอร์ของสมาร์ทโฟนในระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ Vivo V5s ดังแสดงในรูปที่ 5
- ทำการเปิดแอปพลิเคชัน Physics Toolbox Sensor Suite ขึ้นเพื่อหมุนให้โพลาริซซ์ฟิล์มโพลาริซซ์ที่ได้จากหน้าจอสมาร์ทโฟนเก่า มีแนวแกนการโพลาริซซ์ตั้งฉากกับแหล่งกำเนิดแสงโพลาริซซ์จากคอมพิวเตอร์แบบพกพาทำให้วัดความสว่างของแสงออกมาได้น้อยที่สุด และทำการหมุนสมาร์ทโฟนเพื่อหาความสว่างของแสงที่มากที่สุดแล้วบันทึกผลการทดลอง ดังแสดงในรูปที่ 6
- วางสมาร์ทโฟนที่ติดโพลาริซซ์ฟิล์มโพลาริซซ์ที่ได้จากหน้าจอสมาร์ทโฟนรุ่นเก่า ตัดให้มีขนาดกว้าง 1.5 เซนติเมตร ยาว 1.5 เซนติเมตร ที่มีแนวแกนการโพลาริซซ์ตั้งฉากกับแหล่งกำเนิดแสงโพลาริซซ์ห่างจากคอมพิวเตอร์แบบพกพาในแนวเดียวกันเป็นระยะ 2 เซนติเมตร และชุดอุปกรณ์สำหรับจับและหมุนสมาร์ทโฟนในการจับและหมุนสมาร์ทโฟน ทำการเปิดแอปพลิเคชัน Physics Toolbox Sensor Suite โดยไปที่แถบเครื่องมือ Multi Record และเลือก Light Meter กับ Inclinator เพื่อทำการบันทึกข้อมูล เมื่อเริ่มทำการบันทึกแล้วเริ่มหมุนสมาร์ทโฟนเป็นมุมต่างๆ จากมุม $\text{Pitch}=\theta=-90^\circ$ เป็น $\theta=0^\circ$ ดังแสดงในรูปที่ 7 และส่งข้อมูลที่บันทึกได้เป็นไฟล์ .csv จากสมาร์ทโฟนไปยังคอมพิวเตอร์ เพื่อทำการวิเคราะห์ผลการทดลอง
- เปลี่ยนระยะห่างของสมาร์ทโฟนกับแหล่งกำเนิดแสงโพลาริซซ์จากคอมพิวเตอร์แบบพกพาเป็น 5 10 15 และ 20 เซนติเมตรตามลำดับ และทำการทดลองเช่นเดียวกับข้อที่ 3 นำข้อมูลที่ได้อาวิเคราะห์ผลการทดลอง
- เปลี่ยนสมาร์ทโฟนเป็นระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ Samsung Galaxy S5 และทำการทดลอง เช่นเดียวกับข้อ 1-4 ตามลำดับ
- เปลี่ยนสมาร์ทโฟนเป็นระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ Oppo A37 และทำการทดลอง เช่นเดียวกับข้อ 1-4 ตามลำดับ



รูปที่ 5 फिल्मโพลาริซตั้งบน เซ็นเซอร์ของสมาร์ทโฟน Vivo V5s

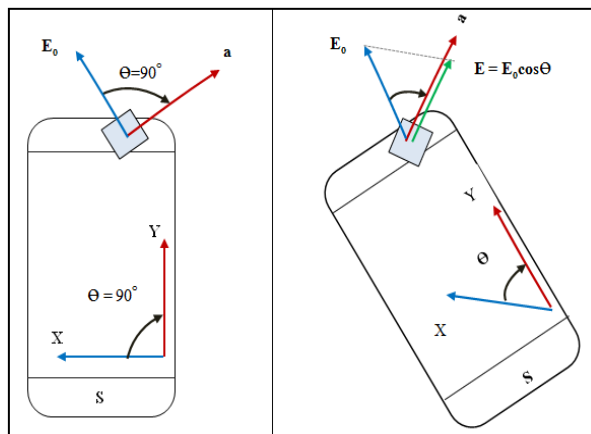
รูปที่ 6 หมุนฟิล์มโพลาริซให้ มี แนวแกนการโพลาริซตั้งฉากกับ แหล่งกำเนิดแสงโพลาริซ

รูปที่ 7 เริ่มหมุนสมาร์ทโฟนเป็นมุมต่างๆ จากมุม Pitch= $\theta=-90^\circ$ เป็น $\theta=0^\circ$

ผลและอภิปรายผล

จากการศึกษาคุณสมบัติเฉพาะตัวของสมาร์ทโฟนโดยการสืบค้นข้อมูลในระบบออนไลน์จากเว็บไซต์ siamphone.com เรื่องคุณสมบัติเฉพาะตัวของสมาร์ทโฟนเกี่ยวกับเซ็นเซอร์ที่มีอยู่ในสมาร์ทโฟนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่มีเซ็นเซอร์ที่จำเป็นสองส่วนประกอบด้วยเซ็นเซอร์ตรวจจับแสงกับเซ็นเซอร์ตรวจจับการหมุน ซึ่งได้เลือกศึกษาสมาร์ทโฟนในระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ยี่ห้อ Vivo Samsung และ Oppo

โดยผู้วิจัยได้นำผลการศึกษานำมาเลือกใช้สมาร์ทโฟน 3 รุ่น คือ Vivo V5s Samsung Galaxy S5 และ Oppo A37 ซึ่งมีเซ็นเซอร์ดังกล่าวมาใช้ในการทดลอง และผลที่ได้จากการทดลองเพื่อศึกษาทฤษฎีของมาลัสและการโพลาริเซชันของแสง พบว่า สมาร์ทโฟนที่วางห่างจากแหล่งกำเนิดแสงโพลาริซ 15 เซนติเมตร มีการโพลาริเซชันของแสงที่สอดคล้องกับทฤษฎีของมาลัส $I=I_0 \cos^2\theta$ ที่ดีและเหมาะสมที่สุด



รูปที่ 8 ให้สมาร์ทโฟนแทน S फिल्मโพลาริซที่ตั้งบนเซ็นเซอร์ตรวจจับแสง โดยมองจากหน้าจอกอมพิวเตอรื เริ่มแรก (รูปซ้าย) ให้ สมาร์ทโฟนเป็นแกน Y เมื่อเทียบกับทิศทางในแนวราบ มุม Pitch= $\theta=-90^\circ$ และแกนของฟิล์มโพลาริซจะตั้งฉากกับสนามไฟฟ้า E กับ แสงโพลาริซจากหน้าจอกอมพิวเตอรื ในขณะที่หมุนสมาร์ทโฟน (รูปขวา) ผลที่เกิดขึ้นทำให้สนามไฟฟ้าเคลื่อนที่ผ่านฟิล์ม โพลาริซมีค่าเป็น $E=E_0 \cos\theta$

ตารางที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างมุม Pitch= $\theta(^{\circ})$ กับความสว่าง (Lux) ของสมาร์ทโฟนในระบบปฏิบัติการ แอนดรอยด์ Vivo V5s ที่วางห่างจากแหล่งกำเนิดแสงโพลาริซ์ 15 เซนติเมตร

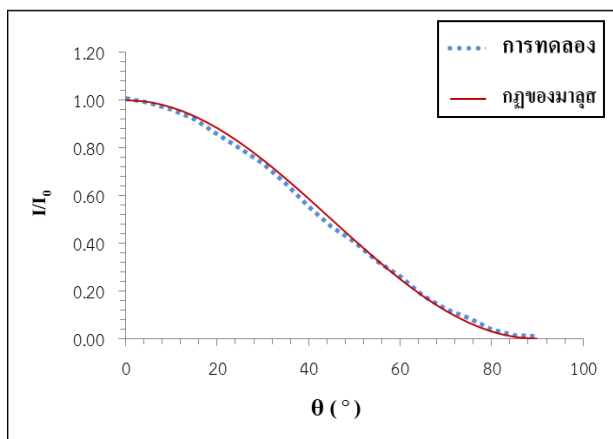
$\theta(^{\circ})$	ความสว่าง (Lux)					
	กฎของมาลุส	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	S.D.
-0	105	105	107	106	106	1.00
-5	104	103	105	104	104	1.00
-10	102	100	102	101	101	1.00
-15	98	95	97	98	97	1.53
-20	93	90	88	93	90	2.52
-25	86	85	82	84	84	1.53
-30	79	79	75	77	77	2.00
-35	70	69	66	70	68	2.08
-40	62	58	56	60	58	2.00
-45	53	50	46	52	49	3.06
-50	43	41	43	44	43	1.53
-55	35	34	33	35	34	1.00
-60	26	29	25	28	27	2.08
-65	19	18	18	21	19	1.73
-70	12	14	12	13	13	1.00
-75	7	9	8	10	9	1.00
-80	3	5	4	3	4	1.00
-85	1	2	1	1	1	0.58
-90	0	1	1	1	1	0.00

ตารางที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างมุม Pitch= $\theta(^{\circ})$ กับความสว่าง (Lux) ของสมาร์ทโฟนในระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ Samsung Galaxy S5 ที่วางห่างจากแหล่งกำเนิดแสงโพลาริซ์ 15 เซนติเมตร

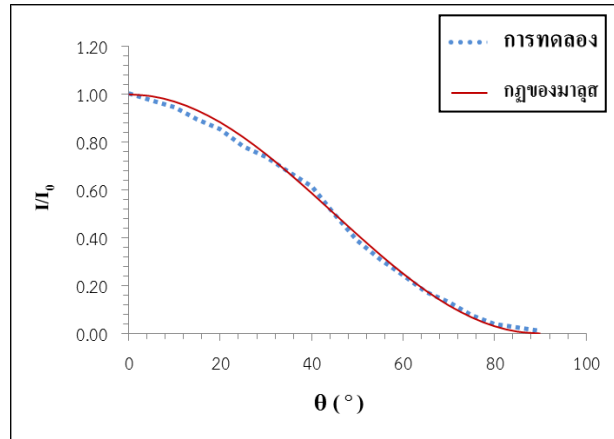
$\theta(^{\circ})$	ความสว่าง (Lux)					
	กฎของมาลุส	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	S.D.
-0	114	114	116	113	114	1.26
-5	113	112	114	108	111	3.06
-10	111	108	109	106	108	1.53
-15	106	104	100	102	102	2.00
-20	101	98	96	99	98	1.53
-25	94	89	90	88	89	1.00
-30	86	81	85	86	84	2.65
-35	76	77	80	75	77	2.52
-40	67	68	72	70	70	2.00
-45	57	52	56	62	57	5.03
-50	47	42	45	46	44	2.08
-55	38	32	36	38	35	3.06
-60	29	25	28	30	28	2.52
-65	20	16	20	24	20	4.00
-70	13	11	15	18	15	3.51
-75	8	5	8	13	9	4.04
-80	3	2	4	7	4	2.52
-85	1	2	2	4	3	1.15
-90	0	1	1	1	1	0.00

ตารางที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างมุม Pitch= $\theta(^{\circ})$ กับความสว่าง (Lux) ของสมาร์ทโฟน ในระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ Oppo A37 ที่วางห่างจากแหล่งกำเนิดแสงโพลาริซ์ 15 เซนติเมตร

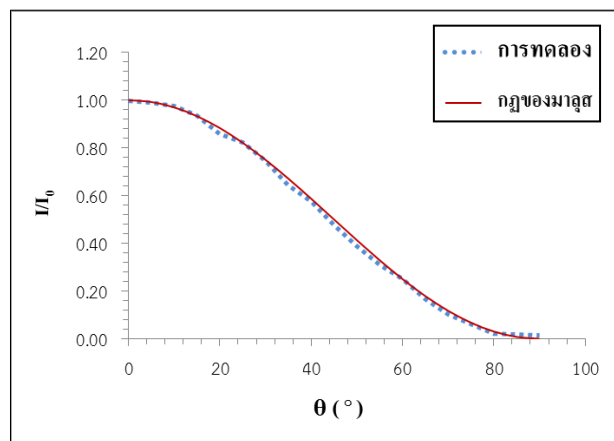
$\theta(^{\circ})$	ความสว่าง (Lux)					
	กฎของมาลุส	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	S.D.
-0	229	229	227	229	228	1.15
-5	227	228	225	226	226	1.53
-10	222	224	222	224	223	1.15
-15	214	213	215	215	214	1.15
-20	202	196	197	198	197	1.00
-25	188	189	189	187	188	1.15
-30	172	170	170	172	171	1.15
-35	154	146	147	149	147	1.53
-40	134	130	131	133	131	1.53
-45	115	107	109	110	109	1.53
-50	95	87	89	92	89	2.52
-55	75	68	71	73	71	2.52
-60	57	56	57	58	57	1.00
-65	41	37	38	40	38	1.53
-70	27	22	23	25	23	1.53
-75	15	14	13	16	14	1.53
-80	7	5	4	6	5	1.00
-85	2	4	3	4	4	0.58
-90	0	3	3	3	3	0.00



รูปที่ 9 ความสัมพันธ์อัตราส่วนของความเข้มแสงกับมุมระหว่างแกนโพลาริซ์ของแสงและของฟิล์มโพลาริซ์โดยกราฟเส้นสีฟ้าเป็นข้อมูลที่ได้จากการทดลอง และ กราฟเส้นสีแดงเป็นข้อมูลที่ได้มาจากการคำนวณจากกฎของมาลุส ซึ่งใช้สมาร์ทโฟนในระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ Vivo V5s โดยวางห่างจากแหล่งกำเนิดแสงโพลาริซ์เป็นระยะ 15 เซนติเมตร



รูปที่ 10 ความสัมพันธ์อัตราส่วนของความเข้มแสงกับมุมระหว่างแกนโพลาไรซ์ของแสงและของฟิล์มโพลาไรซ์ โดยกราฟเส้นสีฟ้าเป็นข้อมูลที่ได้จากการทดลอง และ กราฟเส้นสีแดงเป็นข้อมูลที่ได้มาจากการคำนวณจากกฎของมาลุส ซึ่งใช้สมาร์ทโฟนในระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ Samsung Galaxy S5 โดยวางห่างจากแหล่งกำเนิดแสงโพลาไรซ์เป็นระยะ 15 เซนติเมตร



รูปที่ 11 ความสัมพันธ์อัตราส่วนของความเข้มแสงกับมุมระหว่างแกนโพลาไรซ์ของแสงและของฟิล์มโพลาไรซ์ โดยกราฟเส้นสีฟ้าเป็นข้อมูลที่ได้จากการทดลอง และ กราฟเส้นสีแดงเป็นข้อมูลที่ได้มาจากการคำนวณจากกฎของมาลุส ซึ่งใช้สมาร์ทโฟนในระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ Oppo A37 โดยวางห่างจากแหล่งกำเนิดแสงโพลาไรซ์เป็นระยะ 15 เซนติเมตร

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาคุณสมบัติเฉพาะตัวของสมาร์ทโฟน

จากการศึกษาคุณสมบัติเฉพาะตัวของสมาร์ทโฟนโดยการสืบค้นข้อมูลในระบบออนไลน์จากเว็บไซต์ siamphone.com เรื่องคุณสมบัติเฉพาะตัวของสมาร์ทโฟนเกี่ยวกับเซ็นเซอร์ที่มีอยู่ในสมาร์ทโฟน พบว่าสมาร์ทโฟนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ยี่ห้อ Vivo Samsung และ Oppo ที่เลือกใช้ต้องมีเซ็นเซอร์ที่จำเป็นสองส่วนประกอบด้วยเซ็นเซอร์ตรวจจับแสงกับเซ็นเซอร์ตรวจจับการหมุน คือ Vivo V5s Samsung Galaxy S5 และ Oppo A37 ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องผลการทดลองของ เจ เอ ชานส์ และ คณะ [7] พบว่า สามารถใช้เซ็นเซอร์ที่มีอยู่ในสมาร์ทโฟน เช่น เซ็นเซอร์ความเร่ง เซ็นเซอร์แสง และเซ็นเซอร์สนามแม่เหล็ก แล้วนำมาประยุกต์ใช้กับแอปพลิเคชัน AndroidTM และ AppleTM เพื่อทำทดลองทางวิทยาศาสตร์ในวิชาฟิสิกส์พื้นฐานเป็นการกระตุ้นความสนใจกับนักเรียนในชั้นเรียน

การศึกษาการโพลาไรเซชันของแสงและกฎของมาลัสโดยใช้สมาร์ทโฟน

จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างมุมของการโพลาไรซ์กับค่าความเข้มแสงของการโพลาไรซ์ที่ใช้สมาร์ทโฟนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ รุ่น Vivo V5s Samsung Galaxy S5 และ Oppo A37 ที่วางสมาร์ทโฟนห่างจากแหล่งกำเนิดแสงโพลาไรซ์เป็นระยะ 2 5 10 15 และ 20 เซนติเมตร ตามลำดับ มีค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนเมื่อเปรียบเทียบกับกฎของมาลัสและค่า R-Squared (R^2) ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการทดลองเมื่อเทียบกับกฎของมาลัส และค่า R-Squared ของสมาร์ทโฟนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ รุ่น Vivo V5s Samsung Galaxy S5 และ Android Oppo A37

ระยะห่างของ สมาร์ทโฟนจาก แหล่งกำเนิดแสง(cm)	Vivo V5s		Samsung Galaxy S5		Android Oppo A37	
	เปอร์เซ็นต์ ความคลาดเคลื่อน	R-Squared (R^2)	เปอร์เซ็นต์ ความคลาดเคลื่อน	R-Squared (R^2)	เปอร์เซ็นต์ ความคลาดเคลื่อน	R-Squared (R^2)
2	1.62 ± 0.01	0.9945	4.35 ± 0.02	0.9955	14.22 ± 0.05	0.9479
5	13.64 ± 0.05	0.9950	4.89 ± 0.02	0.9951	9.53 ± 0.04	0.9487
10	12.17 ± 0.05	0.9871	8.94 ± 0.03	0.9942	13.46 ± 0.05	0.9505
15	1.19 ± 0.01	0.9978	1.32 ± 0.01	0.9978	1.62 ± 0.01	0.9985
20	6.77 ± 0.02	0.9879	14.15 ± 0.05	0.9511	8.72 ± 0.03	0.9502

จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างมุมของการโพลาไรซ์กับค่าความเข้มแสงของการโพลาไรซ์ที่ใช้สมาร์ทโฟนในระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ รุ่น Vivo V5s Samsung Galaxy S5 และ Oppo A37 ตั้งแต่มุม 0 องศา ถึง 90 องศา ที่วางสมาร์ทโฟนห่างจากแหล่งกำเนิดแสงโพลาไรซ์เป็นระยะ 15 เซนติเมตร พบว่า เป็นระยะที่ความเข้มแสงมีความเหมาะสมกับการทดลองการโพลาไรซ์เซชันของแสง ซึ่งผลการทดลองมีค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนเมื่อเทียบกับกฎของมาลัสเป็น 1.19 ± 0.01 1.32 ± 0.01 และ 1.62 ± 0.01 และมีค่า R-Squared เป็น 0.9978 0.9978 และ 0.9985 ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของมาร์ติน มอนเทียโร และคณะ [4] ที่ได้ศึกษาการโพลาไรเซชันของแสงโดยใช้สมาร์ทโฟนรุ่น LG-G3 และใช้ชิ้นส่วนจากเครื่องคิดเลขเก่ามาเป็นโพลาไรซ์เซอร์ซึ่งผลการทดลองมีค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนเมื่อเทียบกับกฎของมาลัสเป็น 1.87 ± 0.02 และมีค่า R-Squared เป็น 0.99316 และสอดคล้องผลการทดลองของ ลาลิสซา เวอร์เคนโก และ เลฟ เวอร์เคนโก [8] พบว่า เมื่อนำวัสดุอุปกรณ์ที่หาง่าย เช่น กล้องดิจิทัล แสงโพลาไรซ์ที่ออกจากสมาร์ทโฟน หน้าจอ LCD และ แล็บท็อป มาใช้ในการทดลองในห้องปฏิบัติการทางเลือกเพื่อตรวจสอบกฎของมาลัส

บรรณานุกรม

- [1] สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2560). แผนการศึกษาแห่งชาติ (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ : บริษัทพริกหวานกราฟฟิค จำกัด.
- [2] วิจารย์ พานิช. (2555). วิธีสร้างการเรียนรู้เพื่อศิษย์ ในศตวรรษที่ 21. (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ : มูลนิธิสดศรีสฤษดิ์วงศ์.
- [3] ระพีพัฒน์ ธนะพัฒน์ และ พันทวี สันติจิเจริญวงศ์. (2555). ระบบปฏิบัติการบนสมาร์ทโฟน. สืบค้นเมื่อ 4 มิถุนายน 2560, จาก <https://sites.google.com/a/bumail.net/smartphones-lifestyle/home>.
- [4] C. S. M. Monteiro, C. Cabeza and A. C. Marti. (2017). The Polarization of Light and Malus' Law Using Smartphones. The Physics Teacher 2017; 55(10), 264-266.
- [5] นิรันดร์ สุวรรณ์. (2556). คู่มือรายวิชาเพิ่มเติมฟิสิกส์ เล่ม 4. กรุงเทพฯ: พ.ศ. พัฒนา จำกัด.

- [6] เจษฎา สุขพิทักษ์. (2554). โพลาริเซชันของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า. กรุงเทพฯ : สำนักงานคณะกรรมการ การศึกษาขั้นพื้นฐาน และคณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. สืบค้นเมื่อ 2 มิถุนายน 2560, จาก <http://www.phukhieo.ac.th/obec-media/2554/manual/.pdf>.
- [7] J. A. Sans, F. J. Manjon, A. L. J. Pereira, J. A. Gomez-Tejedor and J. A. Monsoriu. (2013). Oscillations studied with the smartphone ambient light sensor. *European J. Phys.* 2013; 34, 1349-1354.
- [8] L. Vertchenko and L. Vertchenko. (2016). Verification of Malus's Law using a LCD monitor and Digital Photography. *Revista Brasileira de Ensino de Fisica* 2016; 38, e3311.