การพัฒนาชุดทดลอง เรื่อง การผสมแสงสีและสารสี ด้วยการใช้แนวคิดไมโครฟลูอิดิกอย่างง่าย สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

DEVELOPMENT OF LIGHT COLOR AND PIGMENT MIXING EXPERIMENTAL PACKAGE BY SIMPLE MICROFLUIDICS CONCEPT FOR UPPER SECONDARY SCHOOL STUDENTS

หทัยวัฒน์ พละศักดิ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

2565

การพัฒนาชุดทดลอง เรื่อง การผสมแสงสีและสารสี ด้วยการใช้แนวคิดไมโครฟลูอิดิกอย่างง่าย สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

หทัยวัฒน์ พละศักดิ์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ปีการศึกษา 2565
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

DEVELOPMENT OF LIGHT COLOR AND PIGMENT MIXING EXPERIMENTAL PACKAGE BY SIMPLE MICROFLUIDICS CONCEPT FOR UPPER SECONDARY SCHOOL STUDENTS

HATAIWAT PALASAK

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of MASTER OF EDUCATION

(Physics)

Faculty of Science, Srinakharinwirot University

2022

Copyright of Srinakharinwirot University

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง

การพัฒนาชุดทดลอง เรื่อง การผสมแสงสีและสารสี

ด้วยการใช้แนวคิดไมโครฟลูอิดิกอย่างง่าย สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

ของ

หทัยวัฒน์ พละศักดิ์

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์

ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

(รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ฉัตรชัย เอกปัญญาสกุล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

คณะกรรมการสอบปากเปล่าปริญญานิพนธ์

..... ที่ปรึกษาหลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภูณิศรา ลิ้มนนทกุล)

..... ประธาน

(รองศาสตราจารย์ ดร.ขจรศักดิ์ บัวระพันธ์)

..... ที่ปรึกษาร่วม

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนินันท์ พฤกษ์ประมูล)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.โชคชัย พุทธรักษา)

ชื่อเรื่อง	การพัฒนาชุดทดลอง เรื่อง การผสมแสงสีและสารสี ด้วยการใช้แนวคิดไมโครฟลูอิดิกอย่างง่าย สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย
ผู้วิจัย	หทัยวัฒน์ พละศักดิ์
ปริญญา	การศึกษามหาบัณฑิต
ปีการศึกษา	2565
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ภูณิศรา ลิ้มนนทกุล
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชนินันท์ พฤกษ์ประมูล

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาชุดทดลองและเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน วิชาฟิสิกส์ เรื่อง การผสมแสงสีและสารสี โดยจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น ในนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 40 คน โดยเลือกตัวอย่างด้วยวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม เครื่องมือที่ใช้ คือ ชุดการทดลองเรื่องการผสมแสงสีและสารสี และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สถิติที่ใช้ทดสอบสมมติฐาน ได้แก่ การทดสอบค่าที t-test (dependent Samples) และความก้าวหน้าในการเรียน (Normalized Gain) ผลการวิจัยพบว่า ชุดการทดลองที่สร้างขึ้นให้ผลลัพธ์สอดคล้องกับทฤษฎี และหลังจากใช้ชุดทดลองเรื่อง การผสมแสงสีและการผสมสารสี นักเรียนมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีค่าเฉลี่ยคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่เพิ่มขึ้น (Normalized gain) เท่ากับ 0.55 และ 0.57 ตามลำดับ

คำสำคัญ : ชุดทดลอง, การผสมแสงสี, การผสมสารสี, ระบบไมโครฟลูอิดิกส์, ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

Title	DEVELOPMENT OF LIGHT COLOR AND PIGMENT MIXING EXPERIMENTAL PACKAGE BY SIMPLE MICROFLUIDICS CONCEPT FOR UPPER SECONDARY SCHOOL STUDENTS
Author	HATAIWAT PALASAK
Degree	MASTER OF EDUCATION
Academic Year	2022
Thesis Advisor	Assistant Professor Dr. Puenisara Limnonthakul
Co Advisor	Assistant Professor Dr. Chaninan Pruekpramool

This purposes of this research were to develop an experimental package and to compare learning achievement between the pre-test and post-test in the subject of Physics on the topic of the color mixing of light and pigment using the 5E inquiry model with eleventh-grade students. The sample consisted of 40 students and was selected using the cluster random sampling method. The instruments used in the research were an experimental set and a learning achievement test. The hypotheses were tested by one sample t-test and Normalized gain <g>. The results showed consistency with the theory and learning achievement scores after learning were higher than before with a .05 level of statistical significance. The results showed the average <g> of the classroom in color mixing of light and pigment lessons were 0.55 and 0.57, respectively.

Keyword : Experimental package, Color mixing of light, Color mixing of pigment, Microfluidic system, Learning achievement

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยได้รับความช่วยเหลือและความอนุเคราะห์จากหลาย ๆ ท่าน ตั้งแต่ขั้นตอนแรกจนถึงขั้นที่งานวิจัยนี้สำเร็จ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณโครงการส่งเสริมการผลิตครูผู้มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ (สควค.) ที่ได้กรุณาให้ทุนการศึกษาและติดตามผู้จัยอย่างต่อเนื่องทางด้านการเรียนตลอดการเรียนในหลักสูตรปริญญาโท

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภูณิศรา ลิ้มนนทกุล อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนินันท์ พฤกษ์ประมูล อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่กรุณาให้ความรู้ ให้คำปรึกษา แสดงความห่วงใย และผลักดันให้ผู้วิจัยสามารถทำงานวิจัยได้อย่างราบรื่น ที่สำคัญคือ ตลอดเวลาที่ผ่านมา อาจารย์ทั้งสองคอยช่วยเหลืออยู่ข้าง ๆ และมีความเชื่อมั่นในความสามารถของผู้วิจัย ทำให้ผู้วิจัยไม่หมดกำลังใจในการทำงานวิจัยและสามารถดำเนินการจนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ผู้วิจัยขอขอบพระคุณอาจารย์ทั้งสองท่านเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ รองศาตราจารย์ ดร.ขจรศักดิ์ บัวระพันธ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.โชคชัย พุทธรักษา ที่สละเวลามาเป็นกรรมการสอบปริญญานิพนธ์ นอกจากนี้ผู้วิจัยยังได้รับคำแนะนำที่ดีอย่างยิ่งจากกรรมการทั้งสองท่าน ทำให้งานวิจัยนี้สมบูรณ์แบบมากยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณกำลังใจสำคัญจากครอบครัวที่รักยิ่ง ขอบคุณคุณพ่อ คุณแม่ และครอบครัวที่คอยสนับสนุน ช่วยเหลือ และให้คำปรึกษาแก่ผู้วิจัยมาโดยตลอด

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณอาจารย์ภาควิชาฟิสิกส์ เพื่อนๆ และบุคคลที่เกี่ยวข้องกับการทำวิจัยในครั้งนี้ ที่ให้ความช่วยเหลือผู้วิจัยในเรื่องต่าง ๆ จนงานวิจัยนี้ประสบความสำเร็จในที่สุด

หทัยวัฒน์ พละศักดิ์

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ฎ

สารบัญรูปภาพ ..... ฑ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 5

1.3 ความสำคัญของการวิจัย 5

1.4 ขอบเขตของการวิจัย 5

1.4.1 ประชากรที่ใช้ในการวิจัย 5

1.4.2 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย 5

1.4.3 ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย 5

1.4.4 ขอบเขตเนื้อหา 6

1.4.5 ขอบเขตระยะเวลา 6

1.4.5.1 ระยะเวลาการพัฒนาชุดทดลอง 6

1.4.5.2 ระยะเวลาการนำชุดทดลองไปใช้ 6

1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ 6

1.6 กรอบแนวคิดในการวิจัย 6

1.7 สมมติฐานการวิจัย 7

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 8
2.1 แสงและการมองเห็น 8
2.1.1 แสงสีและสารสี 8
2.1.2 สมบัติของแสง 14
2.1.1.1 การสะท้อน (Reflection) 15
2.1.2.2 การหักเห (refraction) 15
2.1.2.3 การแทรกสอด (interference) 16
2.1.2.4 การเลี้ยวเบน (diffraction) 18
2.1.3 แหล่งกำเนิดแสง 18
2.1.4 การมองเห็น 19
2.1.4.1 การมองเห็นแสงสีของวัตถุ 20
2.1.4.2 การมองเห็นสารสีของวัตถุ 20
2.1.5 หลอดไฟ LED 21
2.1.6 เทคโนโลยีการวัดค่าสี 23
2.1.6.1 แอปพลิเคชันในสมาร์ทโฟน 23
2.1.6.2 เครื่องมือวัดค่าสีมาตรฐาน 24
2.2 ไมโครฟลูอิดิก (Microfluidics) 25
2.3 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) 25
2.3.1 ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) 25
2.3.2 ที่มาและหลักการของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) 26
2.3.3 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) 27
2.3.4 บทบาทของครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) 29
2.3.5 ข้อดีและข้อจำกัดของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) 31

2.4 พีระมิดการเรียนรู้ของเอดการ์ เดล (Learning Pyramid) 32
2.5 สื่อการสอน 33
2.5.1 ความหมายของสื่อการสอน 33
2.5.2 ประโยชน์และคุณค่าของสื่อการสอน 34
2.6 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 38
2.6.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 38
2.6.2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ 40
2.6.3 การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 41
2.6.4 หลักการสร้างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 44
2.7 ความก้าวหน้าทางการเรียน (Normalized Gain) 47
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 48
2.8.1 งานวิจัยในประเทศ 48
2.8.2 งานวิจัยในต่างประเทศ 51
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย 53
3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง 53
3.2 การสร้างและหาคุณภาพของเครื่องมือการวิจัย 53
3.2.1 ชุดทดลองเรื่องการผสมแสงสีและสารสี 53
3.2.2 การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 59
3.3 วิธีเก็บรวบรวมข้อมูล 61
3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล 62
3.5 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล 62
3.6 การดำเนินการด้านจริยธรรมในมนุษย์ 64
บทที่ 4 ผลการวิจัย 65

4.1 ผลการสร้างและพัฒนาชุดทดลองเรื่องการผสมแสงสีและสารสี....65
4.1.1 ชุดทดลองเรื่องการผสมแสงสี....65
4.1.2 ชุดทดลองเรื่องการผสมสารสี....66
4.2 ผลการทดลองการผสมสีและสารสี....66
4.2.1 การทดลองการผสมแสงสี....66
4.2.2 การทดลองการผสมสารสี....69
4.3 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดการทดลองเรื่องการผสมแสงสีและสารสี....73
4.3.1 ความก้าวหน้าในการเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดทดลอง เรื่อง การผสมแสงสี....74
4.3.2 ความก้าวหน้าในการเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดทดลอง เรื่อง การผสมสารสี....76
บทที่ 5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ....78
5.1 สรุปผล....78
5.2 อภิปรายผล....78
5.3 ข้อเสนอแนะจากการวิจัย....80
5.4 ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป....80
บรรณานุกรม....82
ภาคผนวก....89
ภาคผนวก ก รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือ....90
ภาคผนวก ข หนังสือขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือ....92
ภาคผนวก ค เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย....94
ภาคผนวก ง การหาคุณภาพของเครื่องมือ....134
ภาคผนวก จ ภาพประกอบการดำเนินการเก็บข้อมูลในชั้นเรียน....147
ภาคผนวก ช เอกสารโครงการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์....151

ประวัติผู้เขียน.....153

สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 1 บทบาทของครูและนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) . 29

ตาราง 2 จุดประสงค์การเรียนรู้เรื่องการผสมแสงสีและสารสี 54

ตาราง 3 ตารางวิเคราะห์ข้อสอบ รายวิชาฟิสิกส์เพิ่มเติม ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง การผสมสารสีและแสงสี 60

ตาราง 4 ค่าสีก่อนการผสมของสารที่มีความเข้มข้น 0.2% 0.4% 0.6% 0.8% 1.0% 1.2% 1.4% โดยปริมาตร 69

ตาราง 5 ผลการผสมสารสีน้ำเงินเขียว (Cyan) และสีแดงม่วง (Magenta) ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ 70

ตาราง 6 ผลการผสมสารสีน้ำเงินเขียว (Cyan) และสีเหลือง (Yellow) ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ..... 71

ตาราง 7 ผลการผสมสารสีแดงม่วง (Magenta) และสีเหลือง (Yellow) ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ..... 72

ตาราง 8 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดทดลอง เรื่อง การผสมแสงสี 73

ตาราง 9 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดทดลอง เรื่อง การผสมสารสี 73

ตาราง 10 ผลการเปรียบเทียบความก้าวหน้าในการเรียน (Normalized Gain) ของนักเรียนรายชั้นที่เรียนด้วยชุดทดลอง เรื่อง การผสมแสงสี 74

ตาราง 11 ความก้าวหน้าในการเรียนของนักเรียนรายบุคคลที่เรียนด้วยชุดทดลอง เรื่อง การผสมแสงสี 75

ตาราง 12 ผลการเปรียบเทียบความก้าวหน้าในการเรียน (Normalized Gain) ของนักเรียนรายชั้นที่เรียนด้วยชุดทดลองเรื่อง การผสมสารสี 76

ตาราง 13 ความก้าวหน้าในการเรียนของนักเรียนรายบุคคลที่เรียนด้วยชุดทดลอง เรื่อง การผสมสารสี 77

ตาราง 14 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามและพฤติกรรมที่ต้องการวัดของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (ก่อนเรียน) รายวิชาฟิสิกส์ เรื่อง การผสมแสงสีและการผสมสารสี ตามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ 135

ตาราง 15 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามและพฤติกรรมที่ต้องการวัดของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (หลังเรียน) รายวิชาฟิสิกส์ เรื่องการผสมแสงสีและการผสมสารสี ตามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ 136

ตาราง 16 ค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (ก่อนเรียน) รายวิชาฟิสิกส์ เรื่องการผสมแสงสีและการผสมสารสี 137

ตาราง 17 ค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (หลังเรียน) รายวิชาฟิสิกส์ เรื่องการผสมแสงสีและการผสมสารสี 138

ตาราง 18 คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดทดลอง เรื่อง การผสมแสงสี 139

ตาราง 19 คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดทดลอง เรื่อง การผสมสารสี 141

ตาราง 20 ผลการวิเคราะห์ความก้าวหน้าในการเรียน (Normalized Gain) รายชั้นเรียน เรื่อง การผสมแสงสี 143

ตาราง 21 ผลการวิเคราะห์ความก้าวหน้าในการเรียน (Normalized Gain) รายชั้นเรียน เรื่อง การผสมสารสี 145

สารบัญรูปภาพ

หน้า

ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย 7
ภาพประกอบ 2 สเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า 8
ภาพประกอบ 3 แสงขาวและสเปกตรัมของสี 9
ภาพประกอบ 4 การสะท้อนแสงและการดูดกลืนแสงสีต่าง ๆ บนวัตถุ 10
ภาพประกอบ 5 โครงสร้างของสามเหลี่ยม CIE 12
ภาพประกอบ 6 การผสมแสงสี 13
ภาพประกอบ 7 การผสมสารสี 14
ภาพประกอบ 8 การสะท้อนของแสง 15
ภาพประกอบ 9 การหักเหของแสง 16
ภาพประกอบ 10 การแทรกสอดของแสง 17
ภาพประกอบ 11 การทดลองของโทมัส ยัง 17
ภาพประกอบ 12 แสงจากฟ้าแลบ 18
ภาพประกอบ 13 แสงจากหิ่งห้อย 18
ภาพประกอบ 14 ไดโอดเปล่งแสง 19
ภาพประกอบ 15 จอตาประกอบด้วยเซลล์รูปแท่งและเซลล์รูปกรวย 19
ภาพประกอบ 16 การมองเห็นสีของวัตถุ เมื่อมีแสงขาวมาตกกระทบ 21
ภาพประกอบ 17 หลอดไฟ LED 21
ภาพประกอบ 18 การเกิดแสงจากหลอดไฟ LED 22
ภาพประกอบ 19 ตัวอย่างแอปพลิเคชันวัดค่าสี (ก) Palette Share สำหรับระบบปฏิบัติการ IOS และ (ข) Color Picker สำหรับระบบปฏิบัติการ Android 23
ภาพประกอบ 20 จอแสดงผลในแอปพลิเคชัน (ก) Palette Share และ (ข) Color Picker 24

ภาพประกอบ 21 ตัวอย่างเครื่องมือเครื่องวัดสี Integrating Sphere 24

ภาพประกอบ 22 ตัวอย่างการใช้งานของระบบไมโครฟลูอิดิก (ก) ภาพถ่ายของเอ็มซิป (ข) ภาพถ่ายภาคตัดขวางของท่อลำเลียงของเหลวขนาดไมโครเมตรซึ่งถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราด (ค) ภาพถ่ายท่อลำเลียงของเหลวขนาดไมโครเมตรซึ่งถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบส่องผ่าน 25

ภาพประกอบ 23 พีระมิดการเรียนรู้ของเอ็ดการ์ เดล 32

ภาพประกอบ 24 ชุดทดลองการผสมแสงสีของปลางินซิช (Gorazd Planinši**č**) 55

ภาพประกอบ 25 กล่องพลาสติก พร้อมติดตั้งหลอด LED บนฝากล่อง 55

ภาพประกอบ 26 ติดตั้งปิงปองสีขาวรับแสงจากหลอด LED และได้ชุดทดลองเรื่องการผสมแสงสีที่พัฒนาขึ้น 56

ภาพประกอบ 27 ติดแผ่นใสกับสติกเกอร์เข้าด้วยกัน โดยแผ่นใสอยู่ตรงกลาง 56

ภาพประกอบ 28 รูปต้นแบบของชุดทดลองการผสมสารสี 57

ภาพประกอบ 29 สติกเกอร์ใสชั้นบน 57

ภาพประกอบ 30 นำสติกเกอร์ใสมาแปะด้านบนและด้านล่างของแผ่นใส 58

ภาพประกอบ 31 ชุดทดลองเรื่องการผสมสารสี 58

ภาพประกอบ 32 กล่องกำเนิดแสง 65

ภาพประกอบ 33 ชุดทดลองเรื่องการผสมแสงสีที่มีลูกปิงปองเป็นฉากรับแสง 65

ภาพประกอบ 34 นำสติกเกอร์ใสมาแปะด้านบนและด้านล่างของแผ่นใส 66

ภาพประกอบ 35 ชุดการทดลองเรื่องการผสมสารสี 66

ภาพประกอบ 36 การวัดค่าสีของแสงสีก่อนผสม 67

ภาพประกอบ 37 แสงที่เกิดจาการผสมกัน 68

ภาพประกอบ 38 สารสีน้ำเงินที่เกิดขึ้นจากการผสมสารสีน้ำเงินเขียวและสารสีแดงม่วง 70

ภาพประกอบ 39 สารสีเขียวที่เกิดขึ้นจากการผสมสารสีน้ำเงินเขียวและสารสีเหลือง 71

ภาพประกอบ 40 สารสีแดงที่เกิดขึ้นจากการผสมสารสีแดงม่วงและสารสีเหลือง 72

ภาพประกอบ 41 ความก้าวหน้าทางการเรียนของผู้เรียนรายบุคคล เรื่องการผสมแสงสี 75
ภาพประกอบ 42 ความก้าวหน้าทางการเรียนของผู้เรียนรายบุคคล เรื่องการผสมสารสี 77
ภาพประกอบ 43 นักเรียนกลุ่มตัวอย่างจำนวน 40 คน 148
ภาพประกอบ 44 นักเรียนกลุ่มตัวอย่างทำแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (ก่อนเรียน) 148
ภาพประกอบ 45 นักเรียนกลุ่มตัวอย่างทดลองเรื่องการผสมแสงสี 149
ภาพประกอบ 46 นักเรียนกลุ่มตัวอย่างทดลองเรื่องการผสมสารสี 149
ภาพประกอบ 47 นักเรียนกลุ่มตัวอย่างทำแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (หลังเรียน) 150

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การศึกษาด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นปัจจัยที่สำคัญยิ่ง ในการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ที่จะนำไปสู่การพัฒนาทางด้านเทคโนโลยี เศรษฐกิจ และสังคมของประเทศ ในปัจจุบันเป็นที่ยอมรับกันว่าวิทยาการด้านวิทยาศาสตร์นั้น มีองค์ประกอบที่สำคัญอยู่ 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นองค์ความรู้และส่วนที่เป็นกระบวนการแสวงหาความรู้ ดังนั้นการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์นักเรียนควรได้รับการปลูกฝังให้เกิดการเรียนรู้ทั้งสองส่วน เพื่อส่งผลให้นักเรียนเป็นผู้ที่มีความสามารถในการแก้ปัญหาต่าง ๆ และทำให้สามารถปรับตัวอยู่ในสังคมได้อย่างดี การเรียนวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งจำเป็นมากสำหรับนักเรียน ซึ่งครูผู้สอนจะต้องช่วยกันสร้างความตระหนักให้นักเรียนเห็นคุณค่าของการเรียนวิทยาศาสตร์ให้มากขึ้น (ศักดิ์มงคล ยี่มี, สุวิทย์ คงภักดี, และ ประสงค์ เกษราธิคุณ, 2561)

ฟิสิกส์เป็นสาขาหนึ่งของวิทยาศาสตร์ที่ศึกษาเกี่ยวกับกฎต่าง ๆ เพื่อนำไปใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในธรรมชาติ ซึ่งวิชาฟิสิกส์มีพื้นฐานที่สำคัญ ได้แก่ หลักการ ทฤษฎี และกฎต่าง ๆ ดังนั้น การที่นักเรียนได้เรียนรู้เนื้อหารายวิชานี้จึงเป็นพื้นฐานที่สำคัญยิ่ง อันจะนำไปสู่ความรู้ความเข้าใจในปรากฏการณ์ธรรมชาตินั้น ๆ ได้อย่างถูกต้อง เพราะธรรมชาติของวิชาฟิสิกส์ที่เป็นวิชาที่มีเนื้อหาเป็นลักษณะนามธรรม ไม่สามารถเห็นภาพในเชิงประจักษ์ได้ ทำให้ครูจัดการเรียนการสอนได้ (มนต์ชัย สิทธิจันทร์, 2547) การจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องจัดให้มีการเรียนภาคปฏิบัติการทดลองควบคู่ไปกับการเรียนภาคทฤษฎีและหลักการ เพื่อให้นักเรียนได้เกิดความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับทฤษฎีและหลักการทางฟิสิกส์ได้ละเอียดขึ้น อีกทั้งยังได้พัฒนาทักษะด้านต่าง ๆ ที่จำเป็นในกระบวนการค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเอง และวิธีการเรียนที่เน้นการลงมือปฏิบัติการทดลองนั้นจะทำให้นักเรียนได้ค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเองได้มากที่สุดและสามารถสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง และจะเป็นสิ่งที่นำนักเรียนไปสู่การเรียนรู้อย่างแท้จริง (ชูจิต สาระภาค, 2547) แต่เนื่องจากอุปกรณ์การทดลองทางฟิสิกส์มีราคาค่อนข้างแพง อีกทั้งต้องสั่งซื้อ ทำให้เกิดความสิ้นเปลือง และไม่เพียงพอต่อจำนวนนักเรียน ทำให้โรงเรียนส่วนใหญ่ยังไม่มีความพร้อมในการจัดการเรียนการสอน การสร้างชุดอุปกรณ์อย่างง่ายจะช่วยทำให้นักเรียนมีความเข้าใจแนวคิดในทางฟิสิกส์ (Balta, N., 2012) และการใช้ชุดทดลองจะช่วยกระตุ้นให้นักเรียนสนใจในบทเรียนมากขึ้น (Hood, T., 2012)

การจัดการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ในปัจจุบันยังไม่ประสบผลสำเร็จเท่าที่ควรเนื่องจากธรรมชาติของวิชาที่ค่อนข้างเป็นนามธรรมซึ่งยากต่อการเข้าใจ รวมทั้งครูผู้สอนมักใช้วิธีการสอนแบบบรรยายเป็นส่วนใหญ่ ส่งผลให้นักเรียนไม่เข้าใจเนื้อหาอย่างลึกซึ้ง (วรรณทนา เสาว์รี, 2553, น. 2) ทำให้นักเรียนมักประสบปัญหาเกี่ยวกับความเข้าใจในหลักการทางฟิสิกส์ ซึ่งในงานวิจัยนี้จึงสนใจที่จะใช้พีระมิดแห่งการเรียนรู้ของเอดการ์ เดล (Dale, E., 1946) ที่กล่าวไว้ว่า การที่นักเรียนได้ลงมือทดลองปฏิบัติเอง จะทำให้นักเรียนสามารถจดจำสิ่งที่เรียนรู้ไปได้มากถึง 75% ซึ่งดีกว่ารูปแบบสอนแบบบรรยายเพียงอย่างเดียว (National Training Lavoratories, 1969) มาประยุกต์ใช้ในการเรียนการสอนสำหรับวิชาฟิสิกส์ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย และใช้อนุกรมวิธานของบลูม (Bloom's Taxonomy) มาช่วยในการจำแนกระดับความสามารถทางการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นกับนักเรียน อันจะส่งผลต่อการวัดประเมินผล และการนำไปพัฒนาการเรียนการสอนให้ดียิ่งขึ้นได้ (Bloom, 1956) ซึ่งเป้าหมายการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในปัจจุบันนี้มุ่งเน้นให้นักเรียนได้ค้นพบความรู้ด้วยตนเองมากที่สุด เพื่อให้นักเรียนได้รับทั้งกระบวนการและความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ผ่านการสังเกต การสำรวจตรวจสอบ การลงมือปฏิบัติการทดลอง แล้วนำผลที่ได้มาเรียบเรียงเป็นหลักการ แนวคิด และองค์ความรู้ (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2560, น. 3) วิธีสอนแบบสืบเสาะเป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการสอนเพื่อให้เกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Bybee et al., 2006) ครูต้องจัดกิจกรรมการเรียนการสอนให้นักเรียนได้ใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ค้นพบความรู้แต่ในทางปฏิบัติการเรียนการสอนส่วนใหญ่ครูผู้สอนไม่เน้นการใช้สื่อการสอน หรือใช้สื่อที่มีคุณภาพต่ำ ไม่เหมาะสมกับเนื้อหาสาระและแสดงผลได้ไม่ชัดเจน ทำให้การเรียนการสอนส่วนใหญ่ครูเน้นการบรรยายโดยไม่ได้ทำการทดลอง จึงประสบปัญหานักเรียนขาดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จากสภาพปัญหาดังกล่าวการพัฒนาสื่อการสอนจึงมีบทบาทสำคัญที่ทำให้ครูสามารถใช้สื่อการสอนที่มีคุณภาพได้ เนื่องจากสื่อการสอนที่มีคุณภาพจะส่งเสริมให้นักเรียนเกิดทักษะและสามารถสร้างองค์ความรู้จากสื่อที่เรียนได้ แต่การเรียนรู้จะเกิดขึ้นได้มากหรือน้อยขึ้นอยู่กับระดับปฏิบัติ โดยเฉพาะนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาจำเป็นต้องได้รับการฝึกปฏิบัติให้มากขึ้น (สิปปนนท์ เกตุทัต, 2541) เนื่องจากการใช้สื่อการเรียนการสอนจะช่วยให้นักเรียนเกิดความคิดรวบยอด จะได้รับประสบการณ์ทั้งทางตรงและทางอ้อม ส่งผลให้เกิดความคงทนในการเรียนรู้ตามพีระมิดการเรียนรู้ของของเอดการ์ เดล (Dale, E., 1946) และเป็นสื่อเชื่อมโยงความเป็นรูปธรรมกับนามธรรม ทำให้เกิดความเข้าใจในเรื่องราวที่ศึกษาได้ง่ายขึ้น ดังนั้นการใช้สื่อการสอนที่เป็นอุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ และชุดการทดลองต่าง ๆ จึงมีบทบาทอย่างมากในการส่งเสริมทักษะกระบวนการคิด

ทางวิทยาศาสตร์ ทำให้นักเรียนมีความพร้อมในการเรียนเพิ่มมากขึ้น สามารถถ่ายทอดความรู้และสามารถประยุกต์หลักการสู่สถานการณ์ใหม่ ๆ ได้ (วันธนา ศิลปะวิลาวัณย์, 2552) ซึ่ง เรวดี มานุ้ย (2556) ได้พัฒนาชุดการทดลองกลศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่า ชุดทดลองกลศาสตร์พร้อมคู่มือการใช้มีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก ชุดทดลองกลศาสตร์มีประสิทธิภาพทางการศึกษา 80.33/81.11 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้ จะมีผลสัมฤทธิ์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และอัษฎา วรรณกายนต์ (2551) ได้พัฒนาชุดทดลองสื่อประสม เรื่องการอินเทอร์เฟสพอร์ตขนานสำหรับนักศึกษาปริญญาตรี มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ โดยนำชุดทดลองที่พัฒนาขึ้นไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นนักศึกษาระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 3 สาขาเทคโนโลยีไฟฟ้าอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ จำนวน 30 คน ผลการวิจัยพบว่า ชุดทดลองสื่อประสมมีประสิทธิภาพ 90.67/90.11 และนักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากการศึกษาข้อมูลการจัดการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์โดยการสัมภาษณ์ครูผู้สอนวิชาฟิสิกส์ ในโรงเรียนแห่งหนึ่งอย่างไม่เป็นทางการที่มีประสบการณ์การสอนมากกว่า 10 ปี จำนวน 3 คน และจากการศึกษางานวิจัยพบว่า การจัดการเรียนการสอนเรื่องการผสมแสงสีและสารสีเป็นเรื่องที่เข้าใจยากสำหรับนักเรียน เนื่องจากเนื้อหาเป็นนามธรรม นักเรียนต้องทำการทดลองเพื่อให้เห็นสีต่าง ๆ ที่เกิดจากการผสมกัน ซึ่งพบว่านักเรียนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับการผสมสารสีและแสงสี ยกตัวอย่างเช่น นักเรียนเข้าใจว่าแสงสีมีหลักการผสมเช่นเดียวกับสารสี สารสีมี 3 สี คือ สีน้ำเงินเขียว (Cyan) สีแดงม่วง (Magenta) และสีเหลือง (Yellow) เมื่อแสงสีไปตกกระทบวัตถุที่มีสี แสงสีจะทำการผสมกับสารแล้วได้เป็นอีกสีหนึ่ง (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560) เป็นต้น การจัดการเรียนรู้การผสมแสงสีเพื่อให้เกิดการเรียนรู้และเข้าใจถึงหลักการมองเห็นและการดูดกลืนของแสงเป็นเรื่องค่อนข้างลำบาก การจัดการเรียนรู้เรื่องแสงสีสามารถจัดการเรียนรู้ได้หลายรูปแบบ เช่น บรรยาย การสาธิตด้วยอุปกรณ์ผสมแสงสี รวมถึงอุปกรณ์ที่หาซื้อได้ตามบริษัทขายอุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ให้นักเรียนได้ทดลองอย่างง่ายและสังเกตปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น ซึ่งส่วนใหญ่จะผลิตจากหลอดแบบไส้ที่ให้แสงสีเหลืองและใช้แผ่นกรองแสงออกมาเพื่อให้ได้แสงสีตามต้องการ โดยให้นักเรียนสังเกตสีที่เกิดขึ้น แต่เมื่อใช้เป็นระยะเวลานาน สำหรับหลอดบางประเภท เช่นหลอดไส้ที่เคลือบสีด้านใน จะให้แสงสีที่ไม่สม่ำเสมอ เนื่องจากอายุการใช้งานของหลอดไส้ที่ใช้มีขีดจำกัด นอกจากนี้ยังต้องมีอุปกรณ์ต่อพ่วงชนิดอื่น เช่น แหล่งกำเนิดแสง (Power Supply) ที่ใช้เปลี่ยนกระแสสลับให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง จึงมีความยุ่งยากและประสิทธิภาพการใช้งานจำกัด รวมถึงการสังเกตแสงสีที่ผสมกันอาจได้สีมีความ

คลาดเคลื่อนจากความเป็นจริง เนื่องจากปริมาณของแสงสีแต่ละแสงที่มาผสมกันอาจมีความเข้มแสงไม่เท่ากัน ซึ่งอุปกรณ์ทดลองที่ดีสามารถควบคุมความเข้มแสงให้มีความเข้มเท่ากันได้ หรือสามารถปรับความเข้มของแสงได้ เพื่อที่จะให้นักเรียนได้ทำการทดลองได้อย่างหลากหลาย อีกทั้งการสังเกตสีของผู้ทำการทดลองก็มีผลทำให้การสังเกตสีคลาดเคลื่อนหรือเห็นแสงสีแตกต่างไปจากสีปกติได้ ถ้ามีอุปกรณ์ตัวใดตัวหนึ่งเป็นตัววัดความเข้มของแสงสีได้ก็จะสามารถทำให้นักเรียนเข้าใจมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้การหาข้อมูลเกี่ยวกับชุดทดลองเรื่องแสงสี ยังไม่พบการสร้างชุดทดลอง เรื่องการผสมแสงสี ที่มีการใช้งานได้ตามลักษณะที่กล่าวมาข้างต้น ระพีร์พัชญ์ สอนเครือ (2558, น. 3) และ ศักดิ์มงคล ยี่มี และคนอื่น ๆ (2561) ได้พัฒนาชุดทดลองเรื่องการผสมแสงสีสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยพบว่านักเรียนเข้าใจว่าแสงสีและสารสีมีหลักการผสมออกมาให้เกิดสีด้วยการใช้หลักการเดียวกัน ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนในเรื่องการผสมแสงสีและสารสีดังกล่าว โดยชุดการทดลองที่ทีมวิจัยของศักดิ์มงคลสร้างขึ้นนั้นเป็นกล่องดำที่ประกอบด้วยหลอด LED สีแดง (Red) เขียว (Green) และน้ำเงิน (Blue) ใส่อยู่ภายในกล่อง และทำการเปิดไฟ LED ในแต่ละสี เพื่อดูการผสมแสงที่เกิดจาก LED จากนั้นให้นักเรียนถ่ายภาพของสีที่สังเกตเห็น เพื่อไปเปรียบเทียบกับค่าสี แล้วจึงบอกค่าสีที่ได้เป็น RGB แต่ละประเภทมีค่าเท่าใด จากการทดลองของทีมวิจัยข้างต้น จะเห็นว่าชุดทดลองที่นำเสนอมานั้นเป็นการทดลองที่ใช้ศึกษาเรื่องการผสมแสงสีเป็นหลัก และปัจจุบันยังไม่มีกลุ่มนักวิจัยที่พัฒนาชุดทดลองที่สามารถศึกษาการผสมแสงสี และสารสีไว้ในชุดการทดลองเดียวกัน ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาเรื่องการผสมแสงสีและสารสี มาสร้างสื่อการเรียนการสอนผ่านทางการปฏิบัติ ซึ่งเป็นเนื้อหาในหลักสูตรแกนกลางขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) และตัวชี้วัดสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) ว 2.3 ม.5/10 ซึ่งระบุไว้ว่า นักเรียนต้องสังเกต และอธิบายการทำงานของแผ่นกรองแสงสี การผสมแสงสี การผสมสารสี และการนำไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน และ ว 6.2 ม.5/13 ระบุได้ว่า สังเกตและอธิบายการมองเห็นแสงสี สีของวัตถุ การผสมสารสีและการผสมแสงสี รวมทั้งอธิบายสาเหตุของการบอดสีได้ (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน และ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560) และจากงานวิจัยของปลานินซิช (Planinši**č**, G., 2004) พบปัญหาเกี่ยวกับการอธิบายการเกิดแสงขาว ซึ่งนักเรียนจะสับสนว่าเหตุใดเมื่อนำสีแดง เขียว และน้ำเงินมารวมกัน จะเกิดสีขาวขึ้นได้อย่างไร เขาจึงได้สร้างชุดทดลองนำหลอด LED ทั้งสามสีไปใส่ไว้ในลูกปิงปอง และทำการเปิด LED ทั้งสามสีพร้อมกัน หรือเปิด LED ให้สว่างทีละคู่ เพื่ออธิบายการผสมแสงสีจากแหล่งกำเนิดแสงที่ต่างกัน ผลปรากฏว่านักเรียนเกิดความเข้าใจในการผสมแสงสีได้ดีขึ้น

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงพัฒนาชุดทดลองเกี่ยวกับการผสมแสงสี และสารสีโดยใช้แนวคิดไมโครฟลูอิดิกอย่างง่าย สำหรับใช้เป็นสื่อประกอบการสอนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เพื่อช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจในเรื่องการผสมแสงสีและสารสีมากยิ่งขึ้น และเห็นถึงความแตกต่างของการผสมแสงสีและการผสมสารสีได้ นักเรียนได้เกิดการเรียนรู้จากการปฏิบัติจริงจะทำให้นักเรียนมีความเข้าใจที่คงทนเกิดแรงบันดาลใจและรักในการเรียนวิชาฟิสิกส์

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาชุดทดลอง เรื่อง การผสมแสงสีและสารสี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ด้วยการใช้แนวคิดไมโครฟลูอิดิกอย่างง่าย

2. เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนโดยใช้ชุดทดลอง เรื่อง การผสมแสงสีและสารสีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ด้วยการใช้แนวคิดไมโครฟลูอิดิกอย่างง่าย

1.3 ความสำคัญของการวิจัย

1. ได้ชุดการทดลอง เรื่อง การผสมแสงสีและสารสี ที่มีคุณภาพสามารถนำไปใช้จัดการเรียนรู้ในชั้นเรียนได้จริง ใช้งานง่าย ราคาถูก และมีประสิทธิภาพ

2. เสริมสร้างความรู้ความเข้าใจและเป็นประโยชน์ต่อการจัดการเรียนการเรียนรู้ เรื่อง การผสมแสงสีและสารสี ให้แก่นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

1.4.1 ประชากรที่ใช้ในการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ โรงเรียนแห่งหนึ่งในจังหวัดกาญจนบุรี ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2565 จำนวน 9 ห้องเรียน รวมทั้งหมด 351 คน

1.4.2 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนแห่งหนึ่งในจังหวัดกาญจนบุรี ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2565 จำนวน 1 ห้องเรียน รวมทั้งหมด 40 คน โดยวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling)

1.4.3 ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย

ตัวแปรต้น ได้แก่ การเรียนโดยใช้ชุดทดลอง เรื่องการผสมแสงสีและสารสี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ตัวแปรตาม ได้แก่ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยใช้ชุดทดลอง เรื่อง การผสมแสงสีและสารสี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

1.4.4 ขอบเขตเนื้อหา

เนื้อหาที่ใช้ในการทดลองเป็นเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม สาระที่ 6 ฟิสิกส์ ซึ่งประกอบด้วยกิจกรรมการทดลองพร้อมคู่มือการใช้เรื่องการผสมแสงสี และสารสี จำนวน 2 การทดลอง คือ การทดลองที่ 1 การผสมแสงสี และการทดลองที่ 2 การผสมสารสี

1.4.5 ขอบเขตระยะเวลา

1.4.5.1 ระยะเวลาการพัฒนาชุดทดลอง

ผู้วิจัยศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการผสมแสงสีและสารสี เพื่อสร้าง ปรับปรุง และพัฒนาชุดทดลอง ตั้งแต่ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2563 จนถึงภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564

1.4.5.2 ระยะเวลาการนำชุดทดลองไปใช้

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยทำการทดลองหาประสิทธิภาพของชุดทดลองกับนักเรียนที่กำลังศึกษาในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ของโรงเรียนแห่งหนึ่งในจังหวัดกาญจนบุรี ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2565 จำนวน 2 คาบ

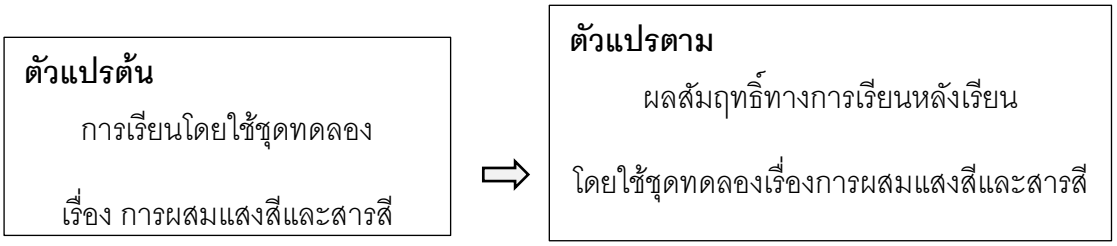
1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ

ชุดทดลองเรื่องการผสมแสงสีและสารสี หมายถึง ชุดอุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นโดยการใช้แนวคิดไมโครฟลูอิดิกอย่างง่าย พร้อมจัดทำคู่มือการใช้ ใบงานการทดลอง และแบบทดสอบก่อนเรียน-หลังเรียน ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ใช้ทดลองในรายวิชาฟิสิกส์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หน่วยการเรียนรู้เรื่องแสง โดยแบ่งออกเป็น 2 การทดลอง ได้แก่ การทดลองที่ 1 การผสมแสงสี และการทดลองที่ 2 การผสมสารสี

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความสามารถในการเรียนวิชาฟิสิกส์ ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งวัดได้จากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทั้งก่อนเรียนและหลังเรียนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นโดยครอบคลุมพฤติกรรมการเรียนรู้ 4 ด้าน คือ ด้านความรู้ความจำ ด้านความเข้าใจ ด้านการนำไปใช้ และด้านการวิเคราะห์

1.6 กรอบแนวคิดในการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ได้พัฒนาและทดสอบประสิทธิภาพชุดทดลอง เรื่อง การผสมแสงสีและสารสี โดยมีกรอบแนวคิดในการวิจัยดังนี้



ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

1.7 สมมติฐานการวิจัย

1. ชุดทดลอง เรื่อง การผสมแสงสีและสารสี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ได้ผลการทดลองสอดคล้องกับทฤษฎี

2. นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนโดยใช้ชุดทดลอง เรื่อง การผสมแสงสีและสารสี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 สูงกว่าก่อนเรียน

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยการนำเสนอตามลำดับความสำคัญ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1 แสงและการมองเห็น

2.2 ระบบไมโครฟลูอิดิก

2.3 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E)

2.4 พีระมิดการเรียนรู้ของเอดการ์ เดล

2.5 สื่อการเรียนรู้

2.6 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

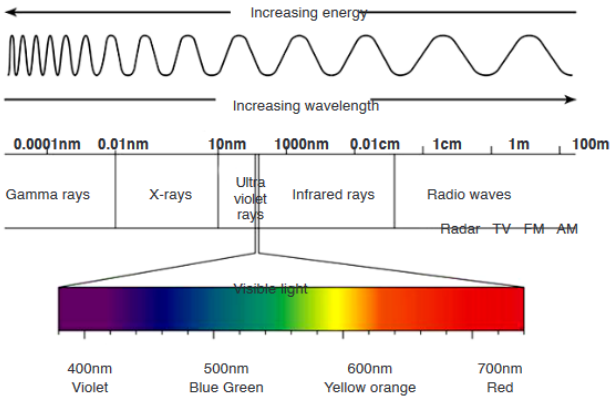
2.7 ความก้าวหน้าทางการเรียน

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 แสงและการมองเห็น

2.1.1 แสงสีและสารสี

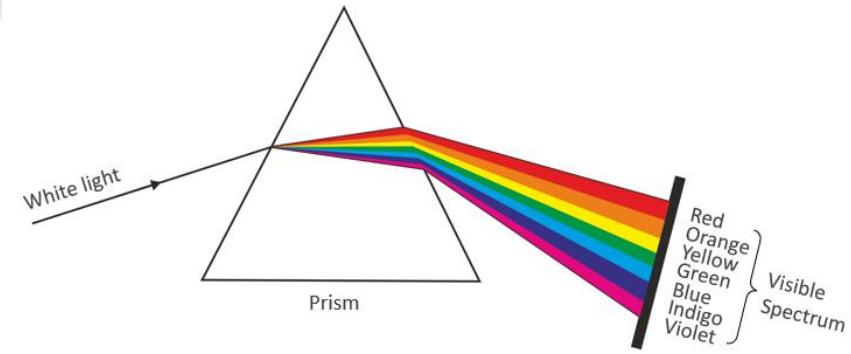
แสงเป็นสิ่งที่มีความจำเป็นต่อมนุษย์เป็นอย่างยิ่ง แสงเป็นทั้งแหล่งกำเนิดพลังงานที่สำคัญต่อมนุษย์ และสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ นอกจากนั้น แสงยังทำให้เราสามารถมองเห็นสิ่งต่าง ๆ ที่อยู่รอบ ๆ ตัวเราได้ แสงเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (electromagnetic wave) มีลักษณะเป็นคลื่นตามขวาง (transverse waves) มีความยาวคลื่นในช่วงต่างๆ ดังภาพประกอบ 2



ภาพประกอบ 2 สเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

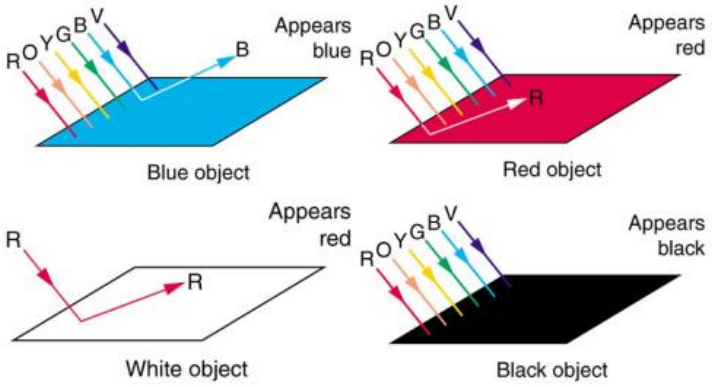
ที่มา: https://elearning.reb.rw/pluginfile.php/25330/course/section/4004/c3.PNG

โดยปกติแล้วเราจะเห็นแสงตามธรรมชาติเป็นแสงสีขาว หรือเราเรียกว่า แสงในช่วงที่ตามองเห็น (visible light) โดยในปี ค.ศ.1666 เซอร์ ไอแซก นิวตัน (Sir Isaac Newton) ได้ทำการทดลองนำแสงขาวผ่านให้ส่องผ่านปริซึม พบว่า แสงขาว สามารถเกิดการแยกออกมาได้หลายสี เรียกปรากฏการณ์นี้ว่า การกระจายของแสงขาว (Dispersion of light) แสงที่แยกออกเป็นสีต่าง ๆ ประกอบด้วย สีม่วง คราม น้ำเงิน เขียว เหลือง ส้ม แดง (ดังภาพประกอบ 3) จากปรากฏการณ์นี้แสดงให้เห็นถึงลักษณะของคลื่นที่มีความยาวคลื่นและความเร็วที่เคลื่อนที่ต่างกัน จึงส่งผลให้เกิดแสงสีต่างๆหักเหด้วยมุมที่ต่างกันด้วย โดยแถบสีที่มีความยาวคลื่นต่าง ๆ กันนี้ เราเรียกว่า สเปกตรัมของแสง (Spectrum of light) หรือแถบความยาวคลื่นของแสง นอกจากนั้นยังพบว่าเมื่อแสงขาวไปตกกระทบบนพื้นผิวของวัสดุ จะสามารถเกิดปรากฏการณ์การสะท้อนของแสงที่บริเวณพื้นผิวได้อีกด้วย โดยพื้นผิวของวัสดุที่ประกอบด้วยโมเลกุลของสสารที่ต่างกัน จะสามารถดูดกลืนพลังงานของแสงที่ตกกระทบได้ต่างกัน เมื่อมีการสะท้อนแสงที่พื้นผิววัสดุ ความยาวคลื่นที่ถูกดูดกลืนไว้จากพื้นผิววัสดุจะไม่สามารถสะท้อนเข้าตาผู้สังเกตได้ ดังนั้นผู้สังเกตจึงสามารถเห็นพื้นผิวของวัสดุมีสีแตกต่างกันจากแสงที่สะท้อนจากพื้นผิวเข้าสู่ตาของผู้สังเกตได้ แสดงดังภาพประกอบ 4 จากภาพประกอบจะพบว่า หากสามารถสังเกตเห็นพื้นผิววัสดุเป็นสีฟ้า แสดงว่า มีแสงที่มีความยาวคลื่นแสงสีฟ้าสะท้อนเข้าตาของผู้สังเกตนั่นเอง กรณีพื้นผิววัตถุสีขาวจะสะท้อนแสงสีทุกสี และวัตถุสีดำ จะดูดกลืนทุกสี



ภาพประกอบ 3 แสงขาวและสเปกตรัมของสี

ที่มา: https://www.embibe.com/questions/



ภาพประกอบ 4 การสะท้อนแสงและการดูดกลืนแสงสีต่าง ๆ บนวัตถุ

ที่มา: Urone P. P., & Hinrichs, R. (2022). College Physics 2e

ความแตกต่างระหว่างสีของแสงและสีของเม็ดสีนั้นขึ้นอยู่กับวิธีที่แสงมีปฏิสัมพันธ์และทำให้เกิดสี สีของแสงหมายถึงความยาวคลื่นเฉพาะของแสงที่ตามนุษย์มองเห็น ดังที่ได้กล่าวไว้ก่อนหน้านี้ แสงที่มองเห็นประกอบด้วยช่วงความยาวคลื่นต่างๆ ซึ่งแต่ละช่วงจะมีสีต่างกัน

ในกรณีของแสงสี (color of light) สีต่างๆ ถูกสร้างขึ้นโดยใช้แหล่งกำเนิดแสงที่ปล่อยความยาวคลื่นเฉพาะหรือโดยการกรองแสงสีขาวเพื่อให้แสงผ่านได้เฉพาะบางช่วงความยาวคลื่น ตัวอย่างเช่น แหล่งกำเนิดแสงสีแดงปล่อยความยาวคลื่นสีแดงเป็นส่วนใหญ่ และแหล่งกำเนิดแสงสีเขียวปล่อยความยาวคลื่นเป็นสีเขียวเป็นส่วนใหญ่ ดังนั้นสีหลักของแสงคือสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน (RGB) การผสมสีเหล่านี้ด้วยความเข้มต่างกันสามารถสร้างสีได้หลากหลาย และการผสมทั้งสามสีในปริมาณที่เท่ากันจะได้แสงสีขาว

ในกรณีสีของเม็ดสี (pigment) หมายถึงสีของวัตถุหรือสารตามเม็ดสีที่มีอยู่ เม็ดสีเป็นสารที่เลือกดูดซับความยาวคลื่นแสงบางช่วงและสะท้อนแสงอื่นๆ ตัวอย่างเช่น พิจารณาการผสมเม็ดสีฟ้า (cyan) สีม่วงแดง (magenta) และสีเหลือง (yellow) เม็ดสีแต่ละสีจะดูดซับแสงสีหลักหนึ่งสีและสะท้อนแสงสีเสริม เมื่อนำมาผสมกัน จะดูดซับแสงได้มากขึ้นและสะท้อนแสงน้อยลง ส่งผลให้สีผสมกันดูเข้มขึ้นและใกล้เคียงกับสีดำมากขึ้น เมื่อผสมเม็ดสีทั้งสามในปริมาณที่เท่ากัน เม็ดสีจะดูดซับสีหลักทั้งหมด และผลลัพธ์ที่ได้คือสีที่เป็นกลางและมืด สีหลักของรงควัตถุ ได้แก่ สีฟ้า สีม่วงแดง และสีเหลือง (CMY) การผสมผงสีเหล่านี้ในสัดส่วนที่แตกต่างกันสามารถสร้างสีได้หลากหลาย เพื่อให้ได้สีที่ใกล้เคียงกับสีดำมากขึ้น บางระบบยังรวมสีดำ (K) เป็นเม็ดสีเพิ่มเติมด้วย

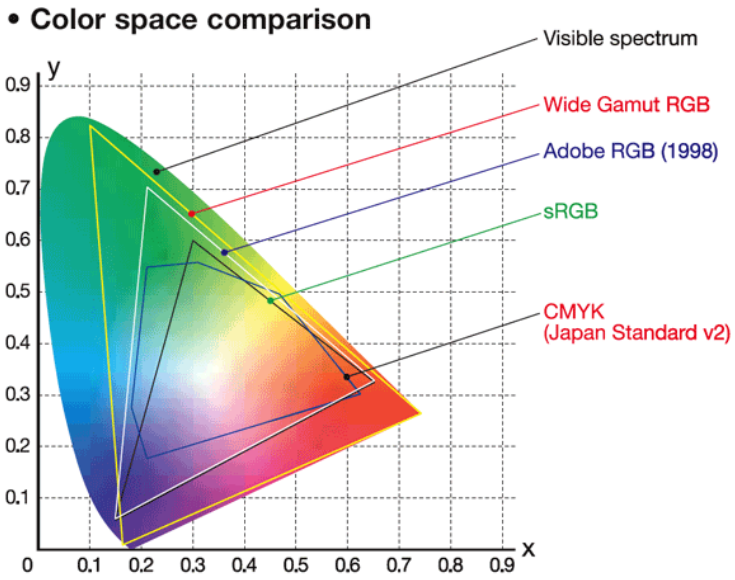
การใช้งานจริง การผสมสีสำหรับการพิมพ์และกระบวนการอื่นๆ มักจะใช้ทั้งวิธีบวกและลบ ตัวอย่างเช่น จอแสดงผลอิเล็กทรอนิกส์ใช้โมเดลสี RGB ในขณะที่เครื่องพิมพ์ใช้โมเดลสี CMYK (ลบ) โดยสรุป สีของแสงเกิดจากความยาวคลื่นของแสงที่มองเห็นได้ และสีของเม็ดสีถูกกำหนดโดยการเลือกดูดกลืนแสงและการสะท้อนของแสงโดยเม็ดสีในวัตถุหรือสสาร

เพื่อความเข้าใจยิ่งขึ้นในมาตรฐานการวัดค่าสี พบว่าวิวัฒนาการการตรวจวัดค่าสีเริ่มต้นจากการตรวจวัดคลื่นแสงเริ่มขึ้นในคริสต์ศตวรรษที่ 19 ในปี 1928 ไรท์ (Wright) และกิลด์ (Guild) ประสบความสำเร็จในการตรวจวัดคลื่นแสงครั้งแรกและได้รับการรับรองจาก Commission Internatonale del Eclairage หรือ CIE ในปี 1931 โดยถือว่าเป็นการตรวจวัดมาตรฐานสามเหลี่ยมสี CIE เป็นภาพแสดงรูปสามเหลี่ยมเกือกม้า นำเสนอไว้ในปี 1931 โดยการวิเคราะห์สีจากแสงสเปกตรัมสัมพันธ์กับความยาวคลื่นแสง แสดงถึงแสงสีขาวท่ามกลางแสงสเปกตรัมรอบรูปเกือกม้าโค้ง รูปเกือกม้าแสดงความยาวคลื่นจาก 400-700 นาโนเมตร สามเหลี่ยมสี CIE สร้างขึ้นตามระบบความสัมพันธ์พิกัด X และ Y คาร์ทีเซียนในทางคณิตศาสตร์ จากมุมตรงข้าม 3 มุมของรูปเกือกม้า คือ สีน้ำเงินม่วงเข้มประมาณ 400 นาโนเมตร สีเขียวประมาณ 520 นาโนเมตร และสีแดงประมาณ 700 นาโนเมตร คือสีจากแสงที่จะนำมาผสมกันและก่อให้เกิดสีต่าง ๆ ขึ้น แสงสีแดงมีความยาวคลื่นสูงสุดแต่มีความถี่คลื่นต่ำสุดจะหักเหได้น้อยที่สุดและแสงสีม่วงจะมีความยาวคลื่นน้อยที่สุดแต่มีความถี่คลื่นสูงสุดและหักเหได้มากที่สุด ดังภาพประกอบ 5

โครงสร้างของสามเหลี่ยมสี CIE ไม่ขึ้นอยู่กับทฤษฎีใดทฤษฎีหนึ่ง แต่เกิดจากการทดลองค้นคว้าทางวิทยาศาสตร์ ระบบการพิมพ์อุตสาหกรรม ถ่ายภาพยนตร์ ภาพยนตร์ โทรทัศน์ ได้ใช้โครงสร้างสีนี้เป็นหลัก ในระบบการพิมพ์ ได้ใช้สีจากด้าน 3 ด้าน ของรูปเกือบม้าคือ สีน้ำเงินเขียว สีแดงม่วง สีเหลือง และสีดำเป็นหลัก ส่วนในการถ่ายภาพ ภาพยนตร์ โทรทัศน์ จอคอมพิวเตอร์ ใช้สีจากมุมทั้งสาม คือ แดง เขียว น้ำเงิน เป็นหลัก

จากการหักเหของแสงของนิวตัน และสามเหลี่ยมสี CIE พบว่าแสงสีเป็นพลังงานเพียงชนิดเดียวที่ปรากฏสี จากด้านทั้ง 3 ด้านของรูปสามเหลี่ยมสี CIE นักวิทยาศาสตร์ได้กำหนดแม่สีของแสงไว้ 3 สี คือ สีแดง (Red) สีเขียว (Green) และสีน้ำเงิน (Blue) แสงทั้งสามสีเมื่อนำมาฉายส่องรวมกัน จะทำให้เกิดสีต่าง ๆ ขึ้นมา คือ

แสงสีแดง + แสงสีเขียว = แสงสีเหลือง (Yellow)
แสงสีแดง + แสงสีน้ำเงิน = แสงสีแดงม่วง (Magenta)
แสงสีน้ำเงิน + แสงสีเขียว = แสงสีน้ำเงินเขียว (Cyan)



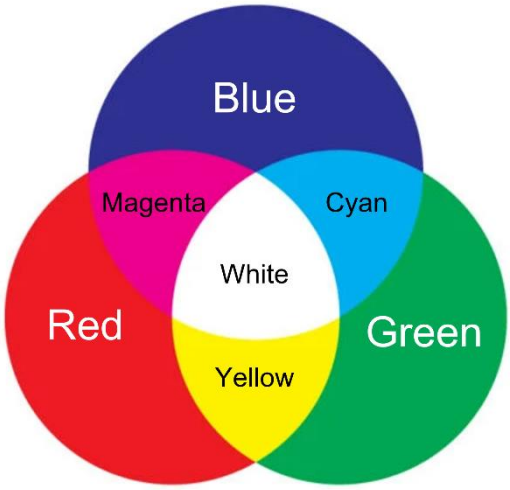
ภาพประกอบ 5 โครงสร้างของสามเหลี่ยม CIE

ที่มา: https://2.bp.blogspot.com/-2xILSf0lE38/

และถ้าแสงสีทั้งสามสีฉายรวมกัน จะได้แสงสีขาว หรือไม่มีสี ดังแสดงในภาพประกอบ 6 เราสามารถสังเกตแม่สีของแสงสีได้จากโทรทัศน์สี หรือจอคอมพิวเตอร์สี โดยใช้แว่นขยายส่องดูหน้าจอจะเห็นเป็นแถบสีแสงสว่าง 3 สี คือ แดง เขียว และน้ำเงิน นอกจากนี้เราจะสังเกตเห็นว่าเครื่องหมายของสถานีโทรทัศน์สีหลาย ๆ ช่องจะใช้แม่สีของแสงด้วยเช่นกัน ทฤษฎีของแสงสีนี้ เป็นระบบสีที่เรียกว่า RGB (Red-Green-Blue) เราสามารถนำไปใช้ในการถ่ายทำภาพยนตร์ บันทึกภาพวีดีโอ การสร้างภาพเพื่อแสดงทางคอมพิวเตอร์ การจัดไฟแสงสีในการแสดง การจัดฉากเวที เป็นต้น แสงสีที่เป็นแม่สี คือ สีแดง เขียวและน้ำเงิน จะเรียก**สีพื้นฐานบวก** (Additive Primary Colors) คือ เกิดจากการหักเหของแสงสีขาว ส่วนสีใหม่ที่เกิดจากการผสมกันของแม่สีของแสง ทั้งสามสี จะเรียกว่า**สีพื้นฐานลบ** (Subtractive Primary Colors) คือ สีน้ำเงินเขียว (Cyan) สีแดงม่วง (Magenta) และสีเหลือง (Yellow) ทั้งสามสีเป็นแม่สีใช้ในระบบการพิมพ์ออฟเซท หรือที่เรียกว่า **ระบบสี** CMYK โดยที่มีสีดำ (Black) เพิ่มเข้ามา

การผสมสีแบบบวก (Additive Colour Mixing) จะมีแม่สีบวก (Additive Colour) หรือแม่สีปฐมภูมิของแสง (Primary Colors) ประกอบด้วย 3 สี สีแดง เขียวและน้ำเงิน จากการค้นพบความรู้เกี่ยวกับแสงของเซอร์ไอแซก นิวตัน พบว่า แสงอาทิตย์มีสีต่าง ๆ รวมกันอยู่ เมื่อทดลองให้

แสงส่องผ่านปริซึม แสงที่ผ่านออกมาอีกด้านหนึ่งจะมี 7 สี แต่ถ้านำแสงทั้ง 7 มารวมกัน จะกลายเป็นแสงสีขาวเช่นเดิม ดังภาพประกอบ 6



ภาพประกอบ 6 การผสมแสงสี

ที่มา: https://www.colorsexplained.com/primary-colors/

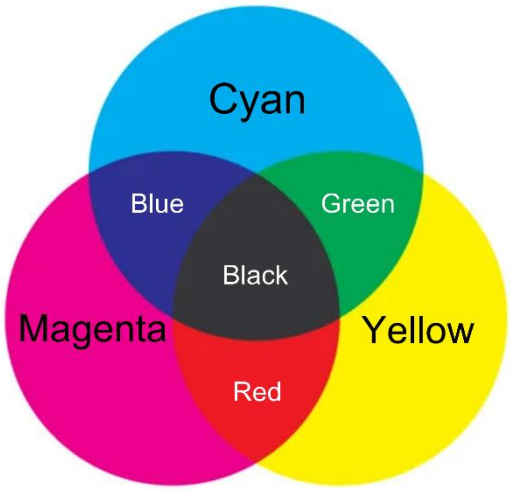
การผสมสารสี การที่เรามองเห็นวัตถุเป็นสีต่าง ๆ ส่วนใหญ่เราเห็นสีเนื่องมาจากแสงที่สะท้อนมาจากวัตถุมากกว่าเห็นสีจากแสงที่ทะลุผ่านวัตถุ ดังนั้นสีตามธรรมชาติของวัตถุที่เราต้องการเห็นจะต้องดูวัตถุนั้นด้วยแสงสีขาวของดวงอาทิตย์ เมื่อเป็นเช่นนี้สีของวัตถุที่เห็นจะต้องมีสิ่งที่กำหนดสีบนวัตถุ ได้แก่ แสงที่กระทบผิววัตถุ และสารสีบนวัตถุสารสีต่าง ๆ ที่อยู่ในเนื้อวัตถุที่ไม่สามารถสร้างขึ้นได้จากการผสมสารสีต่าง ๆ เข้าด้วยกันมี 3 สี สีน้ำเงินเขียว (Cyan) สีแดงม่วง (Magenta) และคือ สีเหลือง (Yellow) ซึ่งเรียกว่าสารสีปฐมภูมิ สารสีทั้ง 3 นี้ จะทำหน้าที่ดังนี้

สารสีน้ำเงินเขียว จะไม่ดูดกลืนแถบสีน้ำเงินม่วง นอกนั้นดูดกลืนหมด

สารสีแดงม่วง จะไม่ดูดกลืนแถบสีแดง นอกนั้นดูดกลืนหมด

สารสีเหลือง จะไม่ดูดกลืนแถบสีเหลืองที่อยู่ถัดสีแดง นอกนั้นดูดกลืนหมด

ถ้านำสารสีปฐมภูมิทั้ง 3 สี มาผสมกันด้วยปริมาณที่เท่ากัน จะได้สารสีดำ ซึ่งมีสมบัติดูดกลืนแสงสีทุกแถบสีในสเปกตรัมของแสงสีขาว ถ้านำสารสีปฐมภูมิทั้ง 3 สี มาผสมกันด้วยสัดส่วนต่าง ๆ กัน จะเกิดเป็นสารผสมได้หลายสี ยกเว้น สารสีขาว ไม่อาจทำให้เกิดได้ด้วยการผสมสารสีอื่น ๆ ดังภาพประกอบ 7



ภาพประกอบ 7 การผสมสารสี

ที่มา: https://www.colorsexplained.com/primary-colors/

การผสมสีแบบลบ (Subtractive Mixing) จะมีแม่สีแบบลบ (Subtractive Color) หรือแม่สีปฐมภูมิของวัตถุธาตุ ประกอบด้วย 3 สี คือ สีน้ำเงินเขียว สีแดงม่วง และสีเหลือง ซึ่งสีทั้งสามนี้เป็นสีที่สามารถผสมกันได้บนพื้นผิวต่าง ๆ เช่นเดียวกับการผสมสีในวิชาศิลปะ การผสมสีแบบลบ (Subtractive Color Mixing) เป็นรูปแบบการผสมของสารสีเข้าด้วยกันโดยผสมที่ละคู่จะได้สารสีขั้นที่สองหรือสารสีทุติยภูมิ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2545)

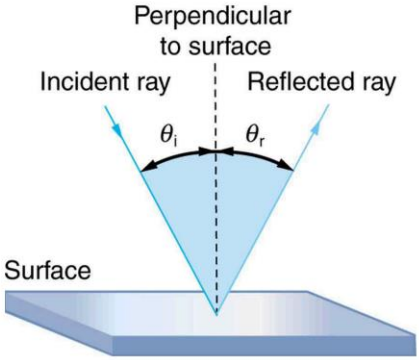
การจัดการเรียนรู้เรื่องการผสมแสงสีและสารสีซึ่งสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้จัดไว้ในหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เล่ม 3 เนื้อหาจะอยู่ในบทที่ 11 เรื่องแสงเชิงรังสี ประกอบด้วย การสะท้อนและการหักเหของแสง การมองเห็นและการเกิดภาพ ภาพจากเลนส์บางและกระจกเงาทรงกลม แสงสีและการมองเห็นแสงสี การอธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติ และการใช้ประโยชน์เกี่ยวกับแสง ซึ่งผู้วิจัยได้ยกมาในส่วนของหัวข้อที่เกี่ยวกับเรื่องการผสมแสงสี และการผสมสารสี

2.1.2 สมบัติของแสง

ตามทฤษฎีของฮอยแกนส์ที่กล่าวว่า แสงเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้านั้น ได้พิสูจน์ให้เห็นว่าพฤติกรรมของแสงเป็นไปตามกฎการสะท้อน และการหักเหของแสง นอกจากนี้แสงยังมีสมบัติอื่น ๆ อีก เช่น การแทรกสอด และการเลี้ยวเบน ดังนี้

2.1.1.1 การสะท้อน (Reflection)

เมื่อแสงเดินทางมาถึงสิ่งกีดขวางหรือรอยต่อระหว่างตัวกลางจะสะท้อนกลับสู่ตัวกลางเดิม การสะท้อนของแสงจะเป็นไปตามกฎการสะท้อน ดังนี้



ภาพประกอบ 8 การสะท้อนของแสง

ที่มา: Urone P. P., & Hinrichs, R. (2022). College Physics 2e

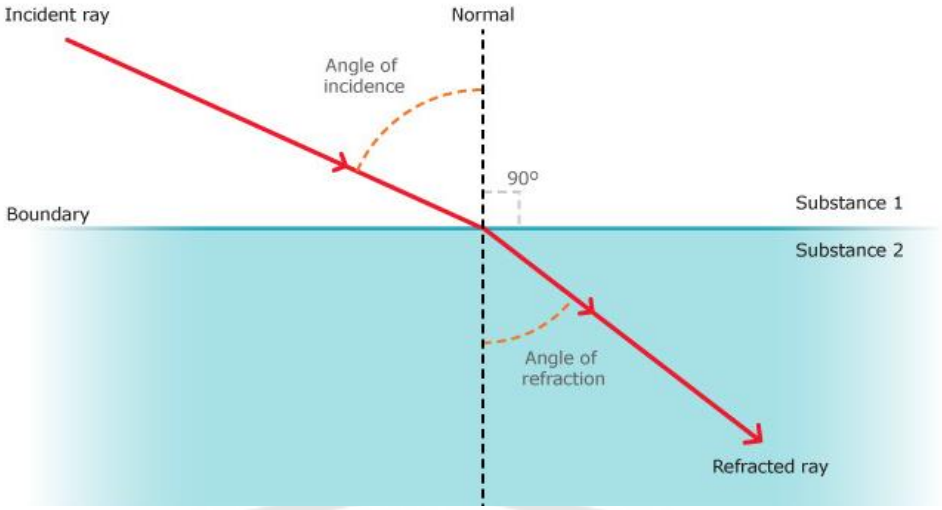
1. มุมตกกระทบเท่ากับมุมสะท้อน ($\theta_i = \theta_r$)
2. รังสีตกกระทบ รังสีสะท้อน และเส้นปกติ อยู่ในระนาบเดียวกัน

2.1.2.2 การหักเห (refraction)

เมื่อแสงเดินทางมาถึงรอยต่อระหว่างตัวกลางแสงจะเดินทางเข้าไปยังอีกตัวกลางหนึ่งที่มีความหนาแน่นไม่เท่ากัน ส่งผลให้เกิดการหักเห เนื่องจากอัตราเร็วคลื่นและความยาวคลื่นแสง (λ) เปลี่ยนแปลง แต่ความถี่ (f) ของคลื่นแสงยังคงเดิม

กฎของการหักเหมีดังนี้

1. การหักเหของแสงเป็นไปตามกฎการหักเห
2. รังสีตกกระทบ รังสีหักเห และเส้นปกติ อยู่ในระนาบเดียวกัน



ภาพประกอบ 9 การหักเหของแสง

ที่มา: https://www.sciencelearn.org.nz/resources/49-refraction-of-light

กฎของสเนลล์ (Snell's Law) กล่าวไว้ว่า "อัตราส่วนของค่าไซน์ของมุมตกกระทบ (θ_1) กับค่าไซน์ของมุมหักเห (θ_2) ของตัวกลางคู่ใด ๆ มีค่าคงตัวเสมอ" ซึ่งค่าคงตัวในที่นี้เรียกว่า "ดรรชนีหักเห (n)" เป็นไปตามสมการ (2-1)

$$\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{n_2}{n_1} \qquad (2\text{-}1)$$

โดยที่ θ_1, θ_2 คือ มุมตกกระทบ และมุมหักเห ตามลำดับ

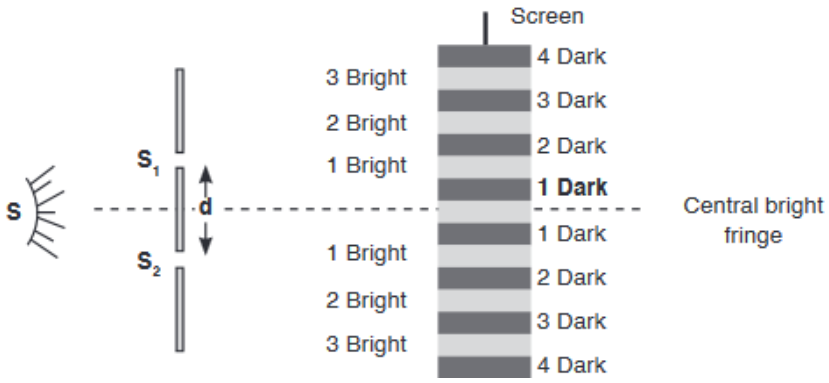
v_1, v_2 คือ อัตราเร็วของแสงในตัวกลางที่ 1 และ 2 ตามลำดับ

λ_1, λ_2 คือ ความยาวคลื่นในตัวกลางที่ 1 และ 2 ตามลำดับ

n_1, n_2 คือ ดรรชนีหักเหของตัวกลางที่ 1 และ 2 ตามลำดับ

2.1.2.3 การแทรกสอด (interference)

การแทรกสอดเกิดขึ้นเมื่อแสงตั้งแต่ 2 แหล่งขึ้นไปเคลื่อนที่มารวมกัน เกิดเป็นรูปแบบการแทรกสอด โดยจุดที่มีการแทรกสอดแบบเสริมกัน เรียกว่า จุดปฏิบัพ (Antinode; A) และเส้นที่เชื่อมจุดเหล่านี้ เรียกว่า เส้นปฏิบัพ (Antinode line) เกิดเป็นแถบสว่าง ส่วนจุดที่มีการแทรกสอดแบบหักล้างกัน เรียกว่า จุดบัพ (Node; N) และเส้นที่เชื่อมกันระหว่างจุดเหล่านี้ เรียกว่า เส้นบัพ (Node line) เกิดเป็นแถบมืด รูปแบบการแทรกสอดของแสงจะเป็นไปตามภาพประกอบ 10 มีรูปแบบที่สำคัญคือ จะเกิดแถบมืดแถบสว่างปรากฏขึ้นบนฉากรับแสง



ภาพประกอบ 10 การแทรกสอดของแสง

ที่มา: https://elearning.reb.rw

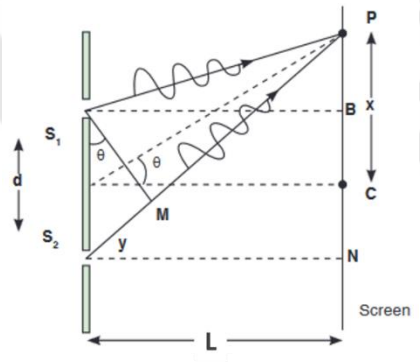
แสงเดินทางผ่านช่อง ทำให้แหล่งกำเนิดแสงทั้งสองเป็นแหล่งกำเนิดอาพันธ์ มีเฟสตรงกัน ทำให้เกิดการโดยมีสมการการแทรกสอด ดังสมการ (2-2) และ (2-3)

แถบสว่าง (A_n)

$$d\sin\theta = d\frac{x}{L} = n\lambda \qquad \text{เมื่อ } n=0,1,2,\ldots \qquad (2\text{-}2)$$

แถบมืด (N_n)

$$d\sin\theta = d\frac{x}{L} = \left(n-\frac{1}{2}\right)\lambda \qquad \text{เมื่อ } n=1,2,3,\ldots \qquad (2\text{-}3)$$



ภาพประกอบ 11 การทดลองของโทมัส ยัง

ที่มา: https://collegedunia.com

2.1.2.4 การเลี้ยวเบน (diffraction)

การเลี้ยวเบนของแสง เกิดขึ้นเมื่อแสงเดินทางไปเจอสิ่งกีดขวาง ส่งผลให้แสงสามารถอ้อมไปอยู่ด้านหลังสิ่งกีดขวางได้ เนื่องจากการแผ่ของแสงนั้นจะเป็นไปตามหลักการของฮอยเกนส์ที่ว่า ทุก ๆ จุดบนหน้าคลื่นจะประพฤติเป็นแหล่งกำเนิดของหน้าคลื่นใหม่ ทำให้เกิดการเลี้ยวเบนไปด้านหลังสิ่งกีดขวางได้

2.1.3 แหล่งกำเนิดแสง

แหล่งกำเนิดแสง คือ สิ่งที่ทำให้เกิดแสงได้ มีหลายชนิด ได้แก่

1. แหล่งกำเนิดแสงจากธรรมชาติ (Natural light) เป็นแหล่งกำเนิดแสงที่เกิดจากธรรมชาติ เช่น ดวงอาทิตย์ ฟ้าแลบ เป็นต้น

ภาพประกอบ 12 แสงจากฟ้าแลบ

ที่มา: https://wwwnews.live.bbc.co.uk

2. แหล่งกำเนิดแสงจากสัตว์ เป็นแหล่งกำเนิดแสงที่เกิดจากสัตว์ เช่น หิ่งห้อย เป็นต้น

ภาพประกอบ 13 แสงจากหิ่งห้อย

ที่มา: https://www.takieng.com

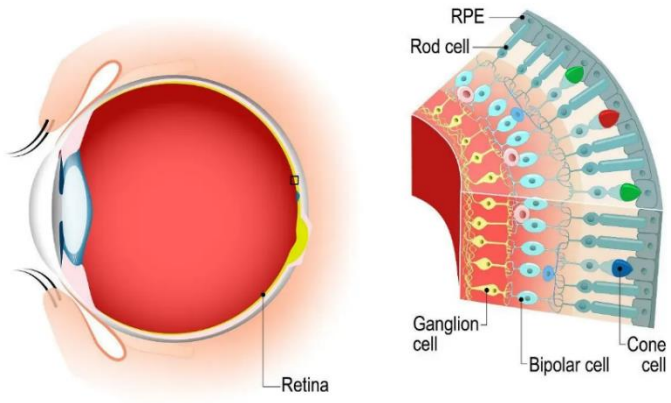
3. แหล่งกำเนิดแสงที่เกิดจากการประดิษฐ์โดยมนุษย์ (Artificial light) เช่น หลอดไฟ LED ไฟฉาย เทียนไข ไม้ขีดไฟ

ภาพประกอบ 14 ไดโอดเปล่งแสง

ที่มา: https://www.mindphp.com

2.1.4 การมองเห็น

จากความรู้เกี่ยวกับแสงข้างต้นพบว่า แสงมีประโยชน์ช่วยทำให้มนุษย์สามารถมองเห็นสิ่งต่าง ๆ รอบตัวได้เป็นอย่างดี เพราะการมองเห็นของมนุษย์เกิดจากการที่แสงเข้าไปตกกระทบบนวัตถุแล้วสะท้อนไปที่ตา ส่งผลให้เกิดการแปลความหมายของสีจากสมอง โดยภายในตานั้นจะมีส่วนที่รับแสงเรียกว่า เรตินา และภายในเรตินาประกอบไปด้วยปลายประสาทที่รับรู้ต่อแสง 2 ชนิดคือ เซลล์รูปแท่ง (Rode cells) ข้างละประมาณ 125 ล้านเซลล์ ไวต่อแสงที่มีความเข้มน้อย จึงมองเห็นเป็นภาพขาวดำ และเซลล์รูปกรวย (Cone cells) จำนวนประมาณ 7 ล้านเซลล์ จะไวต่อแสงที่มีความเข้มสูง ทำให้เราสามารถมองจำแนกสีแต่ละสีได้ (วีรวุฒิ สถิตอภิบาลกุล, 2561)



ภาพประกอบ 15 จอตาประกอบด้วยเซลล์รูปแท่งและเซลล์รูปกรวย

ที่มา: https://www.the-scientist.com/

พิจารณาประเภทของวัตถุโดยแบ่งตามการยอมให้แสงผ่านได้ มี 3 ประเภท ได้แก่

1. วัตถุโปร่งใส วัตถุที่ยอมให้แสงสีเดียวกันหรือสีข้างเคียงในสเปกตรัม สะท้อนและผ่านออกมาได้ ส่วนสีอื่นจะดูดกลืนหมด

2. วัตถุโปร่งแสง ยอมให้แสงบางส่วนทะลุผ่านเข้ามา และแสงบางส่วนจะสะท้อนออกมา

3. วัตถุทึบแสง ยอมให้แสงสีเดียวกันหรือสีข้างเคียงในสเปกตรัม สะท้อนออกมาได้อย่างเดียว

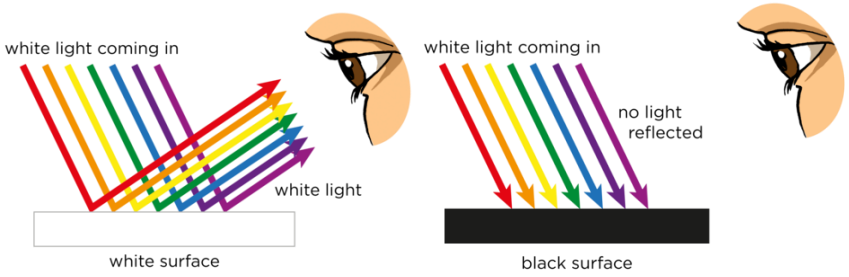
เมื่อแสงถูกส่งออกมาจากแหล่งกำเนิดแสง แสงสามารถทะลุผ่านวัตถุโปร่งใส และสะท้อนจากผิวของวัตถุทึบแสง ผ่านเข้าสู่ตาเราจึงเกิดการมองเห็น การที่แสงเดินทางทะลุวัตถุได้นี้เรียกได้ว่าแสงมีสมบัติการส่งผ่าน (Transmission of Light) นั่นเอง

2.1.4.1 การมองเห็นแสงสีของวัตถุ

วัตถุที่เราเห็นนั้นไม่ได้เกิดจากสีเดียว แต่เกิดจากการผสมแสงสีเข้าด้วยกัน ได้แก่ แสงสีแดง แสงสีเขียว และแสงสีน้ำเงิน ซึ่งเป็นแสงสีปฐมภูมิมาผสมด้วยสัดส่วนที่ต่างกัน ซึ่งการที่เราเห็นแสงขาวก็เนื่องจากแถบแสงสีต่าง ๆ ในแสงสีแดง แสงสีเขียว และแสงสีน้ำเงินจะรวมกันเป็นสเปกตรัมของแสงขาวพอดี เราอาจนำแสงสีปฐมภูมิมาผสมกันเพื่อให้แสงสีต่าง ๆ กันได้หลายสี ยกเว้นแสงสีดำ

2.1.4.2 การมองเห็นสารสีของวัตถุ

สารสีทำหน้าที่ดูดกลืนแสง วัตถุที่มีสีต่างกันจะมีสารสีต่างกัน การที่เรามองเห็นวัตถุเป็นสีใดนั้น เกิดจากการที่แสงสีนั้นหรือแสงที่มีความยาวคลื่นใกล้เคียงกันถูกดูดกลืน และแสงสีที่เหลือจะสะท้อนเข้าหาตาเรา จึงเห็นวัตถุเป็นสีต่าง เช่น การที่เราเห็นสารสีแดงได้นั้น เกิดจากการที่แสงขาวไปตกกระทบวัตถุ วัตถุจะดูดกลืนแสงสีบางสีไว้แล้วปล่อยให้แสงสีแดงในวัตถุสะท้อนออกมา จึงเห็นวัตถุเป็นสีแดง ส่วนการมองเห็นสารสีขาว เกิดจากการที่แสงขาวไปตกกระทบวัตถุแล้วสะท้อนแสงทุกสีออกมาและไม่มีแสงสีใดถูกดูดกลืน จึงเห็นวัตถุเป็นสีขาว แต่ในทางกลับกันสารสีดำจะดูดกลืนแสงสีทุกสี จึงทำให้ไม่มีแสงสีใดสะท้อนออกมาเลย จึงเห็นวัตถุเป็นสีดำ ดังภาพประกอบ 16



ภาพประกอบ 16 การมองเห็นสีของวัตถุ เมื่อมีแสงขาวมาตกกระทบ

ที่มา: https://qph.cf2.quoracdn.net

2.1.5 หลอดไฟ LED

หลอดแอลอีดี (LED: Light Emitting Diode) เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ผลิตจากสารกึ่งตัวนำมีลักษณะโครงสร้างภายในเป็นรอยต่อของสาร p และสาร n หรือที่เรียกว่า pn Junction เหมือนกับไดโอด สีของแสงที่เปล่งออกมานั้นขึ้นอยู่กับองค์ประกอบทางเคมีของสารกึ่งตัวนำที่ใช้หลอดชนิดนี้ใช้งานกับไฟฟ้ากระแสตรง ดังนั้น หากจะนำมาใช้ในอาคารต้องมีอุปกรณ์แปลงไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นกระแสตรง ก่อนการใช้งาน หลอด LED มีค่าประสิทธิผลอยู่ที่ประมาณ 40 ถึง 45 ลูเมนต่อวัตต์ การเพิ่มกำลังการส่องสว่างของ LED ทำได้โดยการต่อ LED เล็ก ๆ หลายหลอดไว้บนแผงเดียวกัน ดังภาพประกอบ 17

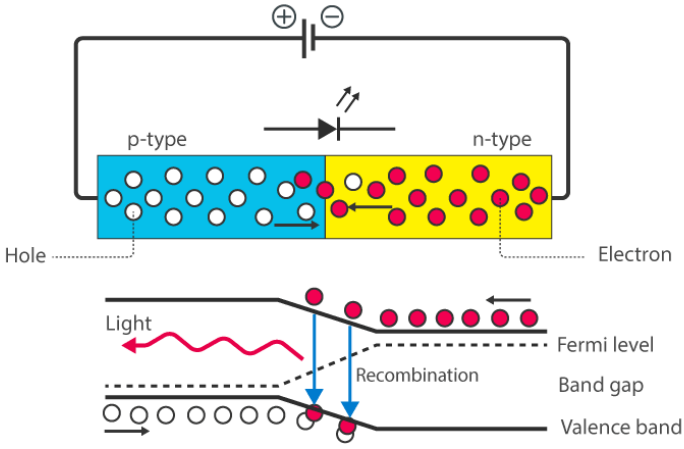
ภาพประกอบ 17 หลอดไฟ LED

ที่มา: https://thaipublica.org/wp-content/uploads/2014/10/world.jpg

ไดโอด (Diode) เป็นอุปกรณ์ที่ทำจากสารกึ่งตัวนำ p-n สามารถควบคุมให้กระแสไฟฟ้าจากภายนอกไหลผ่านตัวมันในทิศทางเดียว ไดโอดประกอบด้วย 2 ขั้ว คือ แอโนด (Anode) ซึ่งต่ออยู่กับสารกึ่งตัวนำชนิด p และแคโธด (Cathode) ซึ่งต่ออยู่กับสารกึ่งตัวนำชนิด n

ไดโอดในอุดมคติมีลักษณะเหมือนสวิตช์ที่สามารถนำกระแสไหลผ่านได้ในทิศทางเดียวถ้าต่อขั้วแบตเตอรี่ให้เป็นแบบไบอัสตรง ไดโอดจะเปรียบเสมือนกับสวิทช์ที่ปิด (Close Switch) หรือไดโอดลัดวงจร (Short Circuit) I_d ไหลผ่านไดโอดได้ แต่ถ้าต่อขั้วแบตเตอรี่แบบไบอัสกลับ ไดโอดจะเปรียบเป็นเสมือนสวิทช์เปิด (Open Switch) หรือเปิดวงจร (Open Switch) ทำให้ I_d เท่ากับศูนย์ LED เป็นไดโอดที่ใช้สารประกอบประเภทแกนเลียมอาร์เซ็นไนด์ฟอสไฟด์ (Gallium Arsenide Phosphide; GaAsP) หรือสารแกลเลี่ยมฟอสไฟต์ (Gallium Phosphide; GaP) มาทำเป็นสารกึ่งตัวนำชนิด p และ n แทนสาร Si และ Ge สารเหล่านี้มีคุณลักษณะพิเศษ คือ สามารถเรืองแสงได้เมื่อได้รับไบอัสตรง การเกิดแสงที่ตัว LED นี้ เราเรียกว่า อิเล็กโทรลูมินิเซนต์ (Electroluminescence) ปัจจุบันนิยมใช้ LED แสดงผลในเครื่องมืออิเล็กทรอนิกส์ เช่น เครื่องคิดเลข นาฬิกา เป็นต้น

การเกิดแสงจาก LED โครงสร้างประกอบไปด้วยสารกึ่งตัวนำสองชนิด ประกบเข้าด้วยกัน มีผิวข้างหนึ่งเรียบคล้ายกระจก เมื่อจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงผ่านตัว LED โดยจ่ายไฟบวกให้ขาแอโนด จ่ายไฟลบให้ขาแคโทด ทำให้อิเล็กตรอนที่สารกึ่งตัวนำชนิด n มีพลังงานสูงขึ้น จนสามารถวิ่งข้ามรอยต่อจากสารชนิด n ไปรวมกับโฮลในสารชนิด p การที่อิเล็กตรอนเคลื่อนที่ผ่านรอยต่อ PN (PN junction) ทำให้เกิดกระแสไหล เป็นผลให้ระดับพลังงานของอิเล็กตรอนเปลี่ยนไปและคายพลังงานออกมาในรูปคลื่นแสง ดังภาพประกอบ 18



ภาพประกอบ 18 การเกิดแสงจากหลอดไฟ LED

ที่มา: https://cdn1.byjus.com/wp-content/

ข้อดีของหลอดไฟ LED ประสิทธิภาพของหลอด LED เปล่งแสงต่อวัตต์มากกว่าหลอดไฟ หลอดไส้ ประสิทธิภาพของหลอด LED ไม่ได้ขึ้นอยู่กับขนาดหรือรูปร่างของหลอด

เหมือนกับหลอดตะเกียบ ซึ่งสี LED สามารถเปล่งแสงของสีที่ตั้งใจโดยไม่ต้องใช้ฟิลเตอร์สีใด ๆ ขนาดไฟ LED จะมีขนาดเล็กมาก (น้อยกว่า 2 mm)

เวลาการเปิดปิดไฟ LED สามารถเปิด-ปิดได้อย่างรวดเร็ว โดยไม่ต้องเสียเวลารอนานวงจรปิด-เปิดไฟ LED เหมาะสำหรับการปิด-เปิดที่บ่อยไม่เสียง่ายเหมือนกับหลอดตะเกียบหรือหลอด HID ที่ต้องใช้เวลานานกว่าที่จะเปิดใหม่ได้ อายุการใช้งาน LED มีอายุการใช้งานที่ยาวนานประมาณการ 35,000 ถึง 50,000 ชั่วโมง เมื่อเปรียบเทียบกับหลอดตะเกียบที่ได้รับการประเมินอยู่ที่ประมาณ 10,000 ถึง 15,000 ชั่วโมง และหลอดไส้สว่างจ้าที่ 1,000-2,000 ชั่วโมง

ข้อเสียของหลอดไฟ LED ราคาเริ่มต้นสูง ไฟ LED ราคาแพงแต่ราคาจะค่อย ๆ ลดลงในอนาคตตามเทคโนโลยี ความไวต่ออุณหภูมิ ประสิทธิภาพ LED ส่วนใหญ่ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิแวดล้อมของสภาพแวดล้อมการทำงาน การที่เร่งอุณหภูมิของ LED จะทำให้ลดอายุการใช้งานและอาจจะทำให้เกิดความเสียหายได้จึงจำเป็นต้องติดตั้ง Heat Sink ที่เหมาะสมกับการใช้งาน

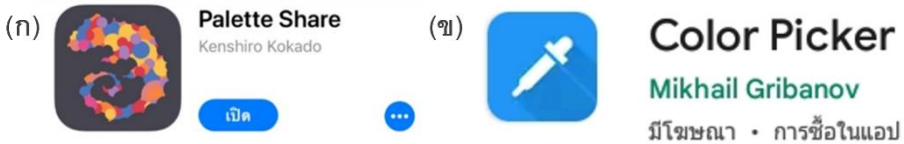
2.1.6 เทคโนโลยีการวัดค่าสี

เนื่องจากตาของมนุษย์นั้น ไม่สามารถวัดได้ว่าสีที่มองเห็นนั้นประกอบด้วยสีแต่ละสีใดอัตราส่วนเท่าใด จึงจำเป็นต้องอาศัยเครื่องมือที่สามารถวัดค่าสีได้ เช่น

2.1.6.1 แอปพลิเคชันในสมาร์ทโฟน

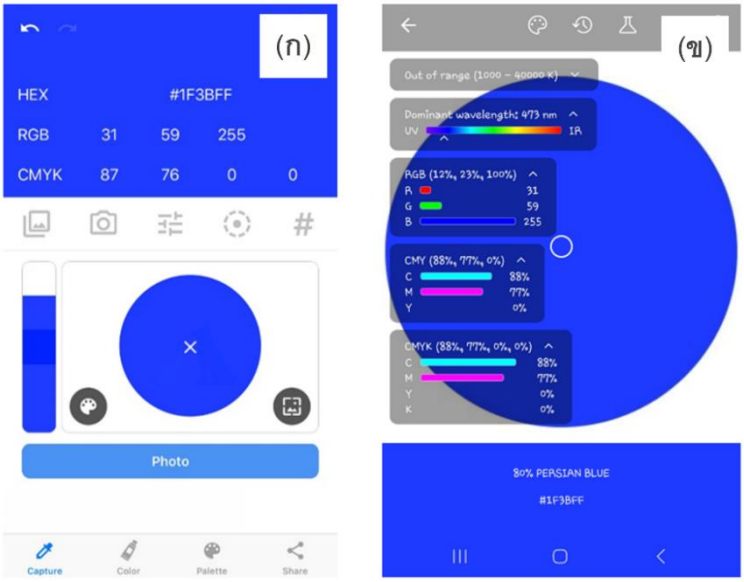
แอปพลิเคชันต่าง ๆ ในสมาร์ทโฟนถือว่าเป็นตัวช่วยหนึ่งที่สามารถช่วยเราวัดค่าสีต่าง ๆ ได้ ผ่านการส่องผ่านกล้องถ่ายรูปในสมาร์ทโฟนโดยตรง หรือนำเข้ารูปภาพในสมาร์ทโฟน จากนั้นแอพลิเคชันผลค่าสีออกมาทั้งในระบบสี RGB และระบบสี CMYK

สำหรับแอปพลิเคชันทั้งสองสามารถวัดค่าสีได้จากการใช้กล้องสมาร์ทโฟนโดยตรงและการนำเข้าภาพถ่าย ข้อดีของแอปพลิเคชัน Palette Share และ Color Picker คือจะวัดได้ทั้งค่าสี RGB และ CMYK ผู้วิจัยจึงเลือกใช้แอปพลิเคชันนี้ในการทดลอง ดังภาพประกอบ 19



ภาพประกอบ 19 ตัวอย่างแอปพลิเคชันวัดค่าสี (ก) Palette Share สำหรับระบบปฏิบัติการ IOS และ (ข) Color Picker สำหรับระบบปฏิบัติการ Android

ที่มา: APP STORE และ PLAY STORE



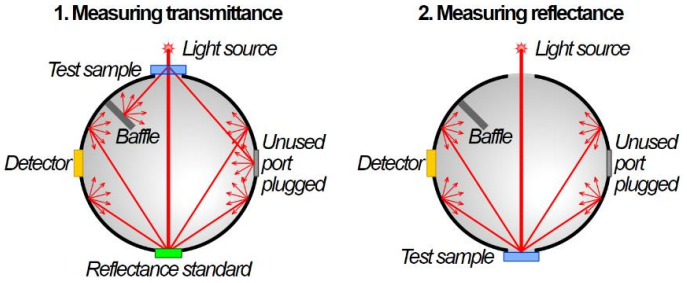
ภาพประกอบ 20 จอแสดงผลในแอปพลิเคชัน (ก) Palette Share และ (ข) Color Picker

ที่มา: แอปพลิเคชัน Palette Share และ Color Picker

2.1.6.2 เครื่องมือวัดค่าสีมาตรฐาน

การมองเห็นสีของมนุษย์แต่ละคนมีข้อจำกัด หากใช้สายตา การดู หรือความรู้สึกในการมองนั้น ไม่สามารถวัดค่าสีที่เห็นได้อย่างชัดเจน ดังนั้น เราจึงจำเป็นต้องอาศัยเครื่องวัดค่าสี ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการเปรียบเทียบสีให้เป็นไปตามมาตรฐานเดียวกัน

Integrating Sphere เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ประกอบการวัดการสะท้อนหรือการส่งผ่านของแสง โดยมีลักษณะเป็นทรงกลมถูกเคลือบด้วยวัสดุที่เป็นสีขาวเพื่อให้เกิดการกระจายของแสงสูง โดยเครื่องมือนี้สามารถวัดได้ทั้งการสะท้อนของแสงและการส่งผ่านของแสง



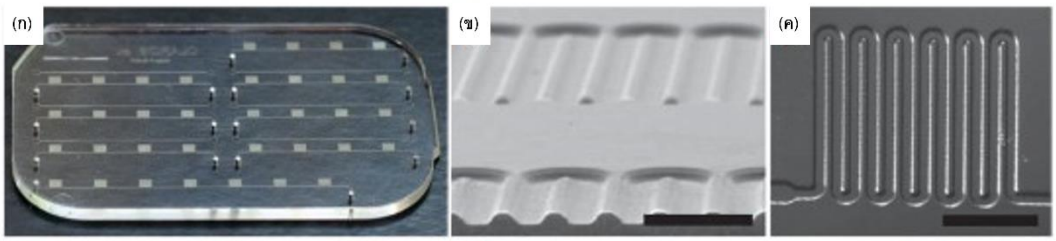
ภาพประกอบ 21 ตัวอย่างเครื่องมือเครื่องวัดสี Integrating Sphere

ที่มา: https://fw.lnwfile.com/_/fw/_raw/h3/0g/1y.png

2.2 ไมโครฟลูอิดิก (Microfluidics)

ปัจจุบัน อุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์และการแพทย์ส่วนใหญ่ถูกย่อขนาดให้เล็กลงเพื่อทำให้สามารถติดตั้งร่วมกับอุปกรณ์อื่น ๆ ได้ง่ายขึ้น (สาทิตย์ ศรีมุงคุณ และ นิมิต ชมนาวัง) แต่ยังคงประสิทธิภาพและความแม่นยำในการวิเคราะห์ผล ไมโครฟลูอิดิกเป็นเทคโนโลยีหนึ่งที่ถูกสร้างขึ้นเพื่อนำมาใช้งานกับของไหล (ของเหลวหรือแก๊ส) ในปริมาณที่น้อยมาก หรือมีปริมาตรต่ำกว่า 0.001 ไมโครลิตร ไมโครฟลูอิดิกถูกใช้งานในหลาย ๆ วงการ เช่น วงการแพทย์ เคมี ชีวะ เป็นต้น เนื่องจากไมโครฟลูอิดิกนั้นมีข้อดีหลายประการ (ศักดิ์ชัย เสถียรพีระกุล, พิมพ์พร จันทร์ผง แซนเดอร์ส, และ มาโนชย์ ถนอมวัฒน์, 2557) เช่น

1. สอดคล้องกับพัฒนาการของโลกที่มุ่งสู่อุปกรณ์ต่าง ๆ ที่มีขนาดเล็กลง
2. เป็นอุปกรณ์วิเคราะห์แบบพกพาที่มีราคาไม่แพง สามารถใช้แล้วทิ้งได้
3. ใช้ปริมาณสารที่เกี่ยวข้องในปริมาณที่ต่ำมากจึงไม่สิ้นเปลือง
4. ขนาดที่เล็กของระบบไมโครฟลูอิดิกจึงไม่สิ้นเปลืองพลังงาน



ภาพประกอบ 22 ตัวอย่างการใช้งานของระบบไมโครฟลูอิดิก (ก) ภาพถ่ายของเอ็มชิป (ข) ภาพถ่ายภาคตัดขวางของท่อลำเลียงของเหลวขนาดไมโครเมตรซึ่งถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราด (ค) ภาพถ่ายท่อลำเลียงของเหลวขนาดไมโครเมตรซึ่งถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบส่องผ่าน

ที่มา: http://thep-center.org/upload02/microfluidics2.jpg

2.3 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E)

2.3.1 ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E)

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) และนักการศึกษาหลายท่าน (ทิศนา แขมมณี, 2545, น. 7; พิมพันธ์ เดชะคุปต์, 2544, น. 43; วัฒนาพร ระงับทุกข์, 2542, น. 16; ศศิธร เวียงวะลัย, 2556, น. 174; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และ

เทคโนโลยี, 2560, น. 66-67; สุคนธ์ สินธพานนท์, 2558, น. 194) ได้กล่าวถึงความหมายเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ โดยผู้วิจัยสามารถสังเคราะห์ได้ดังนี้

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ หมายถึง การจัดการเรียนรู้ที่มีส่วนสำคัญในการพัฒนาทางการคิดและแก้ไขปัญหาของนักเรียน ผ่านกระบวการทางการคิด การปฏิบัติจริงด้วยตนเอง รวมถึงการใช้วิธีการอื่นๆ ในการหาความรู้ ทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจจนสามารถนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้กับเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่มีลักษณะใกล้เคียงกันได้ ครูมีหน้าที่ในการกำหนดแนวทางในการศึกษาให้กับนักเรียน ซึ่งแนวทางที่กำหนดนั้นสอดคล้องกับหลักสูตรและเนื้อหา นอกจากนั้นครูควรกระตุ้นให้นักเรียนมีความสนใจในบทเรียนโดยการถามคำถาม ให้ความสำคัญกับกระบวนการเรียนรู้ของนักเรียน ส่งเสริมให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็นของตนเอง รวมทั้งอำนวยความสะดวกให้แก่นักเรียน

2.3.2 ที่มาและหลักการของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E)

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) และนักวิจัยหลายท่าน (Barman, C.R., 1992, pp. 47-48; Lawson, 1989, p. 134; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2546, น. 44-45) ได้กล่าวถึงที่มาและหลักการของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ไว้ ผู้วิจัยสามารถสรุปได้ ดังนี้

เริ่มต้นจากแอทคิน (Myron Atkin) และคาร์พลัส (Robert Karplus) ได้เข้าร่วมโครงการโครงการปรับปรุงหลักสูตรวิทยาศาสตร์ (Science Curriculum Improvement Study หรือ SCIS) ทั้งสองท่านจึงได้พัฒนาและปรับปรุงขั้นการจัดการเรียนรู้ โดยมีจุดประสงค์เพื่อให้ครูเข้าใจการจัดการเรียนรู้ง่ายยิ่งขึ้น จึงเกิดเป็นการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 3 ขั้น ดังนี้

1. ขั้นสำรวจ (Exploration)
2. ขั้นแนะนำมโนทัศน์ (Concept Application)
3. ขั้นประยุกต์ใช้มโนทัศน์ (Concept application)

ต่อมาบาร์แมน (Barman, C.R., 1992) ได้เพิ่มขั้นของการจัดการเรียนรู้จากการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้เดิมมี 3 ขั้น เพิ่มเป็น 4 ขั้น นั่นคือ ขั้นที่ 4 ขั้นประเมินและอภิปรายผล หลังจากนั้นได้มีการเปลี่ยนชื่อจากการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้เป็น 4E ประกอบด้วย

1. ขั้นสำรวจ (Exploration Phase)
2. ขั้นอธิบาย (Explanation Phase)

3. ขั้นขยายมโนทัศน์ (Expansion Phase)

4. ขั้นประเมินผล (Evaluation Phase)

หลังจากนั้นมีนักศึกษาจากกลุ่มโครงการศึกษา 20 หลักสูตรวิทยาศาสตร์สาขาชีววิทยาของสหรัฐอเมริกา หรือ BSCS (Biological Science Curriculum Study) ได้เสนอขั้นการจัดการเรียนรู้ 5 ขั้น โดยเรียกการจัดการเรียนรู้นี้ว่า การสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry Cycle) หรือ 5E ดังนี้

1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement)

2. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration)

3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation)

4. ขั้นขยายความรู้ (Elaboration)

5. ขั้นประเมิน (Evaluation)

ต่อมาสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้มีการพัฒนาหลักสูตรการจัดการเรียนรู้ให้แก่นักเรียน โดยมุ่งเน้นไปที่กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ อันได้แก่ การจัดการเรียนรู้ผ่านการปฏิบัติจริง การออกแบบการทดลอง การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง ซึ่งสามารถใช้กระบวนการคิด ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และความรู้ที่เรียนมาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาต่าง ๆ หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานในปัจจุบันได้มีการนำการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้มาใช้ในการจัดการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์

2.3.3 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E)

ขั้นตอนของกระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้ หรือ 5E ของนักการศึกษากลุ่ม BSCS (Biological Science Curriculum Study) สามารถแบ่งออกเป็น 5 ขั้น (Bybee et al., 2006) ได้แก่

1. ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน (Engagement) เป็นขั้นการนำเข้าสู่บทเรียน ครูควรจักดารเรียนการสอนโดยคำนึงถึงประสบการณ์หรือความรู้เดิมที่นักเรียนได้เรียนมาแล้ว ครูอาจเริ่มจากการถามคำถาม การแสดงความคิดเห็นต่อปัญหาต่าง ๆ หรือการทบทวนความรู้เดิมของนักเรียน ที่กระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจและอยากเรียนรู้เกี่ยวกับบทเรียนมากยิ่งขึ้น

2. ขั้นสำรวจ (Exploration) เป็นขั้นตอนที่ทำให้นักเรียนเกิดการปรับขยายความคิด โดยครูผู้สอนควรให้คำแนะนำกับนักเรียน เพื่อให้นักเรียนดำเนินการสำรวจและเก็บรวบรวมข้อมูลหรือความรู้ต่าง ๆ แล้วนำผลที่ได้มาอธิบายตามความเข้าใจของตนเอง

3. **ขั้นอธิบาย** (Explanation) เป็นขั้นตอนที่ช่วยให้นักเรียนวางแนวคิดเกี่ยวกับบทเรียน ขั้นตอนนี้ต้องอาศัยความร่วมมือระหว่างนักเรียนและผู้สอน โดยมีครูคอยแนะนำแนวทางแก่นักเรียน จนนักเรียนสามารถสร้างอธิบายสิ่งที่ได้เรียนรู้ผ่านมาแล้วตามความเข้าใจของตนเอง

4. **ขั้นขยายความรู้** (Expansion) เป็นขั้นตอนการเชื่อมโยงระหว่างประสบการณ์เดิมกับประสบการณ์ใหม่ในสิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้มาแล้ว โดยมโนทัศน์ที่นักเรียนสร้างขึ้นนั้นต้องเชื่อมโยงกับความรู้อื่นหรือประสบการณ์อื่นที่สัมพันธ์กัน

5. **ขั้นประเมินผล** (Evaluation) เป็นขั้นการทดสอบสิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้ไปโดยทดสอบตามมาตรฐานการเรียนรู้ ซึ่งควรมีการประเมินอย่างต่อเนื่อง

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2560, น. 80-81) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) มีขั้นตอนและรายละเอียดในแต่ละขั้น ดังนี้

1. **ขั้นสร้างความสนใจ** (Engagement) เป็นขั้นนำนักเรียนเข้าสู่บทเรียน โดยใช้ประเด็นคำถามหรือข้อสงสัยกระตุ้นนักเรียนให้เกิดความสนใจในบทเรียน

2. **ขั้นสำรวจค้นหา** (Exploration) เป็นขั้นวางแผนเพื่อกำหนดทิศทางให้นักเรียนสำรวจตรวจสอบจากการตั้งสมมติฐาน การลงมือปฏิบัติจริงด้วยตนเอง รวมทั้งการเก็บรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ

3. **ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป** (Explanation) เป็นขั้นการอธิบายข้อเท็จจริงของข้อมูลที่ได้ทำการเก็บรวบรวมมา ผ่านการวิเคราะห์ แปลความหมาย และสรุปผลในรูปแบบต่าง ๆ

4. **ขั้นขยายความรู้** (Elaboration) เป็นขั้นนำสิ่งที่ได้เรียนรู้ไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิม หรือนำไปใช้ในการอธิบายสถานการณ์ต่าง ๆ ที่คล้ายกัน

5. **ขั้นประเมินผล** (Evaluation) เป็นขั้นประเมินผลว่านักเรียนได้เรียนรู้อะไรไปบ้าง และเรียนรู้ไปได้มากน้อยเพียงใด ผ่านการประเมินด้วยวิธีการต่าง ๆ

ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้นำการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ตามที่สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้อธิบายไว้มาใช้ในการจัดการเรียนรู้ วิชาฟิสิกส์ เพิ่มเติม ในหัวข้อการผสมแสงสี และการผสมสารสี เนื่องจากเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ได้พัฒนาให้สอดคล้องกับหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานและเหมาะสมกับนักเรียนในปัจจุบัน

2.3.4 บทบาทของครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E)

ครูควรเข้าใจบทบาทของตนเองและบทบาทของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) จึงจะสามารถดำเนินการบรรลุตามวัตถุประสงค์ของการจัดการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีรายละเอียดดังตาราง 1

ตาราง 1 บทบาทของครูและนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E)

ขั้นการเรียนรู้	บทบาทของครู	บทบาทของนักเรียน
1. **ขั้นสร้างความสนใจ** (Engagement)	1. สร้างความอยากรู้อยากเห็นและความสนใจในบทเรียนให้กับนักเรียน 2. ถามคำถาม ประเด็นปัญหา หรือให้นักเรียนได้แสดงความคิด	1. ถามคำถาม เช่น สิ่งนี้เกิดขึ้นได้อย่างไร ฉันได้เรียนรู้อะไรบ้างเกี่ยวกับสิ่งนี้ 2. แสดงความสนใจในการเรียนรู้
2. **ขั้นสำรวจค้นหา** (Exploration)	1. ถามคำถามเพื่อให้นักเรียนได้ทำการสำรวจความรู้ของตนเอง 2. สังเกตและฟังคำตอบจากนักเรียน 3. ส่งเสริมให้นักเรียนค้นหาคำตอบร่วมกับเพื่อนร่วมชั้น 4. ให้เวลานักเรียนในการตอบคำถามหรือแก้ปัญหาต่าง ๆ 5. ให้คำปรึกษาและคำแนะนำแก่นักเรียน	1. คิดอย่างอิสระแต่อยู่ในขอบเขต 2. ทดสอบสมมติฐาน 3. สรุปผลที่ได้ตามความเข้าใจของตนเอง 4. บันทึกข้อมูลที่สังเกตได้และแสดงความคิดเห็น 5. พยายามหาวิธีการในการแก้ปัญหาหลาย ๆ วิธี และอภิปรายวิธีการเหล่านั้นกับเพื่อนร่วมชั้น
3. **ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป** (Explanation)	1. ส่งเสริมให้นักเรียนแสดงแนวคิดจากเรื่องที่เรียนตามความเข้าใจของตนเองโดยใช้คำพูดที่นักเรียนเข้าใจง่าย 2. ให้นักเรียนให้เหตุผลและอธิบายให้เข้าใจชัดเจน 3. ผลักดันให้นักเรียนใช้หลักการและเหตุผลในการอธิบายหรือแสดงความคิดเห็น	1. อธิบายหรือให้คำตอบที่เป็นไปได้ 2. ฟังคำอธิบายของคนอื่นอย่างคิดวิเคราะห์ 3. เปิดใจรับฟังความคิดเห็นทั้งของเพื่อนและของครู 4. พยายามนำความรู้ที่ได้จากการเรียนรู้ไปปฏิบัติ
4. **ขั้นขยายความรู้** (Elaboration)	1. ผลักดันให้นักเรียนได้นำประโยชน์จากการอธิบายสิ่งที่ได้เรียนรู้มาประยุกต์ใช้กับสถานการณ์ใหม่ที่คล้ายกัน	1. นำสิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้ไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่ที่คล้ายกับสถานการณ์เดิม

ตาราง 1 (ต่อ)

ขั้นการเรียนรู้	บทบาทของครู	บทบาทของนักเรียน
	2. เปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นหรืออธิบาย 3. ถามคำถามนักเรียนหลังจากการเรียนรู้ว่า นักเรียนได้เรียนรู้อะไรไปบ้าง	2. ถามคำถามจากเรื่องที่เรียน เพื่อกำหนดเป้าหมายที่ใช้ในการแก้ปัญหา ตัดสินใจ และออกแบบการทดลอง 3. ลงข้อสรุปอย่างสมเหตุสมผลจากหลักฐานที่ปรากฏ 4. บันทึกการสังเกตและอธิบาย 5. แลกเปลี่ยนความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับสิ่งที่ได้เรียนรู้กับเพื่อนร่วมชั้น
5. **ขั้นประเมินผล** (Evaluation)	1. สังเกตนักเรียนเมื่อนักเรียนนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ 2. ทำหน้าที่ประเมินทั้งความรู้และพฤติกรรมที่นักเรียนแสดงออกถึงความเข้าใจในบทเรียนของนักเรียน 3. หาหลักฐานที่สนับสนุนว่านักเรียนมีแนวคิดที่ถูกต้อง 4. ให้นักเรียนประเมินตนเอง เมื่อมีการทำกิจกรรมกลุ่ม 5. ถามคำถามในลักษณะปลายเปิด	1. ตอบคำถามโดยใช้การสังเตจากหลักฐานและทฤษฎี 2. แสดงพฤติกรรมที่บ่งบอกว่า ตนเองมีความเข้าใจในแนวคิดที่ถูกต้อง 3. ประเมินตนเอง 4. ระบุประเด็นคำถามที่สามารถนำไปสู่ประเด็นใหม่ที่สามารถตรวจสอบได้

ที่มา: ณฐกรณ์ ดำชะอม. (2553). ผลของการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้แบบ 5E และวิธีการทางประวัติศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนประวัติศาสตร์และการคิดอย่างมีวิจารณญาณ. หน้า 33-34.

จากตาราง 1 ผู้วิจัยสามารถสรุปบทบาทของครูและนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ได้ดังนี้

บทบาทของครู คือ กระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจในการเรียนรู้ ให้นักเรียนรู้จักการทำงานร่วมกับผู้อื่น คอยสังเกตและฟังขณะที่นักเรียนมีการโต้ตอบระหว่างกัน ถามคำถามนักเรียนเพื่อให้นักเรียนสำรวจตรวจสอบด้วยตนเอง ให้เวลานักเรียนในการคิดแก้ปัญหา เป็นที่ปรึกษาให้กับนักเรียนเมื่อเกิดปัญหา ส่งเสริมให้นักเรียนแสดงแนวคิดพร้อมหลักฐานประกอบที่

แสดงถึงการสนับสนุนแนวคิดนั้น ส่งเสริมให้นักเรียนรู้จักการนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้กับปัญหาอุปสรรคต่าง ๆหรือสถานการณ์อื่น ๆ ที่คล้ายกัน รวมถึงประเมินความรู้และทักษะของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ไปแล้ว

ส่วนบทบาทของนักเรียน คือ ให้ความสนใจในชั้นเรียน ตอบคำถามที่ครูถามตามความเข้าใจของตนเอง ร่วมแสดงความคิดเห็นในชั้นเรียน อธิบายหรือให้คำตอบที่เป็นไปได้ และประยุกต์ใช้ความรู้ที่ได้กับสถานการณ์ที่คล้ายกันได้

2.3.5 ข้อดีและข้อจำกัดของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E)

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ต่างมีข้อดีและข้อเสียหรือข้อจำกัดจำกัดในการนำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ ซึ่งมีนักการศึกษาหลายท่าย (พันธ์ ทองชุมนุม, 2544, น. 57; ภพ เลาหไพบูลย์, 2542, น. 156-157) ได้กล่าวถึงข้อดีและข้อจำกัดไว้

ผู้วิจัยสามารถสังเคราะห์ข้อดีของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ซึ่งได้แก่

1. เปิดโอกาสให้นักเรียนได้พัฒนาทักษะการคิดและการใช้เหตุผลอย่างเต็มความสามารถ

2. นักเรียนได้ฝึกฝนทักษะต่างๆ จากการศึกษาค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเอง ทำให้นักเรียนมีพัฒนาการทางด้านความคิด และสามารถจดจำสิ่งที่เรียนรู้ได้นานและคงทน นักเรียนจึงสามารถนำสิ่งที่ได้จากการเรียนรู้ไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ ที่ใกล้เคียงกันได้

3. เน้นนักเรียนเป็นศูนย์กลางของการจัดการเรียนรู้

4. นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการทางวิทยาศาสตร์ได้เร็วยิ่งขึ้น

5. ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนมีเจตคติที่ดีทางวิทยาศาสตร์

ส่วนข้อจำกัดของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) สามารถสังเคราะห์ได้ว่า ข้อจำกัดของการจัดการเรียนรู้นี้ ได้แก่

1. เนื้อหาที่เข้าใจยาก ส่งผลให้นักเรียนกลุ่มที่เรียนไม่เก่ง ไม่สามารถค้นคว้าหาความรู้ หรือศึกษาด้วยตนเองได้

2. การจัดการเรียนรู้นี้ค่อนข้างใช้เวลาในการจัดการเรียนการเรียนรู้ในชั้นเรียนมาก

3. เมื่อใดก็ตามที่ครูจัดกิจกรรมต่าง ๆ ที่ไม่น่าสนใจ จะส่งผลทำให้นักเรียนไม่เกิดความสนใจในการเรียนรู้ นักเรียนมีอาการเบื่อหน่าย และไม่ให้ความร่วมมือในชั้นเรียน ครูจึงควร

ให้ความสำคัญกับการจัดกิจกรรมต่าง ๆ ให้แก่นักเรียน เพื่อให้นักเรียนอยากเรียนรู้และให้ความร่วมมือในการเรียนการสอนมากขึ้น

4. ครูไม่ควรเข้มงวดกับพฤติกรรมของนักเรียนมากเกินไป เพราะอาจกีดกันความกล้าแสดงออกของนักเรียน ทำให้นักเรียนไม่กล้าแสดงออก หรือไม่กล้าลงมือทำกิจกรรมต่าง ๆ ด้วยตนเองเท่าที่ควร

5. การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีนี้อย่างสม่ำเสมอ อาจทำให้นักเรียนมีความสนใจในการเรียนรู้น้อยลง

2.4 **พีระมิดการเรียนรู้ของเอดการ์ เดล** (Learning Pyramid)

เอ็ดการ์ เดล (Dale, E., 1946) ได้เสนอพีระมิดการเรียนรู้ไว้เมื่อปี พ.ศ.2489 (ค.ศ. 1946) โดยเน้นว่า “นักเรียนจะได้ประโยชน์จากการใช้กิจกรรมการสอนที่เป็นนามธรรม ในการขยายสิ่งที่เขาได้สะสมมาจากสิ่งที่เป็นรูปธรรมเพื่อให้เกิดความหมายต่อสิ่งที่เป็นนามธรรมมากขึ้นไปอีก” ดังนั้น ในการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องการผสมสารสีและแสงสี ซึ่งเป็นเรื่องที่ซับซ้อนเข้าใจยาก และเป็นนามธรรม การจัดกิจกรรมการเรียน โดยอาศัยเครื่องมือทำการทดลองเพื่อฝึกปฏิบัติประกอบกับการสอนอย่างมีกระบวนการ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) จะทำให้รับรู้เนื้อหาได้ไม่ต่ำกว่า 75% ดังภาพประกอบ 23 ซึ่งถือเป็นการวัดการเรียนการสอนที่ดีที่สุดในการวิจัยนี้

ภาพประกอบ 23 พีระมิดการเรียนรู้ของเอ็ดการ์ เดล

ที่มา: http://www.kruchid.com/the-cone-of-learning/

2.5 **สื่อการสอน**

งานวิจัยนี้มีเอกสารที่เกี่ยวข้องกับสื่อการสอนดังรายละเอียดต่อไปนี้

2.5.1 ความหมายของสื่อการสอน

นักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความสำคัญกับสื่อการสอนมาเป็นเวลานาน เนื่องจากเห็นความสำคัญของการใช้สื่อการสอนเพื่อช่วยให้นักเรียนสามารถพัฒนาการเรียนรู้ได้สมบูรณ์ ซึ่งผู้วิจัยสรุปความหมายของสื่อการสอนของนักการศึกษาแต่ละท่านได้ดังนี้

ชาญชัย อินทรสุนานนท์ (2531) ได้ให้ความหมายของสื่อการสอนไว้ว่า สื่อการสอน หมายถึง สื่อที่จะนำมาใช้ในการเรียนการสอนโดยเฉพาะ โดยครอบคลุมถึงวัสดุอุปกรณ์ และวิธีการทุกรูปแบบที่ไม่เฉพาะแต่สื่อที่เป็นวัสดุหรือเครื่องมือเท่านั้น เช่น กิจกรรม การสาธิต การฉาย ภาพยนตร์ สไลด์ เทป กระดานชอล์ก การศึกษานอกสถานที่ นาฏการ การทดลอง เป็นต้น

สมบูรณ์ สงวนญาติ (2534) ได้ให้ความหมายของสื่อการสอนไว้ว่า สื่อการสอน หมายถึง ทุกสิ่งทุกอย่างที่ผู้สอนและนักเรียนนำมาใช้ในการเรียนจัดการเรียนรู้ เพื่อช่วยให้กระบวนการเรียนรู้ดำเนินไปสู่เป้าหมายอย่างมีประสิทธิภาพ ได้แก่ วัตถุสิ่งของที่มีอยู่ในธรรมชาติหรือมนุษย์สร้างขึ้นมา รวมทั้งวิธีการสอนและกิจกรรมในรูปแบบต่าง ๆ

สมหวัง ครุรัตน์ (2535) ได้ให้ความหมายของสื่อการสอนไว้ว่า สื่อการสอน หมายถึง อุปกรณ์การสอนอย่างง่ายที่ประกอบด้วยวัสดุที่มีในท้องถิ่นหรือมีในธรรมชาติ มีขั้นตอนในการทำง่ายไม่สิ้นเปลืองเวลาและงบประมาณ สามารถทำเองได้ และใช้สอนในห้องเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

กิดานันท์ มลิทอง (2540) กล่าวว่า สื่อการสอน หมายถึง สื่อชนิดใดก็ตามไม่ว่าจะเป็นเทปบันทึกเสียง สไลด์ วิทยุ โทรทัศน์ วิดีโอ แผนภูมิ ภาพนิ่ง ฯลฯ ซึ่งบรรจุเนื้อหาข้อความเกี่ยวกับการเรียนการสอน

ผู้วิจัยจึงสรุปได้ว่า สื่อการสอน หมายถึง สิ่งต่าง ๆ ที่อยู่รอบตัวที่สามารถนำมาใช้ในกระบวนการเรียนการสอน เพื่อเป็นสื่อให้นักเรียนเกิดความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาสาระตามความมุ่งหมายของบทเรียน สื่อการสอนอาจเป็นสิ่งที่มีอยู่ในธรรมชาติหรือสิ่งที่ครูผู้สอนสร้างขึ้นจากวัสดุในธรรมชาติหรือวัสดุเหลือใช้ได้โดยกระบวนการสร้างต้องไม่ยุ่งยากซับซ้อน และต้นทุนการผลิตต่ำ

ดังนั้น สื่อการสอนที่นิยามในงานวิจัยนี้คือ ชุดทดลองเรื่องการผสมสารสีและการผสมแสงสี ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองในรายวิชาฟิสิกส์ สำหรับนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

2.5.2 ประโยชน์และคุณค่าของสื่อการสอน

นักการศึกษาหลายท่านได้กล่าวถึงประโยชน์ และคุณค่าของสื่อการสอนไว้หลายท่าน สรุปได้พอสังเขป ดังนี้

สาโรจน์ แพงยัง (2529) ได้กล่าวถึงคุณค่าของสื่อการสอนไว้ดังนี้

1. ช่วยให้คุณภาพของการเรียนรู้ดีขึ้น เพราะมีความหมายชัดเจนต่อนักเรียน
2. ช่วยส่งเสริมการคิดและแก้ปัญหาให้แก่นักเรียน
3. ช่วยให้นักเรียนมีความสนใจบทเรียนมากขึ้น
4. ช่วยให้นักเรียนจำบทเรียนได้เร็วขึ้น
5. ช่วยให้นักเรียนเรียนรู้ได้ในปริมาณมากขึ้นในเวลาที่จำกัด
6. ช่วยให้การเรียนง่ายขึ้น ดังนี้
   6.1 ทำสิ่งที่เข้าใจยากให้ง่ายขึ้น
   6.2 ทำให้นามธรรมเป็นรูปธรรม
   6.3 ทำให้สิ่งที่เคลื่อนไหวเร็วให้ช้าลง
   6.4 ทำให้สิ่งที่เคลื่อนไหวช้าให้เร็วขึ้น
   6.5 ทำให้สิ่งใหญ่ย่อยขนาดลง
   6.6 ทำให้สิ่งที่เล็กมีขนาดใหญ่ขึ้น
   6.7 นำสิ่งที่เกิดขึ้นในอดีตมาศึกษาได้
   6.8 นำสิ่งที่อยู่ไกลมาศึกษาได้
7. เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนการสอนมากขึ้นกว่าเดิม

ชาญชัย อินทรสุนานนท์ (2531) ได้กล่าวถึงคุณค่าของสื่อการสอนไว้ว่า การเรียนการสอนจะเกิดขึ้นได้ต้องอาศัยสื่อเป็นตัวกลางจากผู้ส่งไปยังผู้รับ ฉะนั้นสื่อจึงมีคุณค่าอย่างยิ่งต่อการเรียนการสอน ดังต่อไปนี้

1. เป็นศูนย์รวมความสนใจของนักเรียน ทำให้นักเรียนมีความสนใจที่จะเรียนรู้มากยิ่งขึ้น
2. ช่วยให้นักเรียนเรียนรู้ได้มากขึ้น และมีประสบการณ์กว้างขวางขึ้น โดยใช้เวลาน้อยลง
3. ช่วยให้นักเรียนรู้จักคิดและแก้ปัญหาในการเรียนรู้ได้ดีขึ้น
4. ช่วยให้นักเรียนเรียนได้อย่างมั่นใจ ประทับใจ และจดจำได้นาน
5. ช่วยให้นักเรียนเรียนรู้ได้ดีขึ้นจากประสบการณ์ที่มีความหมายรูปแบบต่าง ๆ

6. ช่วยลดคำบรรยายของครูให้น้อยลงแต่นักเรียนเข้าใจง่ายขึ้น

7. ช่วยให้นักเรียนเข้าใจความหมายของศัพท์ต่าง ๆ ทำให้เด็กอ่านได้เร็วขึ้น

8. ช่วยให้ข้อจำกัดต่าง ๆ เกี่ยวกับรูปร่าง เวลา ระยะทาง การเคลื่อนไหว หรือสิ่งยุ่งยากในการเรียนรู้น้อยลงหรือหมดไป

9. ช่วยลดความสูญเปล่าทางการศึกษาได้ เช่น ช่วยลดเวลาการเรียนการสอน ลดค่าใช้จ่าย ลดจำนวนผู้สอบตก ช่วยให้การเรียนการสอนมีประสิทธิภาพมากขึ้น ช่วยแก้ปัญหาการเรียนการสอนทั้งรายบุคคล การเรียนกลุ่มย่อย และการเรียนกลุ่มใหญ่ให้มีประสิทธิภาพขึ้น

กิดานันท์ มลิทอง (2540) ได้กล่าวไว้ว่า สื่อการสอนนั้นมีคุณค่าและยังสามารถใช้ประโยชน์ได้ทั้งกับนักเรียนและครูผู้สอน ดังต่อไปนี้

1. สื่อกับนักเรียน

1.1 ช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากสื่อทำให้นักเรียนเข้าใจบทเรียนที่ยากและซับซ้อนได้ง่ายขึ้น สามารถทำให้เกิดการเรียนรู้และเข้าใจในเรื่องนั้นได้ถูกต้องและรวดเร็ว

1.2 ช่วยกระตุ้นความสนใจในบทเรียนให้กับนักเรียน ทำให้เกิดความสนุกในการเรียนรู้

1.3 ช่วยให้นักเรียนเกิดความเข้าใจที่ตรงกัน และมีประสบการณ์ร่วมกับเพื่อนในชั้นเรียน

1.4 ช่วยให้นักเรียนได้มีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมต่าง ๆ มากขึ้น นอกจากนั้นยังช่วยสร้างมนุษยสัมพันธ์ที่ดีระหว่างนักเรียนด้วยกันเองและนักเรียนกับครูด้วย

1.5 ช่วยแก้ปัญหาเรื่องความแตกต่างระหว่างบุคคลของนักเรียนในชั้นเรียน

2. สื่อกับครูผู้สอน

2.1 การใช้สื่อวัสดุอุปกรณ์ต่าง ๆ ในการจัดการเรียนรู้ทำให้บรรยากาศในการเรียนน่าสนใจยิ่งขึ้น ทำให้ครูมีความสนุกสนานในการสอนมากกว่าวิธีการที่เคยใช้การบรรยายแต่เพียงอย่างเดียว เป็นการสร้างความเชื่อมั่นในตัวเองให้เพิ่มขึ้นด้วย

2.2 สื่อจะช่วยแบ่งเบาภาระของครูในด้านการเตรียมเนื้อหา เพราะบางครั้งอาจให้นักเรียนศึกษาเนื้อหาจากสื่อได้เอง

2.3 เป็นการกระตุ้นให้ครูตื่นตัวอยู่เสมอในการเตรียมและผลิตวัสดุใหม่ ๆ เพื่อใช้เป็นสื่อการสอน ตลอดจนคิดค้นเทคนิควิธีการต่าง ๆ เพื่อให้การเรียนรู้น่าสนใจยิ่งขึ้น

จากข้อความข้างต้นสรุปได้ว่า สื่อการสอนมีประโยชน์และมีคุณค่าต่อการเรียนการสอนทั้งตัวครูผู้สอนและตัวนักเรียนเอง โดยครูต้องนำสื่อการสอนนำไปใช้อย่างเหมาะสมกับการจัดการเรียนการสอนและนำไปใช้อย่างถูกวิธี ดังนั้นผู้สอนจึงควรได้ศึกษาถึงลักษณะและคุณสมบัติของสื่อดังกล่าวก่อน เพื่อให้เหมาะสมกับสภาพการเรียนการสอน และเพื่อให้การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนบรรลุตามวัตถุประสงค์ที่วางไว้

3. ลักษณะของอุปกรณ์และเครื่องมือที่ดี

โช สาลีฉัน (2528) ได้กล่าวถึงลักษณะของอุปกรณ์และเครื่องมือที่ดีไว้ ดังนี้

3.1 รูปร่างและลักษณะจะต้องจูงใจ ซึ่งจะมีผลดีต่อการเรียนการสอนมาก เมื่อนักเรียนมองเห็นจะเกิดความสนใจและอยากรู้ว่าเครื่องมือนั้นมีไว้ทำอะไร และให้ผลอะไรออกมาบ้าง ทำให้เด็กมีความตั้งใจเรียนมากขึ้น

3.2 ต้องใช้งานได้ตามที่ต้องการ เครื่องมือที่สร้างขึ้นต้องให้ทำงานได้ตามต้องการ หากเครื่องมือไม่ทำงานจะต้องเสียเวลาในการแก้ไข และอาจทำให้นักเรียนมีความสนใจในการเรียนจะลดลง

3.3 สะดวกในการใช้งาน เมื่อนำไปใช้สอนหรือทำการทดลอง จะได้มีความคล่องตัวในการใช้งาน ทำให้ไม่เกิดอุบัติเหตุได้ง่าย ปลอดภัยเวลาใช้งาน

3.4 มีความแข็งแรงและคงทนถาวร เครื่องมือจะสามารถใช้งานได้นาน ทำให้ไม่สิ้นเปลือง

3.5 วัสดุที่ใช้สร้างควรเป็นวัสดุที่หาได้ง่าย เป็นวัสดุที่หาได้ตามท้องถิ่นหรือวัสดุเหลือใช้ หากออกแบบเครื่องมือเสร็จแล้วจะได้สร้างได้ทันที

3.6 วัสดุที่ใช้สร้างควรเป็นวัสดุราคาถูก เพราะการใช้วัสดุราคาถูกสร้างเป็นการประหยัดเงินของโรงเรียน และยังสามาถสร้างเครื่องมือได้เป็นจำนวนมากด้วยเพียงพอต่อการใช้งาน

3.7 ควรใช้งานได้หลายอย่าง เพื่อให้ได้รับประโยชน์สูงสุดและมีความคุ้มค่าแก่การออกแบบสร้าง ทำให้ไม่สิ้นเปลือง

3.8 สะดวกในการเก็บรักษา ควรออกแบบให้เครื่องมือมีรูปร่างกะทัดรัด เพื่อความสะดวกในการเก็บรักษาเครื่องมือ

3.9 เมื่อนำไปใช้สาธิตและทำการทดลอง นักเรียนสามารถมองเห็นได้อย่างชัดเจน

4. การออกแบบและสร้างอุปกรณ์วิทยาศาสตร์

โช สาลีฉัน (2528) ได้เสนอขั้นตอนของการออกแบบและสร้างอุปกรณ์วิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

4.1 ขั้นเตรียมการ

1) จัดซื้อหนังสือเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และเอกสารที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำมาศึกษาทำบัญชีรายการอุปกรณ์การสอนที่จะต้องสร้างทดแทนทั้งหมด

2) ศึกษาการทำงานของชิ้นส่วนต่าง ๆ ของอุปกรณ์การสอนวิชาวิทยาศาสตร์ในบัญชีที่ทำไว้ในข้อ 1) เพื่อนำไปออกแบบสร้างทดแทน โดยใช้วัสดุต่าง ๆ ให้เหมาะสมกับวัสดุที่มีอยู่ในแต่ละท้องถิ่นในประเทศไทย

4.2 ขั้นปฏิบัติการ

1) เลือกเครื่องมือที่ได้ศึกษาการทำงานของชิ้นส่วนต่าง ๆ ไว้แล้ว ซึ่งจะต้องสร้างแบบทดแทนใหม่มาพิจารณาศึกษาอีกครั้งหนึ่ง

2) เลือกวัสดุจากที่สำรวจไว้แล้ว ซึ่งสามารถหาได้ง่ายในทุกท้องถิ่น เพื่อนำมาใช้ออกแบบสร้างเป็นเครื่องมือ

3) ดำเนินการออกแบบการสร้างเครื่องมือโดยเริ่มจากการเขียนเป็นภาพอย่างหยาบ ๆ จากนั้นพิจารณาจนแน่ใจว่าเป็นแบบที่ใช้ได้แล้วจึงลงมือสร้างตามแบบที่เขียนไว้ โดยให้ความสำคัญกับประเด็นต่อไปนี้ คือ 1. เป็นแบบที่สร้างได้ง่าย ครูหรือนักเรียนก็สามารถสร้างได้ 2. วัสดุที่ใช้สร้างสามารถหาได้ง่ายไม่ว่าจะอยู่ที่ใดก็ตาม 3. ใช้ทดแทนแบบเดิมได้ และ 4. เป็นแบบที่มองดูแล้วเข้าใจได้ง่ายและไม่มีความซับซ้อน

4) นำเครื่องมือที่สร้างเสร็จแล้วมาทดลอง เพื่อตรวจสอบหน้าที่การทำงานของชิ้นส่วนต่าง ๆ ว่าทำงานได้อย่างที่ต้องการหรือไม่ และมีความละเอียดอยู่ในช่วงที่เชื่อถือได้ก็ถือว่าเครื่องมือที่สร้างขึ้นใช้ได้ และใช้เป็นต้นแบบต่อไป แต่ถ้าชิ้นส่วนที่สร้างขึ้นทำงานยังมีปัญหาการใช้งานก็ควรมีการพัฒนาและแก้ไขปรับปรุง

5) ตั้งสมมติฐานของสาเหตุที่ทำให้เครื่องมือที่สร้างขึ้นทำงานได้ไม่ดีแล้วลงมือแก้ไขตามสมมติฐานนั้น และนำไปทดลองตรวจสอบใหม่อีกครั้งจนกว่าเครื่องมือที่สร้างขึ้นจะสมบูรณ์ตามต้องการ จึงใช้เป็นต้นแบบต่อไป

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบและสร้างเครื่องมือ สรุปได้ว่า ในการออกแบบและสร้างเครื่องมือนั้นจะต้องมีการเตรียมการศึกษาเอกสารหรือเนื้อหาสาระที่

เกี่ยวข้อง เพื่อศึกษาระบบของการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ สำหรับการนำไปวางแผน การออกแบบ และดำเนินการสร้างตามขั้นตอนการสร้างสื่อ เมื่อสร้างเสร็จแล้วต้องตรวจสอบความถูกต้องในการทำงานของสื่อที่พัฒนาขึ้นเพื่อใช้เป็นต้นแบบต่อไป ซึ่งงานวิจัยนี้ดำเนินการพัฒนาชุดทดลองโดยใช้แนวคิดจากการศึกษาเอกสารดังกล่าวเป็นกรอบในการพัฒนา

2.6 **ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน**

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีความสำคัญไม่น้อยไปกว่าการจัดการการเรียนรู้ เนื่องจากการที่ครูจะรู้ว่านักเรียนมีความรู้มากน้องเพียงใด ต้องอาศัยกระบวนการวัดและประเมินผล ซึ่งมีด้วยกันหลายวิธี ซึ่งในงานวิจัยนี้ วิธีที่ผู้วิจัยสนใจคือ การวัดผลสัมฤทธิ์ทางเรียนของนักเรียน

2.6.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นความสามารถทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับความรู้และประสบการณ์จากการจัดการเรียนรู้ของครูผู้สอน โดยความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้มีนักวัดผลการศึกษาได้ให้ความหมายไว้หลายท่าน ดังนี้

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (2549, น. 15) กล่าวถึงความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนว่า เป็นผลที่เกิดจากการจัดการเรียนรู้ที่สำคัญ ซึ่งผลที่วัดได้นี้จะเป็นตัวชี้วัดว่า การจัดการเรียนรู้นั้นเป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่วางไว้หรือไม่ โดยผลที่วัดได้จะออกมาตามความเป็นจริงและมีผลกับนักเรียน

ไพโรจน์ ชำนาญ (2550) ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ว่าหมายถึงคุณลักษณะและความสามารถของนักเรียนที่พัฒนางอกงามขึ้น อันเนื่องมาจากผลการจัดการเรียนรู้ หรืออาจมาจากการฝึกอบรม ซึ่งประกอบด้วยความสามารถทางสมอง ความรู้ ทักษะ ความรู้สึก และค่านิยมต่าง ๆ

ขนิษฐา บุญภักดี (2552) กล่าวว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง คุณลักษณะและความสามารถของนักเรียนที่ได้รับจากจัดการเรียนรู้ ซึ่งผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนนั้นไม่จำเป็นจะต้องมาจากกระบวนการที่อาศัยการทดสอบเพียงเท่านั้น อาจได้มาจากกระบวนการอื่น ๆ เช่น การสังเกต และการใช้แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทั่วไป

พิมพ์ประภา อรัญมิตร (2552) กล่าวว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง คุณลักษณะและความรู้ความสามารถของนักเรียนที่แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้ในวิชาต่าง ๆ นั้นประสบความสำเร็จตามจุดประสงค์ที่วางไว้ ซึ่งอาจพิจารณาผลสัมฤทธิ์ได้จากการประเมินโดยใช้แบบทดสอบทางภาคทฤษฎี ภาคปฏิบัติ หรือทั้งสองอย่าง

ทิศนา แขมมณี (2545, น. 10) กล่าวว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง การเข้าถึงความรู้ การพัฒนาทักษะในการเรียนของนักเรียน ซึ่งอาจวัดได้จากคะแนนสอบที่กำหนดให้ คะแนนที่ได้จาก งานที่ครูมอบหมายหรือทั้งสองอย่าง

วุฒิชัย ดานะ (2553) ได้กล่าวว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความรู้ ความสามารถ และทักษะ ที่นักเรียนได้รับหลังจากผ่านการเรียนรู้ด้วยตนเองหรือการเรียนรู้ที่ครูจัดขึ้นในชั้นเรียน โดยอาศัยความสามารถเฉพาะตัวของนักเรียนแต่ละคน ซึ่งผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสามารถวัดเป็นคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบ หรือเกรดที่ได้จากการเรียน

ศิริชัย กาญจนวาสี (2556, น. 165) กล่าวว่า นักเรียนเกิดการเปลี่ยนแปลงความรู้ ความสามารถ พฤติกรรม หรือลักษณะทางจิตใจ ที่เกิดจากประสบการณ์ที่ผู้เรียนได้รับหลังจากการจัดการเรียนรู้ โดยจะพิจารณาการเปลี่ยนแปลงทั้งในเชิงปริมาณหรือคุณภาพ ที่ไปในทิศทางที่จุดมุ่งหมายของหลักสูตรกำหนดไว้

พิศิษฐ์ ชำนาญนา (2558) กล่าวว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความรู้ ความสามารถ และความสำเร็จที่เกิดจากการเรียนรู้ในเรื่องใด ๆ ของนักเรียน อันเป็นผลมาจากผลการทดสอบของครูผู้สอนหรือแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสิ่งนั้น ๆ

แพรวพรรณ ติใหม่ (2558) กล่าวว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึงความสำเร็จทางการเรียนของบุคคลที่ต้องอาศัยความสามารถของบุคคลนั้น ทั้งทางด้านพุทธิพิสัย ทักษะพิสัย และจิตพิสัย ซึ่งเป็นผลที่เกิดจากการเรียนการสอนที่จัดขึ้น

กู๊ด (Good, C. V., 1973, p. 7) ได้กล่าวถึงความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ว่า เป็นการเข้าถึงความรู้ หรือการพัฒนาทักษะที่ได้มาจากการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนที่ผ่านมา ซึ่งอาจวัดได้จากคะแนนสอบ หรือคะแนนที่ได้จากงานที่นักเรียนได้รับมอบหมาย หรือทั้งสองอย่าง

จากความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนข้างต้น ผู้วิจัยสามารถสรุปได้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความรู้ ความสามารถ และทักษะของนักเรียนที่เกิดขึ้นหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ สามารถวัดได้โดยอาศัยเครื่องมือในการวัดผล เช่น แบบทดสอบ งานที่ได้รับมอบหมายจากครู และการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียน ซึ่งประกอบด้วย ด้านความรู้ ทักษะ ความรู้สึก และค่านิยมต่าง ๆ

2.6.2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) (2546) และกระทรวงศึกษาธิการ (2545) ได้กล่าวถึงประเมินผลการเรียนรู้หรือการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ โดยยึดแนวทางของคลอฟเฟอร์ (Kolpfer) โดยวัดพฤติกรรม 4 ด้านของนักเรียนดังนี้

1. **พฤติกรรมด้านความรู้** หมายถึง พฤติกรรมที่แสดงให้เห็นว่านักเรียนสามารถจดจำหรือระลึกถึงสิ่งต่าง ๆ ที่เคยเรียนรู้ไป หลังจากที่นักเรียนได้เรียนรู้ผ่านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งความรู้ที่จะทำการวัดและประเมินผลมี 9 ประเภท คือ

1.1 ความรู้เกี่ยวกับความจริง (Fact) ที่มีอยู่ตามธรรมชาติ สามารถสังเกตได้โดยตรงและทดลองแล้วจะได้ผลเหมือนเดิมทุกครั้ง

1.2 ความรู้เกี่ยวกับมโนทัศน์ (Concept) คือความรู้ที่เกิดจากการนำความรู้ที่สอดคล้องกันหลาย ๆ อย่างมาผสมกัน

1.3 ความรู้เกี่ยวกับปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ และมีลักษณะที่เกิดขึ้นซ้ำ ๆ เป็นวัฏจักร

1.4 ความรู้เกี่ยวกับหลักการและกฎวิทยาศาสตร์ (Principle and law) เป็นหลักอ้างอิงซึ่งได้มาจากการนำแนวคิดที่มีความเกี่ยวข้องกันหลาย ๆ แนวคิดมาผสมกันจนกลายเป็นความรู้ใหม่

1.5 ความรู้เกี่ยวกับเกณฑ์ในการแบ่งประเภทของสิ่งต่าง ๆ ผู้ที่ศึกษาด้านวิทยาศาสตร์ควรมีความรู้รู้เกี่ยวกับมาตรฐานที่ใช้สำหรับการแบ่งประเภทหรือชนิดของสิ่งต่าง ๆ

1.6 ความรู้เกี่ยวกับข้อตกลง (Assumption) เป็นการใช้อักษรย่อและเครื่องหมายต่าง ๆ เพื่อความเข้าใจตรงกัน ซึ่งถูกกำหนดโดยนักวิทยาศาสตร์

1.7 ความรู้เกี่ยวกับเทคนิคและกรรมวิธีทางวิทยาศาสตร์ เน้นเฉพาะความสามารถที่จะบอกถึงสิ่งที่นักเรียนรู้เท่านั้น โดยความรู้ประเภทนี้ไม่ใช่ความรู้ที่ได้มาจากกระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ แต่จะได้มาจากการค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเองของนักเรียนหรือการบอกเล่าของครู

1.8 ความรู้เกี่ยวกับศัพท์ทางวิทยาศาสตร์ เป็นความรู้ที่ได้มาจากคำศัพท์ที่เกี่ยวข้องกับนิยามต่าง ๆ และศัพท์เฉพาะทางของวิทยาศาสตร์

1.9 ความรู้เกี่ยวกับทฤษฎี คือ ข้อความที่อธิบายและทำนายเกี่ยวกับปรากฏการณ์ ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น

2. **พฤติกรรมด้านความเข้าใจ** หมายถึง พฤติกรรมที่แสดงว่านักเรียนสามารถจำแนกความรู้ได้เมื่อความรู้นั้นอยู่ในรูปใหม่ โดยพฤติกรรมนี้นักเรียนจะได้ใช้ความรู้ที่สูงกว่าความรู้ความจำซึ่งแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

2.1 ความเข้าใจข้อเท็จจริง วิธีการ กฎเกณฑ์ หลักการ และทฤษฎีต่าง ๆ เป็นพฤติกรรมที่นักเรียนต้องบรรยายสิ่งที่มีลักษณะคล้ายกับสิ่งที่เคยเรียนรู้มาในรูปแบบใหม่

2.2 ความเข้าใจเกี่ยวกับการแปลความหมายของข้อมูลต่าง ๆ ที่อยู่ในรูปแบบหนึ่งไปเป็นอีกรูปแบบหนึ่ง โดยข้อมูลเหล่านั้นอาจจะเป็นข้อเท็จจริง หลักการ หรือทฤษฎีต่าง ๆ

3. **พฤติกรรมด้านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์** หมายถึง พฤติกรรมที่นักเรียนสามารถสืบเสาะหาความรู้และแก้ปัญหาโดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ เช่น การสังเกต การจำแนก การคำนวณ และการทดลอง เป็นต้น

4. **พฤติกรรมด้านการนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้** หมายถึง พฤติกรรมที่นักเรียนสามารถนำสิ่งต่าง ๆ ที่ได้จากการเรียนรู้ไปใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ที่แตกต่างไปจากที่เคยเรียนรู้มา

2.6.3 การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

แบบวัดผลสัมฤทธิ์ เป็นแบบทดสอบที่ใช้วัดสมรรถภาพทางสมอง รวมไปถึงความรู้ความสามารถและทักษะทางวิชาการของผู้สอบจากการจัดการเรียนรู้ โดยมีจุดประสงค์ คือ ทำให้ทราบว่า หลังจากผ่านการจัดการเรียนรู้ไปแล้ว ผู้สอบมีความรู้อะไรบ้าง มากน้อยเพียงใด (อัมพวา รักบิดา, 2549, น. 28) มีผู้ให้ความหมายของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้หลายท่าน ดังนี้

บุญชม ศรีสะอาด (2545, น. 53) ได้ให้ความความหมายแบบวัดผลสัมฤทธิ์ไว้ว่า หมายถึง แบบทดสอบที่นำไปใช้วัดความรู้ทางวิชาการของผู้สอบ หลักจากผ่านการเรียนรู้ในเนื้อหาสาระและตามจุดประสงค์ของวิชาหรือเนื้อหาที่สอบนั้น ซึ่งโดยทั่วไปจะการวัดผลสัมฤทธิ์ในวิชาต่าง ๆ ที่ใช้ในสถานศึกษา เช่น โรงเรียน วิทยาลัย มหาวิทยาลัยหรือสถานศึกษาอื่น อาจจำแนกการวัดผลสัมฤทธิ์ได้เป็น 2 ประเภท ดังนี้

1. **แบบทดสอบอิงเกณฑ์** หมายถึง แบบทดสอบที่สร้างขึ้นตามจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม มีคะแนนเกณฑ์สำหรับใช้ตัดสินใจว่าผู้สอบมีความรู้ตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้หรือไม่ ซึ่งสิ่งที่สำคัญของการทดสอบประเภทนี้คือ การวัดตามจุดประสงค์ที่วางไว้

2. **แบบทดสอบอิงกลุ่ม** หมายถึง แบบทดสอบที่มุ่งสร้างเพื่อวัดให้ครอบคลุมหลักสูตร จึงสร้างตารางวิเคราะห์หลักสูตร ซึ่งสิ่งที่สำคัญสำหรับการทดสอบประเภทนี้คือความสามารถในการจำแนกผู้สอบตามความเก่งอ่อนได้ดี

สิริพร ทิพย์คง (2545) กล่าวว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง แบบทดสอบหรือชุดคำถามที่ต้องการวัดพฤติกรรมทางการเรียนว่า หลักจากได้รับการจัดการเรียนรู้ นักเรียนมีความรู้ ทักษะ และสมรรถภาพของสมองในด้านต่าง ๆ จากสิ่งที่ได้เรียนไปแล้วมากน้อยเพียงใด

พิชิต ฤทธิ์จรูญ (2549) กล่าวว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง แบบทดสอบที่ใช้เพื่อวัดว่า นักเรียนมีความรู้ความสามารถและทักษะหลังได้รับการเรียนรู้ไปแล้วบรรลุตามจุดประสงค์ที่กำหนดไว้มากน้อยเพียงใด

สมนึก ภัททิยธนี (2549) กล่าวว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง แบบทดสอบที่วัดสมรรถภาพของสมองด้านต่าง ๆ หลังจากที่นักเรียนได้เรียนรู้ไปแล้วว่าบรรลุผลสำเร็จตามจุดประสงค์ที่กำหนดไว้มากน้อยเพียงใด

ศิริชัย กาญจนวาสี (2556, น. 165) กล่าวว่า แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นเครื่องมืออย่างหนึ่งสำหรับการวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ของนักเรียนว่า นักเรียนมีความรู้ความสามารถพัฒนาตามวัตถุประสงค์ที่ผู้สอนกำหนดไว้หรือไม่ และดีระดับใดเมื่อเปรียบเทียบกับนักเรียนคนอื่นในชั้นเรียน

บลูม (Bloom, 1956) ได้กล่าวเกี่ยวกับการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ว่า การนำวัตถุประสงค์ด้านพุทธพิสัยไปใช้กับการประเมินผลการจัดการเรียนรู้ ทำให้สามารถแบ่งการประเมินผลการจัดการเรียนรู้ได้เป็น 3 ด้าน ได้แก่ ด้านความรู้ ด้านการใช้ความรู้ และด้านการขยายความรู้ (Meng, E., & Doran, R. L., 1993) โดยแต่ละด้านมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของบลูม (Bloom) ดังนี้

1. **ด้านความรู้** สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของบลูม (Bloom) ด้านความรู้ความจำ

2. **ด้านการใช้ความรู้** สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของบลูม (Bloom) ด้านความเข้าใจ และด้านการนำไปใช้

3. **ด้านการขยายความรู้** สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของบลูม (Bloom) ด้านการวิเคราะห์ การสังเคราะห์ และการประเมินผล

บลูม (Bloom, 1956) ได้กล่าวถึงลำดับขั้นของการเขียนวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมด้านความรู้ความคิดไว้ 6 ขั้น ได้แก่

1. **ความรู้ความจำ** เป็นขั้นที่ต่ำที่สุดของการเขียนวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม โดยขั้นนี้นักเรียนสามารถจดจำความรู้ที่เคยเรียนรู้ได้ เช่น ข้อมูล ข้อเท็จจริงต่าง ๆ กฎเกณฑ์ หรือทฤษฎี

2. **ความเข้าใจ** เป็นขั้นการเรียนรู้ที่สูงกว่าขั้นความรู้ความจำ ในขั้นนี้นักเรียนสามารถจับใจความสำคัญ หรือการแปลความจากตัวเลข การสรุป การย่อความต่าง ๆ จากเรื่องที่เรียนผ่านมาแล้วได้

3. **การนำไปใช้** เป็นขั้นที่นักเรียนต้องเข้าใจเนื้อหา กฎ ทฤษฎี วิธีการนำไปใช้หรือสิ่งต่าง ๆ ที่เรียนมาเป็นอย่างดี จึงจะสามารถนำความรู้นั้นไปประยุกต์ใช้กับเหตุการณ์ที่คล้ายกันได้ ขั้นนี้จึงเป็นขั้นที่สูงกว่าความเข้าใจ

4. **การวิเคราะห์** เป็นขั้นที่นักเรียนสามารถแยกแยะความรู้ที่เรียนผ่านมาแล้วลงไปเป็นส่วนประกอบย่อย ๆ หรือความสัมพันธ์ระหว่างส่วนย่อย ๆ เพื่อที่จะได้มองเห็นหรือเข้าใจความเกี่ยวโยงต่าง ๆ ขั้นนี้จึงเป็นขั้นที่สูงกว่าการนำเอาไปใช้

5. **การสังเคราะห์** เป็นขั้นที่นักเรียนสามารถที่จะนำเอาความรู้ส่วนย่อย ๆ มาประกอบกันเป็นความรู้ใหม่ ในขั้นนี้จะเกี่ยวกับการวางแผน การออกแบบการทดลอง การตั้งสมมติฐาน และการแก้ปัญหาที่ยาก ในขั้นนี้เป็นการเน้นพฤติกรรมที่สร้างสรรค์ อันที่จะสร้างแนวคิดใหม่ ๆ ขึ้นมา จึงเป็นขั้นที่สูงกว่าการวิเคราะห์

6. **การประเมินค่า** เป็นขั้นการเรียนรู้ขั้นสูงสุด โดยนักเรียนสามารถที่จะตัดสินคุณค่าของสิ่งต่างๆ เช่น คำพูด วรรณกรรม บทกวี หรือรายงานการวิจัย โดยการตัดสินคุณค่านี้จะต้องอยู่บนเกณฑ์ที่แน่นอน ซึ่งเกณฑ์นี้นักเรียนอาจคิดขึ้นเองหรือนำจากที่อื่นมาใช้ก็ได้

สรุปได้ว่า แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นแบบทดสอบที่นำไปใช้วัดความรู้ความสามารถและทักษะของนักเรียน หลังจากผ่านการจัดการเรียนรู้ไปแล้วว่าบรรลุไปตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้หรือไม่ และอยู่ในระดับใด ซึ่งในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้สร้างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพื่อทดสอบความรู้ของนักเรียน วิชาฟิสิกส์ ในหัวข้อเรื่องการผสมแสงสีและสารสี ตามผลการเรียนรู้ และสร้างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนครอบคลุมพฤติกรรมการเรียนรู้ที่ต้องการวัดทั้ง 4 ด้าน คือ ด้านความรู้ความจำ ด้านความเข้าใจ ด้านการนำไปใช้ และด้านการวิเคราะห์ เพราะจากการพิจารณาผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้เพิ่มเติม สาระฟิสิกส์ พบว่า ผลการเรียนรู้มุ่งเน้นการสังเกต และอธิบายการมองเห็นแสงสี สีของวัตถุ การผสมสารสี และการผสมแสงสี รวมทั้ง อธิบายสาเหตุของการบอดสี ที่เน้นพัฒนานักเรียน

ในขั้นด้านความรู้ความจำ ด้านความเข้าใจ ด้านการนำไปใช้ และด้านการวิเคราะห์ มากกว่าการประเมินค่า ที่เป็นพฤติกรรมที่มุ่งเน้นการตัดสินใจ

2.6.4 หลักการสร้างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

การสร้างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จะต้องสร้างแบบทดสอบโดยมีหลักในการวางแผนออกข้อสอบ (Ebel, R. L., & Frisbie, D. A., 1986) ดังนี้

1. **กำหนดจุดมุ่งหมายในการสอบ** ในการจัดการเรียนรู้ อาจมีการทดสอบหลายครั้ง เช่น ทดสอบก่อนเรียน ทดสอบหลังเรียน ทดสอบระหว่างเรียน เป็นต้น ครูจะต้องวางแผนว่าจะใช้แบบทดสอบเพื่อจุดประสงค์อะไร เมื่อไร จะได้ดำเนินการออกข้อสอบอย่างเหมาะสมและสอดคล้องกับความต้องการของครู

2. **กำหนดพฤติกรรมต่าง ๆ ที่ต้องการเน้น** ครูจะต้องกำหนดพฤติกรรมของนักเรียนว่าต้องการวัดด้านใดบ้าง โดยการสอบนั้นจะต้องสอดคล้องกับจุดประสงค์ จำนวนข้อสอบในแต่ละสาระการเรียนรู้ต้องสัมพันธ์กับน้ำหนัก ความสำคัญ และเนื้อหาที่จะวัดในการสอบครั้งนั้น โดยครูจะต้องจัดทำตารางวิเคราะห์หลักสูตรเพื่อให้บรรลุจุดมุ่งหมายนี้

3. **ตัดสินใจว่าข้อสอบควรมีความยากง่ายระดับใด** ควรพิจารณาตามจุดมุ่งหมายของการใช้แบบทดสอบ ทำให้ทราบว่าข้อสอบควรมีความยากง่ายระดับใด เช่น ถ้าเป็นแบบทดสอบที่ต้องการใช้ประเมินผลการเรียนของนักเรียน ข้อสอบควรมีความยากง่ายในระดับปานกลาง จะทำให้มีอำนาจจำแนกสูง

4. **เวลาที่ใช้ในการสอบ** เวลาที่ใช้ในการสอบขึ้นอยู่กับจุดมุ่งมายในการสอบ โดยทั่วไปความเที่ยงของคะแนนสูงขึ้น เมื่อการสอบมีความยาว

5. **กำหนดจุดประสงค์ในการจัดการเรียนรู้ที่จะออกข้อสอบ** ควรเลือกจุดประสงค์ที่สำคัญมาเป็นตัวแทนของเนื้อหาที่สอนไปแล้วมาสอบวัดความรู้ของนักเรียน การสอบบางครั้งจะไม่สามารถที่จะวัดจุดประสงค์ได้ครบทุกข้อ

6. **เลือกรูปแบบข้อสอบ** ประเภทของข้อสอบที่ใช้นั้นขึ้นอยู่กับจุดประสงค์ของการจัดการเรียนรู้ รวมไปถึงองค์ประกอบอื่น ๆ อีกหลายอย่าง เช่น พฤติกรรมที่ต้องการวัด เนื้อหาสาระของวิชานั้น ๆ ธรรมชาติของผู้สอบ เป็นต้น โดยพิจารณาข้อดี ข้อเสีย และความเหมาะสมของข้อสอบแต่ละประเภท

7. **กำหนดวิธีการตอบแบบสอบของนักเรียน** บางครั้งแบบทดสอบจะมีข้อสอบหลาย ๆ ประเภทชุดเดียวกัน ครูจะต้องกำหนดลักษณะการตอบข้อสอบแต่ละแบบให้

ชัดเจน อาจแบ่งทำข้อสอบแยกเป็นตอน ไม่ปะปนกัน นอกจากนี้ครูต้องกำหนดวิธีการตรวจข้อสอบไปพร้อม ๆ กันด้วย

8. กำหนดวิธีการจำแนกผลการทดสอบ เมื่อตรวจให้คะแนนเรียบร้อยแล้วจะแจกแจง และแปรความหมายคะแนนอย่างไร ใช้ระบบอิงเกณฑ์หรืออิงกลุ่ม เป็นต้น

สมนึก ภัททิยธนี (2549, น. 218-220) ได้กล่าวถึง หลักการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเลือกตอบ ดังนี้

1. เขียนตอนนำให้เป็นประโยคที่สมบูรณ์ แล้วใส่เครื่องหมายปรัศนี ไม่ควรสร้างตอนนำให้เป็นแบบอ่านต่อความ

2. เน้นเรื่องที่จะถามให้ชัดเจนและไม่คลุมเครือ ทำให้ผู้สอบสามหาคำตอบที่ถูกต้องได้

3. ควรถามในเรื่องที่มีคุณค่าต่อการวัดหรือมีประโยชน์ คำถามจะต้องทำให้ผู้สอบสามารถนำสิ่งที่เรียนไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ที่คล้ายกันได้

4. หลีกเลี่ยงคำถามปฏิเสธ หากจำเป็นต้องมีควรเน้นให้ผู้สอบเห็นคำปฏิเสธชัดเจน เช่น ขีดเส้นใต้ หรือทำตัวหนาบนคำที่เป็นปฏิเสธ และไม่ควรใช้คำปฏิเสธซ้อน เพื่อป้องกันการเข้าใจผิดของผู้สอบ

5. อย่าใช้คำฟุ่มเฟือย ควรถามถึงสิ่งที่ต้องการถามให้ชัดเจน ไม่ควรขียนสิ่งที่ไม่เกี่ยวข้องไว้ในคำถาม เพื่อให้คำถามรัดกุมชัดเจนขึ้น

6. เขียนตัวเลือกเป็นลักษณะใดลักษณะหนึ่งไปในทางเดียวกันทั้งชุดข้อสอบ

7. ควรเรียงลำดับตัวเลข เรียงตามความสั้นความยาวของตัวเลือกต่าง ๆ เพื่อช่วยให้ผู้สอบพิจารณาคำตอบได้ง่ายขึ้น และป้องกันการเดาคำตอบของผู้สอบ

8. ใช้ตัวเลือกปลายเปิดหรือปลายปิดให้เหมาะสม

9. ข้อเดียวต้องมีคำตอบเดียว

10. เขียนทั้งตัวถูกและตัวผิดให้ถูกต้องหรือผิดตามหลักวิชาการ เป็นการกำหนดตัวถูกหรือผิด โดยจะเป็นไปตามความเชื่อของสังคมหรือคำพังเพยทั่ว ๆ ไปไม่ได้ ทั้งนี้ เนื่องจากการจัดการเรียนรู้ควรมุ่งเน้นให้นักเรียนทราบความจริงตามหลักวิชาการ จะนำความเชื่อ โชคลาง หรือขนบธรรมเนียมประเพณีเฉพาะท้องถิ่นมาอ้างไม่ได้

11. เขียนตัวเลือกให้แต่ละตัวเลือกมีอิสระขาดจากกันอย่างแท้จริง ไม่เป็นส่วนใดส่วนหนึ่งของตัวเลือกอื่น

12. จำนวนตัวเลือกที่ควรใช้ในข้อสอบของนักเรียนแต่ละระดับควรเลือกใช้ดังนี้

12.1 ระดับประถมศึกษาปีที่ 1-2 ควรเลือกใช้ 3 ตัวเลือก

12.2 ระดับประถมศึกษาปีที่ 3-6 ควรเลือกใช้ 4 ตัวเลือก

12.3 ตั้งแต่ระดับมัธยมศึกษาขึ้นไป ควรเลือกใช้ 5 ตัวเลือก

13. ควรออกข้อสอบ โดยที่ไม่มีส่วนใดส่วนหนึ่งแนะนำหรือชี้นำคำตอบที่ถูกต้อง มีหลายกรณี ได้แก่

13.1 คำถามข้อหลัง ๆ แนะคำตอบข้อแรก ๆ

13.2 เขียนตัวเลือกที่ถูก หรือตัวลวงเด่นชัดเกินไป

13.3 ถามเรื่องที่นักเรียนคล่องปากอยู่แล้ว โดยเฉพาะคำถามประเภทคำพังเพย สุภาษิต คติพจน์หรือคำเตือนใจ

13.4 ใช้ข้อความของคำตอบถูกซ้ำกับคำถามหรือเกี่ยวข้องกันอย่างเห็นได้ชัด เพราะนักเรียนที่ไม่มีความรู้อาจจะเดาได้ถูก

13.5 คำตอบไม่กระจาย

13.6 ข้อความในตัวเลือกที่ถูกบางส่วนเป็นส่วนหนึ่งของทุกตัวเลือก

ศิริชัย กาญจนวาสี (2556, น. 173-190) กล่าวถึง ขั้นตอนของการสร้างและพัฒนาแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ ดังนี้

1. **กำหนดจุดมุ่งหมายของการสอบ** โดยต้องสอดคล้องกับจุดประสงค์ของการเรียนรู้ และจุดประสงค์ของหลักสูตร

2. **ออกแบบการสร้างแบบทดสอบ** เป็นการกำหนดรูปแบบ ขอบเขต และแนวทางการสร้าง เพื่อทำให้ได้ข้อสอบที่มีคุณภาพ ประกอบด้วย

2.1 การวางแผนการทดสอบ ในหนึ่งภาคการศึกษาควรมีการทดสอบอย่างน้อย 2 ครั้ง

2.2 การกำหนดรูปแบบของแบบทดสอบ ได้แก่ แบบสอบอิงกลุ่ม แบบสอบข้อเขียน แบบสอบเสนอคำตอบ แบบสอบความเร็ว และแบบสอบเป็นกลุ่ม

2.3 การสร้างแผนผังการทดสอบ เพื่อให้จุดมุ่งประสงค์การเรียนรู้ กิจกรรมการจัดการเรียนรู้ และการสร้างแบบทดสอบให้มีความสัมพันธ์กัน

2.4 การสร้างผังข้อสอบ จะทำให้ครูเห็นว่า ข้อสอบนั้นจะวัดเนื้อหาและจุดประสงค์การเรียนรู้ใดบ้าง รวมทั้งขอบเขตของเนื้อหาวิชาและสัดส่วนข้อสอบสำหรับวัดพฤติกรรมที่ต้องการวัด

3. **เขียนข้อสอบ** โดยผู้ออกข้อสอบจำเป็นต้องมีความรู้ที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาวิชาที่ต้องการทดสอบเป็นอย่างดีและต้องมีความรู้ในเทคนิคการเขียนข้อสอบ โดยมีขั้นตอนดังนี้

3.1 กำหนดแบบแผนข้อสอบ

3.2 ร่างข้อสอบ

3.3 ทบทวนร่างข้อสอบโดยผู้ออกข้อสอบ จากนั้นให้ผู้อื่นตรวจสอบข้อสอบ เช่น ผู้เชี่ยวชาญ

3.4 บรรณาธิการข้อสอบ โดยการปรับปรุงข้อบกพร่อง รวมทั้งขัดเกลาข้อความ และภาษาให้เหมาะสมกับนักเรียน

4. **ทดลองใช้ข้อสอบและวิเคราะห์ข้อสอบ** มีเงื่อนไขว่าไม่ควรเลือกใช้กลุ่มตัวอย่างที่แตกต่างจากกลุ่มเป้าหมายอย่างสุดขั้ว เมื่อทดลองใช้แล้ว ให้นำข้อสอบมาวิเคราะห์และคัดเลือกโดยการหาความยากง่ายและอำนาจจำแนกที่เหมาะสม นำข้อสอบมารวมกันเป็นแบบทดสอบ และทำการวิเคราะห์แบบทดสอบโดยการหาความเที่ยงและความตรง

5. **นำแบบทดสอบไปใช้**

6. **วิเคราะห์คุณภาพของแบบทดสอบด้านความเที่ยงและความตรง**

7. **ปรับปรุงแบบทดสอบ**

จากการศึกษาสรุปได้ว่า ในการสร้างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนควรให้ความสำคัญในการสร้างให้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ และจุดประสงค์ของหลักสูตร จากนั้นผู้ออกข้อสอบดำเนินการตามขั้นตอนการสร้างข้อสอบ จนได้ข้อสอบมีความเหมาะสมต่อการนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

2.7 **ความก้าวหน้าทางการเรียน** (Normalized Gain)

เฮค (Hake, R. R., 1998) นักฟิสิกส์แห่ง University of Indiana ได้เสนอวิธีการประเมินผลการเรียนรู้ ด้วยวิธีการวัดผลการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้นที่เรียกว่า ความก้าวหน้าทางการเรียน (normalized gain) ซึ่งหมายถึง การพิจารณาว่านักเรียนมีผลการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้นเป็นกี่เท่าของผลการเรียนรู้สูงสุดที่มีโอกาสเกิดขึ้นได้ โดยการหาความก้าวหน้าทางการเรียนนั้นสามารถหาได้จากการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียน (pre-test) และหลังเรียน (post-test) ดังสมการ (2-4)

$$\langle g \rangle = \frac{\%\text{Post} - \%\text{Pre}}{100\% - \%\text{Pre}} \qquad (2\text{-}4)$$

โดยที่ $\langle g \rangle$ คือ ค่าความก้าวหน้าทางการเรียน (normalized gain)

$\%\text{Post}$ คือ ค่าเฉลี่ยของคะแนนหลังเรียนเป็นเปอร์เซ็นต์

%Pre คือ ค่าเฉลี่ยของคะแนนก่อนเรียนเป็นเปอร์เซ็นต์

100% คือ คะแนนเต็ม

ผลการวิเคราะห์ความก้าวหน้าทางการเรียนของผู้เรียน (Normalized gain: <g>) สามารถแบ่งได้เป็น 3 ระดับตามเกณฑ์ต่อไปนี้ (สมภาร เชื้ออ่อน, 2554)

ระดับสูง (High gain) ค่า $\langle g \rangle \geq 0.7$

ระดับกลาง (Medium gain) ค่า $0.3 \leq \langle g \rangle < 0.7$

ระดับต่ำ (Low gain) ค่า $0.0 \leq \langle g \rangle < 0.3$

นอกจากนี้ วิธีการประเมินผลการเรียนรู้ซึ่งพิจารณาจากผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน หรือ ความก้าวหน้าทางการเรียน สามารถหาได้โดยพิจารณาผลต่างระหว่างคะแนนวัดผลการสอบก่อนเรียนและคะแนนวัดผลการสอบหลังเรียนเทียบกับคะแนนสูงสุดที่มีโอกาสเพิ่มขึ้นได้ การหาความก้าวหน้าทางการเรียนนี้เป็นวิธีการที่สามารถนำไปใช้พิจารณาได้ทั้งรายชั้นเรียน รายบุคคล รายข้อ และรายเนื้อหา โดยที่ไม่จำเป็นต้องเน้นในเรื่องระดับของคะแนนก่อนเรียน

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยนี้มีเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในและต่างประเทศ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

2.8.1 งานวิจัยในประเทศ

ศักดิ์มงคล ยี่มี และคนอื่น ๆ (2561) ได้พัฒนาชุดทดลองเรื่องการผสมแสงสีสำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายศึกษาการผสมแสงสีแดง สีเขียว สีน้ำเงิน โดยใช้แอปลิเคชัน RGB Color Picker ในสมาร์ทโฟนตรวจจวัดค่าสี RGB ผลคือได้ชุดทดลองผสมแสงสีประกอบด้วยกล่องดำแทนห้องมืด แหล่งกำเนิดแสงมาจากไฟฉายสีแดง สีเขียว สีน้ำเงิน และใช้กระดาษขาวเป็นฉากรับแสง พบว่า แสงจากไฟฉายสีแดงมีค่า RGB (255, 57, 0) สีเขียวมีค่า RGB (0, 254,0) สีน้ำเงินมี ค่า RGB (0, 24, 191) เมื่อนำแสงสีแดงผสมแสงสีเขียวได้แสงสีเหลืองมีค่า RGB (240, 240,0) แสงสีแดงผสมแสงสีน้ำเงิน ได้แสงสีม่วงมีค่า RGB (254,168, 254)แสงสีเขียวผสมกบสีน้ำเงินได้แสงสีฟ้ามีค่า RGB (0, 254, 241) นำแสงสีแดง สีเขียว สีน้ำเงินผสมกันได้แสงสีขาว มีค่า RGB (255,255,255) ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีผลการประเมินชุดทดลองโดยผู้เชี่ยวชาญ พบว่ามีคุณภาพอยู่ ในระดับ ดีมาก (4.93)

เรวดี มานุ้ย (2556) ได้พัฒนาชุดการทดลองกลศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผลการวิจัยพบว่า ชุดทดลองกลศาสตร์พร้อมคู่มือการใช้มีคุณภาพอยู่ในระดับดี

มาก และมีประสิทธิภาพทางการศึกษา 80.33/81.11 หลังจากนำไปใช้กับนักเรียนพบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า ชุดทดลองกลศาสตร์นี้สามารถนำไปใช้ในการจัดกการเรียนรู้ เพื่อเสริมสร้างความเข้าใจและพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน เรื่อง กลศาสตร์ ให้สูงขึ้นได้

ชัยวรรณ์ สายเผ่าพันธุ์ (2553) ได้สร้างชุดทดลองเพื่อหาแรงสู่ศูนย์กลาง โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อสร้างชุดทดลองการหาแรงสู่ศูนย์กลาง สร้างชุดเซนเซอร์สำหรับวัดค่ารัศมีของการเคลื่อนที่แบบวงกลมและเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างแรงสู่ศูนย์กลางกับความเร็วรอบที่เปลี่ยนแปลงโดยให้มวลขนาด 29.311 กรัมคงที่ จากการทดลองพบว่าผลการทดลองเป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้และชุดทดลองมีประสิทธิภาพของการใช้งานอยู่ในเกณฑ์และผลการทดลองมีค่าใกล้เคียงกับค่าทางทฤษฎี สามารถนำไปใช้กับนักเรียนเพื่อฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และอุปกรณ์มีราคาไม่แพง

อัษฎา วรรณกายนต์ (2551) ได้พัฒนาชุดทดลองสื่อประสม เรื่องการอินเทอร์เฟสพอร์ตขนานสำหรับนักศึกษาปริญญาตรี มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ โดยนำชุดทดลองที่พัฒนาขึ้นไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นนักศึกษาระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 3 สาขาเทคโนโลยีไฟฟ้าอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ จำนวน 30 คน ผลการวิจัยพบว่า ชุดทดลองสื่อประสมมีประสิทธิภาพ 90.67/90.11 และนักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติที่ระดับ .01

วิศาสตร์ ปุญญา (2550) ได้พัฒนาและศึกษาประสิทธิภาพชุดทดลองเทคนิคการอินเตอร์เฟส เรื่องเทคนิคการอินเตอร์เฟสอุปกรณ์ภายนอกผ่านพอร์ตและบัสมาตรฐานของเครื่องคอมพิวเตอร์ พบว่านักเรียนที่เรียนด้วยชุดทดลองมีความรู้เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากชุดทดลองที่สร้างขึ้น เป็นสื่อการสอนที่มีการออกแบบที่สร้างแรงจูงใจในการเรียนรู้ กระตุ้นให้นักเรียนมีความสนใจในเนื้อหา ทฤษฎีที่เรียน และชุดทดลองสามารถแสดงให้นักเรียนได้เห็นปรากฏการณ์จริงสามารถเชื่อมโยงความรู้ ระหว่างทฤษฎีกับภาคปฏิบัติได้

ธัญญะ โพธิ์รัง (2550) ได้สร้างชุดทดลองวิชากลศาสตร์ สำหรับนักเรียนนายร้อยชั้นปีที่ 1 โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า โดยใช้กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนนายร้อยชั้นปีที่ 1 โรงเรียนนายร้อย พระจุลจอมเกล้า ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2550 จำนวน 80 นาย ผลการวิจัยพบว่า ชุดทดลองที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ 82.76/87.50 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังเรียนด้วยชุดทดลอง สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และความคิดเห็นของนักเรียนนายร้อยที่มีต่อการเรียนด้วยชุดทดลองอยู่ในระดับมาก

พรรณรัตน์ อาภรณ์พิศาล (2548) ได้พัฒนาชุดทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 4 จังหวัดนครปฐม โดยทดลองกับกลุ่มตัวอย่างนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม จังหวัดนครปฐม จำนวน 30 คน ผลการศึกษาพบว่าชุดทดลอง มีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก มีประสิทธิภาพทางการศึกษา 82.65/80.18 และนักเรียนมีผลการเรียนรู้ ด้านความรู้ ผลการเรียนรู้ด้านความสามารถในการทำการทดลองและเจตคติต่อชุดทดลองหลังเรียน สูงกว่าก่อนเรียนและหลังเรียนอยู่สูงกว่าระดับดี

สายฝน พูลผล (2554) พัฒนาชุดทดลองเรื่องคลื่นเสียง เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดทดลองและเพื่อศึกษาเจตคติของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ชุดทดลองคลื่นเสียง พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 เจตคติหลังการเรียนรู้ของชุดทดลองอยู่ในระดับดี และมีพัฒนาการทางการเรียนเฉลี่ยอยู่ในระดับปานกลาง 0.55 (Normalized Gain = 0.55) โดยนักเรียนมีค่าความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับสูง ระดับปานกลาง และระดับต่ำ จำนวน 2, 23 และ 5 คน ตามลำดับ ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าชุดทดลองเรื่องคลื่นเสียง สามารถใช้ในการเรียนการสอนเพื่อเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ศุภชัย ทองเข็ม (2557) พัฒนาชุดทดลองทอร์กและโมเมนต์ความเฉื่อยเพื่อเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 พบว่า ชุดทดลองทอร์กและโมเมนต์ความเฉื่อยมีประสิทธิภาพทางวิทยาศาสตร์ มีความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 5 เปอร์เซ็นต์ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดทดลองทอร์กและโมเมนต์ความเฉื่อย มีค่าคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จักรกฤษณ์ เทพปาน, มัตติกา เชาว์ไฝ, และ สุวิช คงภักดี (2561) สร้างชุดทดลองการผสมแสงสีจากหลอด LED สีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน ชุดทดลองนี้ประกอบด้วยกล่องดำ หลอด LED ฉากขาว แหล่งจ่ายไฟ และควบคุมความเข้มแสงด้วยตัวต้านทานปรับค่าได้ ที่สำคัญคือใช้สมาร์ทโฟนมาช่วยในการปรับค่าความเข้มแสง ผลการทดลองการผสมแสงสีที่ได้ สอดคล้องกับทฤษฎี นอกจากนี้ชุดทดลองผสมแสงสียังสามารถปรับความเข้มแสงได้ทำให้แสงที่ผสมกันออกมามีโทนสีที่แตกต่างกัน

ระพีร์พัชญ์ สอนเครือ (2558) สร้างชุดทดลองเพื่อพัฒนาความเข้าใจเรื่องแสงสีและสารสีสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย และศึกษาความคาดหวังในการเรียนฟิสิกส์โดยใช้แบบสำรวจความคาดหวังในการเรียนฟิสิกส์ของแมรี่แลนด์ การสำรวจความเข้าใจของนักเรียนพบว่านักเรียนยังมีความเข้าใจผิดในแนวคิดหลักเรื่องการผสมแสงสีและสารสี และได้นำชุดทดลอง

ไปใช้กับนักเรียนแล้วพบว่า นักเรียนมีความเข้าใจที่สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ค่าความก้าวหน้าทางการเรียนเฉลี่ยที่ระดับ 0.51 และมีค่าความคาดหวังในวิชาฟิสิกส์ที่สัมพันธ์กับผู้เชี่ยวชาญในกลุ่มเชื่อมโยงระหว่างฟิสิกส์และโลกความเป็นจริง และกลุ่มพฤติกรรมที่จำเป็นต่อการเรียนรู้และเข้าใจฟิสิกส์สูงขึ้น

2.8.2 งานวิจัยในต่างประเทศ

ค็อกซ์และจันกิน (Cox, A. J., & Junkin W. F., 2002) ได้ชี้ให้เห็นว่านักเรียนที่ปฏิบัติการทดลอง เกิดการเรียนรู้ในปริมาณเนื้อหาที่เพิ่มขึ้น มีค่าเฉลี่ยของอัตราการเรียนรู้ของนักเรียนจากการทดสอบก่อนเรียน (pre-test) และหลังเรียน (post-test) เพิ่มขึ้นร้อยละ 50 ถึงร้อยละ 100 นักเรียนมีความพร้อมในการเรียนเพิ่มมากขึ้นและมีความสามารถในการส่งถ่ายความรู้ประยุกต์หลักการสู่สถานการณ์ใหม่ ๆ

สมิธ (Smith, P. T., 1994) ได้ศึกษาผลจากวิธีการสอนที่มีต่อเจตคติและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชา วิทยาศาสตร์ของนักเรียน กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาเกรด 7 โดยแบ่งเป็นกลุ่มทดลองออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบบรรยาย กลุ่มที่ 2 เป็นกลุ่มตัวอย่างที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบให้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง และกลุ่มสุดท้ายเป็นกลุ่มตัวอย่างที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ทั้งสองแบบ โดยใช้วิธีทดสอบที่เรียกว่า การประเมินผลวิชาวิทยาศาสตร์ ร่วมกับวิธีการปฏิบัติกิจกรรมแบบบูรณาการ จากการวิจัยพบว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบบรรยายและแบบให้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเองจะมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบบรรยายเพียงอย่างเดียว

โรท (Roth, W. M., 1994, pp. 197-223) ได้ศึกษาการใช้กิจกรรมการทดลอง (Physics Laboratory) ในโรงเรียนมัธยม ซึ่งผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่มีส่วนร่วมในการเรียนโดยการทำกิจกรรมการทดลองจะมีประสิทธิภาพในการเรียนเพิ่มมากขึ้น เพราะการทดลองเป็นกิจกรรมที่ช่วยให้นักเรียนเข้าใจหลักการทางฟิสิกส์มากขึ้นเนื่องจากได้เห็นและลงมือปฏิบัติการด้วยตนเอง

พาร์สัน (Parsons, L., 1998) สร้างเครื่องผสมแสงสีโดยใช้แท่งสีที่หมุนปรับความเร็วได้โดยวัสดุอุปกรณ์ด้วยแท่ง สีสามแท่งสี คือ สีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน ขนาดความยาว 4-6 นิ้ว และสว่านที่สามารถปรับค่าความเร็วได้ เมื่อสว่านหมุนจะทำให้เกิดปฏิกิริยาเอนโดเทอมิก (Endothermic) ขึ้นภายในแท่งสี เมื่อเพิ่มความเร็วแท่งสีจะหมุนโดยทำการทดลองในห้องมืดเพิ่ม

ความเร็วจนได้เป็นแสงขาวและเมื่อต้องการทดลองผสมสีอื่นก็นำแผ่นเทปกาวมาแปะสีที่ไม่ต้องการไว้ แต่อุปกรณ์มีอายุการใช้งานได้แค่ 2 สัปดาห์ ก็จะเกิดการซีดจางของสีในแท่งสี

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งต่างประเทศและในประเทศเกี่ยวกับการใช้สื่อการสอน พอสรุปได้ว่า สื่อการสอนโดยเฉพาะสื่อที่นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติด้วยตัวเองมีบทบาทและประโยชน์มากต่อการพัฒนาการเรียนรู้ และใช้เป็นสื่อกลางให้ผู้สอนสามารถส่งเสริมหรือถ่ายทอดไปยังนักเรียนอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งจะเห็นว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนส่วนใหญ่จะสูงกว่าการสอนแบบปกติ ดังนั้นการวิจัยนี้จึงอาศัยจึงสนใจแนวคิดและหลักการต่าง ๆ มาเป็นแนวทางในการสร้างชุดทดลอง เพื่อเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนากระบวนการเรียนรู้ของนักเรียนให้มีความเข้าใจเนื้อหาวิชาฟิสิกส์ เรื่อง การผสมแสงสีและสารสีมากขึ้น

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

การพัฒนาชุดทดลอง เรื่อง การผสมแสงสีและสารสีด้วยการใช้ระบบไมโครฟลูอิดิกอย่างง่าย สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอน ดังนี้

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

3.2 การสร้างและหาคุณภาพของเครื่องมือการวิจัย

3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.5 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

3.6 การดำเนินการด้านจริยธรรมวิจัยในมนุษย์

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนซึ่งกำลังเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ของโรงเรียนแห่งหนึ่งในจังหวัดกาญจนบุรี สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษากาญจนบุรี ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2565 จำนวน 4 ห้องเรียน รวมทั้งหมด 315 คน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนที่กำลังเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนแห่งหนึ่งในจังหวัดกาญจนบุรี สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษากาญจนบุรี ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2565 จำนวน 1 ห้องเรียน รวมทั้งหมด 40 คน ซึ่งได้มาโดยการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling)

3.2 การสร้างและหาคุณภาพของเครื่องมือการวิจัย

เครื่องมือในการวิจัย ประกอบด้วยชุดทดลองเรื่องการผสมแสงสีและสารสี และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

3.2.1 ชุดทดลองเรื่องการผสมแสงสีและสารสี

การพัฒนาชุดทดลองเรื่องการผสมแสงสีและสารสี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีรายละเอียดดังนี้

1. วิเคราะห์หลักสูตร ผลการเรียนรู้ หน่วยการเรียนรู้ และรายละเอียดของเนื้อหาวิชาฟิสิกส์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จากหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน

พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) และคู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เพื่อใช้เป็นแนวทางในการสร้างชุดทดลอง

2. ศึกษารายละเอียดของเนื้อหาจากคู่มือครูรายวิชาเพิ่มเติม วิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ เล่ม 3 และหนังสือประกอบการเรียนวิชาฟิสิกส์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) ในหัวข้อเรื่อง การผสมแสงสีและสารสี จากนั้นกำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ให้สอดคล้องกับผลการเรียนรู้และหน่วยการเรียนรู้ เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างชุดทดลอง ดังตาราง 2

ตาราง 2 จุดประสงค์การเรียนรู้เรื่องการผสมแสงสีและสารสี

ข้อที่	จุดประสงค์การเรียนรู้
1	สังเกตและอธิบายการมองเห็นแสงสี และทำการทดลองการผสมแสงสีได้
2	สังเกตและอธิบายการมองเห็นสีของวัตถุ และทำการทดลองการผสมสารสีได้

3. วิเคราะห์ภาระงานให้สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ หากิจกรรมที่จะใช้ในการจัดการเรียนรู้ และจัดลำดับกิจกรรม

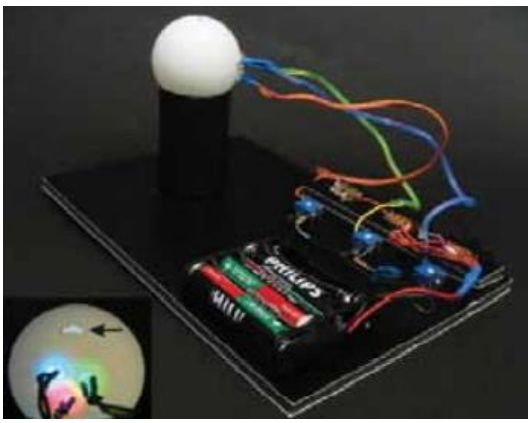
4. ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี เทคนิคและวิธีการสอนที่สามารถนำไปใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิชาวิทยาศาสตร์ เพื่อนำไปเป็นแนวทางในการกำหนดรูปแบบของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์เรื่อง การผสมแสงสีและสารสี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

5. ศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับการสร้างและพัฒนาชุดทดลองเรื่อง การผสมแสงสีและสารสี จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ศึกษาส่วนประกอบของชุดทดลอง เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างและพัฒนาชุดทดลอง

6. การสร้างและพัฒนาชุดทดลองเรื่องการผสมแสงสีและสารสี

6.1 การพัฒนาชุดทดลองการผสมแสงสี ผู้วิจัยดำเนินการตามขั้นตอน ดังนี้

1) ศึกษาชุดทดลองต้นแบบจากแนวคิดของปลาจินซิช (Planinš**i**č, G., 2004) ดังภาพประกอบ 25

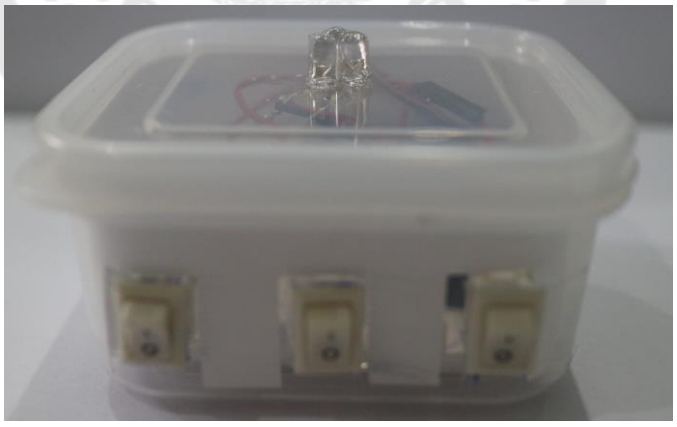


ภาพประกอบ 24 ชุดทดลองการผสมแสงสีของปลานินซิช (Gorazd Planinši**č**)

ที่มา : Planinši**č**, G. (2004). Color Mixer for Every Student

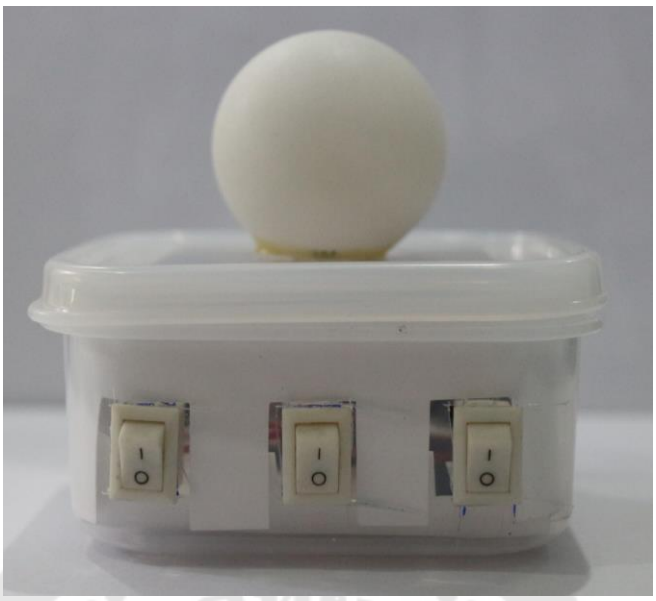
2) พัฒนาปรับปรุงใหม่โดยเลือกใช้กล่องพลาสติกที่มีขนาดกะทัดรัดพกพาสะดวก ขนาดกล่องกว้าง 7.5 เซนติเมตร ยาว 8.5 เซนติเมตร และสูง 4.5 เซนติเมตร ดังภาพประกอบ 26

3) ฝากล่องด้านบนออกแบบเป็นช่องสำหรับใส่หลอดไฟ LED ที่ให้แสงสีแดง แสงสีเขียว และแสงสีน้ำเงิน พร้อมติดตั้งสวิทซ์เปิด-ปิด ตรงด้านข้างของกล่องโดยออกแบบให้ยื่นออกมาด้านนอกของกล่อง เพื่อความสะดวกในการเปิด–ปิดไฟ ดังภาพประกอบ 26



ภาพประกอบ 25 กล่องพลาสติก พร้อมติดตั้งหลอด LED บนฝากล่อง

4) ติดตั้งปิงปองสีขาวเพื่อเป็นฉากรับแสงจากหลอด LED เนื่องจากฉากสีขาวสามารถสะท้อนแสงสีออกมาได้ทุกแสงสี และได้ชุดทดลองเรื่องการผสมแสงสีที่พัฒนาขึ้นดังภาพประกอบ 27



ภาพประกอบ 26 ติดตั้งปิงปองสีขาวรับแสงจากหลอด LED และได้ชุดทดลองเรื่องการผสมแสงสีที่พัฒนาขึ้น

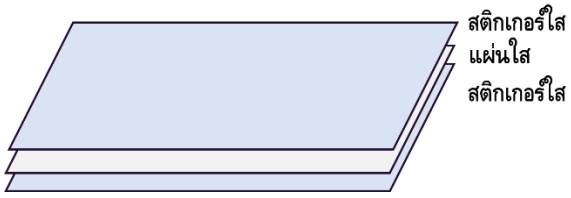
6.2 การสร้างชุดทดลองการผสมสารสี ผู้วิจัยดำเนินการตามขั้นตอน ดังนี้

1) ศึกษาการสร้างชุดทดลองการผสมสารสีโดยใช้ระบบไมโครฟลูอิดิกอย่างง่าย

2) เตรียมวัสดุที่ใช้สร้างชุดทดลองการผสมสารสี โดยชุดทดลองแต่ละชิ้นประกอบด้วย แผ่นใส 1 แผ่น และสติกเกอร์ใส 4 แผ่น ตัดให้มีขนาดกว้าง 4 เซนติเมตร ยาว 8.5 เซนติเมตร

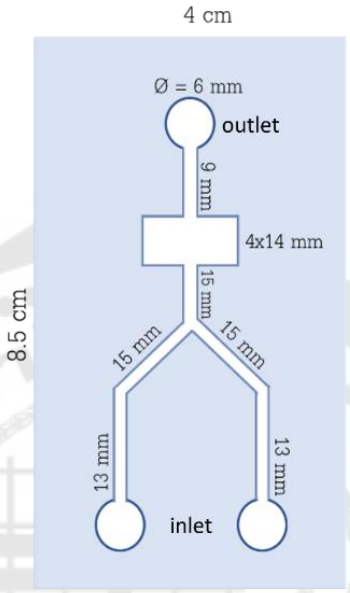
3) ออกแบบชุดทดลองการผสมสารสีโดย

3.1) นำสติกเกอร์ใส 2 แผ่นมาแปะที่ด้านบนและด้านล่างของแผ่นใส ดังภาพประกอบ 28



ภาพประกอบ 27 ติดแผ่นใสกับสติกเกอร์เข้าด้วยกัน โดยแผ่นใสอยู่ตรงกลาง

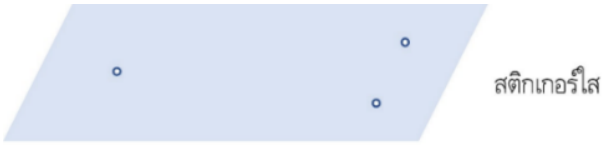
3.2) สร้างรูปต้นแบบของชั้นกลางของชุดทดลองการผสมสารสี ประกอบด้วย 1) ท่อตรงกว้าง 1 มิลลิเมตร เพื่อทำเป็นช่องให้ของเหลวไหลผ่าน 2) ช่องวงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร และ 3) ช่องสี่เหลี่ยมตรงกลางกว้าง 4 มิลลิเมตร ยาว 14 มิลลิเมตร เพื่อใช้เป็นช่องสังเกตสารสีที่มาผสมกัน โดยมีรายละเอียดดังภาพประกอบ 29



ภาพประกอบ 28 รูปต้นแบบของชุดทดลองการผสมสารสี

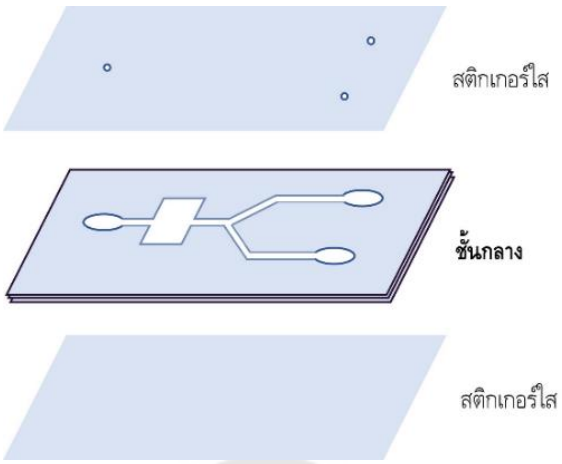
3.3) จากนั้น ตัดชิ้นงานในข้อ 3.1) ให้มีขนาดและรูปร่างตามรูปต้นแบบ

3.4) นำสติกเกอร์ใส 1 แผ่น เจาะรูให้มีขนาดเล็กพอที่เข็มฉีดยาผ่านเข้าไปได้ โดยให้ตรงกับวงกลมทั้งสามของชั้นกลาง ดังภาพประกอบ 30



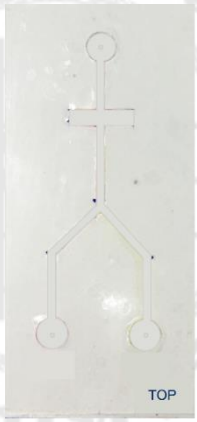
ภาพประกอบ 29 สติกเกอร์ใสชั้นบน

3.5) นำสติกเกอร์ใสที่เจาะรูแล้วมาแปะไว้ด้านบนของชั้นกลาง และสติกเกอร์ใส 1 แผ่น แปะที่ด้านล่างของชั้นกลาง ดังภาพประกอบ 31



ภาพประกอบ 30 นำสติกเกอร์ใสมาแปะด้านบนและด้านล่างของแผ่นใส

3.6) ได้ชุดทดลองเรื่องการผสมแสงสีที่สร้างขึ้น ดังภาพประกอบ 32



ภาพประกอบ 31 ชุดทดลองเรื่องการผสมสารสี

4) สร้างคู่มือการใช้ชุดทดลองเรื่องการผสมแสงสีและสารสี

5) หาคุณภาพของชุดทดลองโดยการทดสอบกับทฤษฎี เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง ตลอดจนตรวจสอบข้อบกพร่องต่าง ๆ นำมาปรับปรุง แก้ไข เพื่อนำไปหาคุณภาพต่อไป

6) นำชุดทดลองที่ปรับปรุงแก้ไขเรียบร้อยแล้ว ไปให้อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์พิจารณา ตรวจสอบความถูกต้อง ตลอดจนข้อบกพร่องต่าง ๆ เพื่อนำข้อเสนอแนะมาปรับปรุงแก้ไข เพื่อนำไปหาคุณภาพต่อไป

3.2.2 การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ผู้วิจัยสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

1. ศึกษาหลักเกณฑ์ในการสร้างแบบทดสอบ เทคนิคการเขียนข้อสอบ การวัดและประเมินผลจากคู่มือและเอกสารที่เกี่ยวข้อง

2. ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เกี่ยวกับมาตรการเรียนรู้ สาระการเรียนรู้

3. วิเคราะห์เนื้อหาสาระ ผลการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์เพิ่มเติม 2 หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) เรื่อง การผสมแสงสีและสารสี เพื่อนำมากำหนดขอบเขตของเนื้อหาและผลการเรียนรู้ที่ต้องการวัด

4. นำผลการวิเคราะห์มาสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยแบ่งออกเป็น 4 ด้าน ได้แก่ ด้านความรู้ความจำ ด้านความเข้าใจ ด้านการนำไปใช้ และด้านการวิเคราะห์

5. สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบปรนัย 4 ตัวเลือก โดยสร้างให้สอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัดทั้ง 4 ด้านและผลการเรียน ดังตาราง 3 จำนวน 2 ชุด ๆ ละ 15 ข้อ ลักษณะแบบทดสอบคู่ขนานกัน

6. นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์และผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบถูกต้อง ความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกับผลการเรียนรู้ โดยมีหลักเกณฑ์ดังนี้

ให้คะแนน +1 เมื่อแน่ใจว่าแบบทดสอบสอดคล้องกับผลการเรียนรู้

ให้คะแนน 0 เมื่อไม่แน่ใจว่าแบบทดสอบสอดคล้องกับผลการเรียนรู้

ให้คะแนน -1 เมื่อแน่ใจว่าแบบทดสอบไม่สอดคล้องกับผลการเรียนรู้

7. นำผลที่ได้จากผู้เชี่ยวชาญมาวิเคราะห์หาดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกับผลการเรียนรู้ โดยใช้สูตร IOC (บุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์, 2547) และนำผลการวิเคราะห์ข้อมูลมาพิจารณาเลือกแบบทดสอบ โดยใช้ดังนี้ แบบทดสอบที่มีค่า IOC มากกว่า 0.5 คัดเลือกไว้ ส่วนแบบทดสอบที่มีค่า IOC น้อยกว่า 0.5 ให้ปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญคัดเลือกแบบทดสอบได้ จำนวน 15 ข้อ (ภาคผนวก ง)

ตาราง 3 ตารางวิเคราะห์ข้อสอบ รายวิชาฟิสิกส์เพิ่มเติม ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง การผสมสารสีและแสงสี

สาระ	ผลการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	ระดับพฤติกรรม* (จำนวนข้อ)				ลักษณะข้อสอบ	
				จำ	เข้าใจ	นำไปใช้	วิเคราะห์	ปรนัย	อัตนัย
ฟิสิกส์เพิ่มเติม	สังเกต และอธิบายการมองเห็นแสงสีของวัตถุการผสมสารสีและการผสมแสงสี รวมทั้งอธิบายสาเหตุของการตาบอดสี	1. สังเกต และอธิบายการมองเห็น แสงสีและสีของวัตถุได้ 2. สังเกต อธิบายและทำการทดลองการผสมสารสีได้ 3. สังเกต อธิบายและทำการทดลองการผสมแสงสีได้	การมองเห็นแสงสีและการผสมแสงสี	2	3	1	1	7	-
			การมองเห็นสีของวัตถุและการผสมสารสี	3	3	1	1	8	-
รวมจำนวนข้อแต่ละระดับพฤติกรรม/ลักษณะข้อสอบ				5	6	2	2	15	0
รวมทุกพฤติกรรม (ข้อ)				15					

หมายเหตุ *Bloom's Revised Taxonomy (2001)

8. นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ได้รับการตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา และแก้ไขข้อบกพร่องแล้ว จำนวน 15 ข้อ ไปทดสอบกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนแผนการเรียนวิทยาศาสตร์ -คณิตศาสตร์ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2565 โรงเรียนแห่งหนึ่งในจังหวัดกาญจนบุรี ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คน

9. นำผลการทดสอบมาตรวจให้คะแนน โดยข้อที่ตอบถูกให้ 1 คะแนน ข้อที่ตอบผิดหรือไม่ตอบ ให้ 0 คะแนน นำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบรายข้อ โดยใช้เทคนิค 50% คัดเลือกข้อสอบที่มีค่าความยากง่าย (p) อยู่ระหว่าง 0.20-0.80 และค่าอำนาจจำแนก (r) ตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป คัดเลือกข้อสอบไว้ จำนวน 15 ข้อ ซึ่งค่าความยากง่าย (p) 0.50- 0.77 และค่าอำนาจจำแนก (r) 0.27-0.60 และนำคะแนนที่ได้ตรวจหาคุณภาพเครื่องมือทั้งฉบับ โดยหาค่าความเชื่อมั่นแบบคูเดอร์-ริชาร์ดสัน โดยใช้สูตร KR-20 (Kuder – Richardson 20) ได้ค่าความเชื่อมั่น 0.80 (ภาคผนวก ง)

10. จัดพิมพ์แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฉบับสมบูรณ์ ใช้ในการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนกับกลุ่มตัวอย่าง นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนแห่งหนึ่งในจังหวัดกาญจนบุรี สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษากาญจนบุรี ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2565 จำนวน 40 คน

3.3 วิธีเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลการวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. ติดต่อขอหนังสือจากบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร เพื่อขอความอนุเคราะห์ในการดำเนินการเก็บข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่าง

2. ติดต่อโรงเรียนที่เลือกเป็นกลุ่มตัวอย่าง ขออนุญาตผู้บริหารและนัดหมายวันเวลาจะไปทำการเก็บรวบรวมข้อมูล

3. เตรียมเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยให้เพียงพอกับขนาดกลุ่มตัวอย่าง

4. นำเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยไปเก็บรวบรวมข้อมูล ตามวันเวลาที่ได้นัดหมายไว้ โดยผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง ซึ่งก่อนดำเนินการผู้วิจัยชี้แจงนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง ให้ทราบถึงวัตถุประสงค์ในการเก็บรวบรวมข้อมูลการวิจัยพร้อมทั้งแนะนำชุดทดลองที่สร้างขึ้น จากนั้นให้นักเรียนทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (ก่อนเรียน) แบบปรนัย จำนวน 15 ข้อ

5. ให้นักเรียนแบ่งกลุ่ม ๆ ละ 4-5 คน โดยคละนักเรียนเก่ง ปานกลาง และอ่อน จากนั้นให้แต่ละกลุ่มรับใบงานประกอบการทดลองศึกษาใบงานและวางแผนการทดลองในกลุ่มตนเอง จากนั้นรับอุปกรณ์แล้วทำการทดลองตามเวลาที่กำหนด ครั้งละ 1 คาบ ๆ ละ 50 นาที จำนวน 2 คาบ และดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างไว้ จำนวน 2 แผน พร้อมเก็บรวบรวมข้อมูลและบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้

6. ให้นักเรียนกลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (หลังเรียน) แบบปรนัย จำนวน 15 ข้อ

7. ดำเนินการสัมภาษณ์นักเรียนหลังการใช้งานชุดทดลอง โดยสุ่มสัมภาษณ์นักเรียนที่มีความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับสูง ปานกลาง และต่ำ อย่างละ 2 คน

8. เก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อทำการวิเคราะห์และสรุปผลต่อไป

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัย ได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

1. หาคุณภาพของชุดทดลองเรื่องการผสมแสงสีและการผสมสารสีโดยเปรียบเทียบกับทฤษฎี

2. เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากคะแนนทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยชุดทดลองเรื่องการผสมแสงสีและสารสี โดยใช้ t-test (dependent Samples) และหาความก้าวหน้าในการเรียน (Normalized Gain) ทั้งภาพรวมรายชั้นและรายบุคคล

3.5 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. การหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Mean) ของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยใช้สมการ (3-1) (ชูศรี วงศ์รัตนะ, 2550)

$$\bar{x}=\frac{\sum x}{n} \qquad (3\text{-}1)$$

เมื่อ $\bar{x}$ แทน ค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง

$\sum x$ แทน ผลรวมทั้งหมดของข้อมูล

n แทน จำนวนข้อมูลทั้งหมด

2. การหาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยใช้สมการ (3-2) (ชูศรี วงศ์รัตนะ, 2550)

$$S.D.=\sqrt{\frac{n\sum x^2-(\sum x)^2}{n(n-1)}} \qquad (3\text{-}2)$$

เมื่อ $S.D.$ แทน ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$\sum x^2$ แทน ผลรวมของข้อมูลแต่ละค่า

$(\sum x)^2$ แทน ผลรวมของข้อมูลทั้งหมดยกกำลังสอง

n แทน จำนวนข้อมูลทั้งหมด

3. การหาค่าดัชนีความตรงตามเนื้อหาของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยใช้วิธีการหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Congruence: IOC) โดยใช้สมการ (3-3) (บุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์, 2547) ดังนี้

$$IOC=\frac{\sum R}{N} \qquad (3\text{-}3)$$

เมื่อ IOC แทน ดัชนีความสอดคล้องความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

$\sum R$ แทน ผลรวมของการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ

N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

4. การหาค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยใช้สมการ (3-4) และสมการ (3-5) (ณัฏฐพงษ์ เจริญพิทย์, 2542)

1) ค่าความยากง่ายของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

$$P=\frac{R}{N} \quad (3\text{-}4)$$

เมื่อ P แทน ค่าความยากง่ายของคำถามแต่ละข้อ

R แทน จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกแต่ละข้อ

N แทน จำนวนนักเรียนทั้งหมด

2) ค่าอำนานจำแนกของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

$$r=\frac{R_H-R_L}{\frac{N}{2}} \quad (3\text{-}5)$$

เมื่อ r แทน ค่าอำนาจจำแนก

R_H แทน จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกในกลุ่มสูง

R_L แทน จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกในกลุ่มต่ำ

N แทน จำนวนนักเรียนทั้งหมด

5. หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยใช้สูตร KR -20 ของคูเดอร์–ริชาร์ดสัน (Kuder-Richardson) ดังสมการ (3-6) (บุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์, 2547)

$$r_{tt}=\frac{k}{k-1}\left[1-\frac{\sum pq}{S_x^2}\right] \quad (3\text{-}6)$$

เมื่อ r_{tt} แทน ค่าความเชื่อมั่นของเครื่องมือวัด

k แทน จำนวนข้อของเครื่องมือวัด

p แทน สัดส่วนของผู้ตอบถูกหรือความยากของแต่ละข้อ

q แทน สัดส่วนของผู้ตอบผิด ซึ่งเท่ากับ 1-p

S_x^2 แทน ค่าความแปรปรวนของคะแนนรวมทั้งฉบับของเครื่องมือวัด

6. ทดสอบสมมติฐานโดยการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน โดยใช้สถิติ t-test Dependent ดังสมการ (3-7)

$$t=\frac{\sum D}{\sqrt{\frac{n\sum D^2-(\sum D)^2}{n-1}}} \quad (3\text{-}7)$$

เมื่อ D คือ ความแตกต่างของคะแนนแต่ละคู่

n คือ จำนวนคู่

7. ความก้าวหน้าในการเรียน (Normalized Gain) โดยใช้สูตรของเฮค (Hake, R. R., 1998) ดังสมการ (3-8)

$$\langle g \rangle = \frac{\%Post - \%Pre}{100\% - \%Pre} \quad (3\text{-}8)$$

เมื่อ $\%Post$ แทน ค่าเฉลี่ยของคะแนนหลังเรียนเป็นเปอร์เซ็นต์

$\%Pre$ แทน ค่าเฉลี่ยของคะแนนก่อนเรียนเป็นเปอร์เซ็นต์

100% แทน คะแนนเต็ม

3.6 การดำเนินการด้านจริยธรรมในมนุษย์

งานวิจัยนี้มีความจำเป็นต้องศึกษาวิจัยในมนุษย์ เนื่องจากกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนที่มีอายุต่ำกว่า 18 ปีบริบูรณ์ ดังนั้น ก่อนดำเนินการเก็บข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่าง ผู้วิจัยได้ทำการส่งเค้าโครงปริญญานิพนธ์เพื่อเข้ารับการพิจารณาจริยธรรมโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์ รหัสโครงการวิจัย SWUEC-G-224/2564 ได้รับการอนุมัติจากคณะกรรมการจริยธรรม สถาบันยุทธศาสตร์ทางปัญญาและวิจัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เมื่อวันที่ 19 พฤษภาคม พ.ศ.2546 (ดังภาคผนวก ช) และได้จัดทำเอกสารขอความอนุเคราะห์จากทางบัณฑิตวิทยาลัย เพื่อขออนุญาตผู้อำนวยการโรงเรียนสำหรับการเก็บข้อมูลในชั้นเรียน จากนั้นทำการชี้แจงรายละเอียดงานวิจัยให้ผู้เข้าร่วมโครงการทราบและได้รับความยินยอมจากผู้ปกครอง เนื่องจากผู้ร่วมโครงการอายุต่ำกว่า 18 ปี โดยข้อมูลที่ผู้วิจัยได้มาจากการเก็บข้อมูลนี้ จะไม่มีการเปิดเผยตัวตนของผู้เข้าร่วมโครงการ ด้วยการใช้หมายเลขแทนการใช้ชื่อจริงของผู้เข้าร่วมโครงการทุกคน เพื่อไม่ให้เกิดผลกระทบต่อผู้เข้าร่วมโครงการในภายหลัง

บทที่ 4
ผลการวิจัย

การพัฒนาชุดทดลองเรื่องการผสมแสงสีและสารสี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ผู้วิจัยเสนอผลการวิจัย ดังนี้

4.1 ผลการสร้างและพัฒนาชุดทดลองเรื่องการผสมแสงสีและสารสี

4.2 ผลการทดลองการผสมแสงสีและสารสี

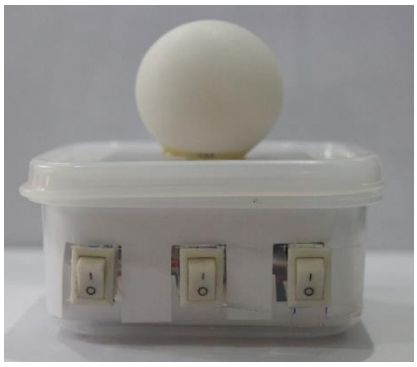
4.3 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างก่อนเรียนกับหลังเรียน

4.1 ผลการสร้างและพัฒนาชุดทดลองเรื่องการผสมแสงสีและสารสี

4.1.1 ชุดทดลองเรื่องการผสมแสงสี

จากการศึกษาและพัฒนาชุดทดลองเรื่องการผสมแสงสี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย จะได้ชุดทกลองซึ่งประกอบด้วย กล่องพลาสติกแทนห้อง แหล่งกำเนิดจากหลอดไฟ LED สีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน และใช้ลูกปิงปองเป็นฉากรับแสง ดังภาพประกอบ 33 และ 34

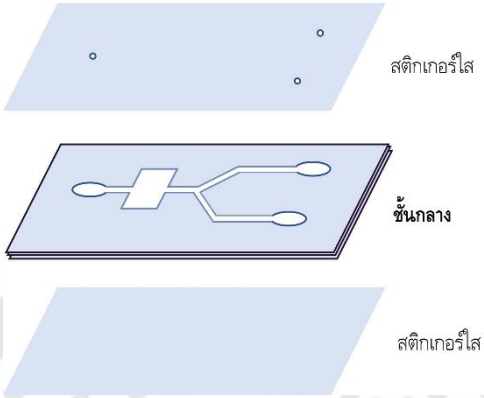
ภาพประกอบ 32 กล่องกำเนิดแสง



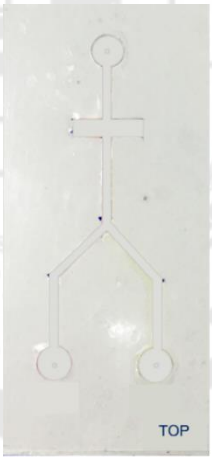
ภาพประกอบ 33 ชุดทดลองเรื่องการผสมแสงสีที่มีลูกปิงปองเป็นฉากรับแสง

4.1.2 ชุดทดลองเรื่องการผสมสารสี

จากการศึกษาและพัฒนาการสร้างชุดทดลองเรื่องการผสมสารสี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย จะได้ชุดทดลองซึ่งประกอบด้วย สติกเกอร์ใส และแผ่นใส โดยนำมาประกอบกันดังภาพประกอบ 35 และ 36



ภาพประกอบ 34 นำสติกเกอร์ใสมาแปะด้านบนและด้านล่างของแผ่นใส



ภาพประกอบ 35 ชุดการทดลองเรื่องการผสมสารสี

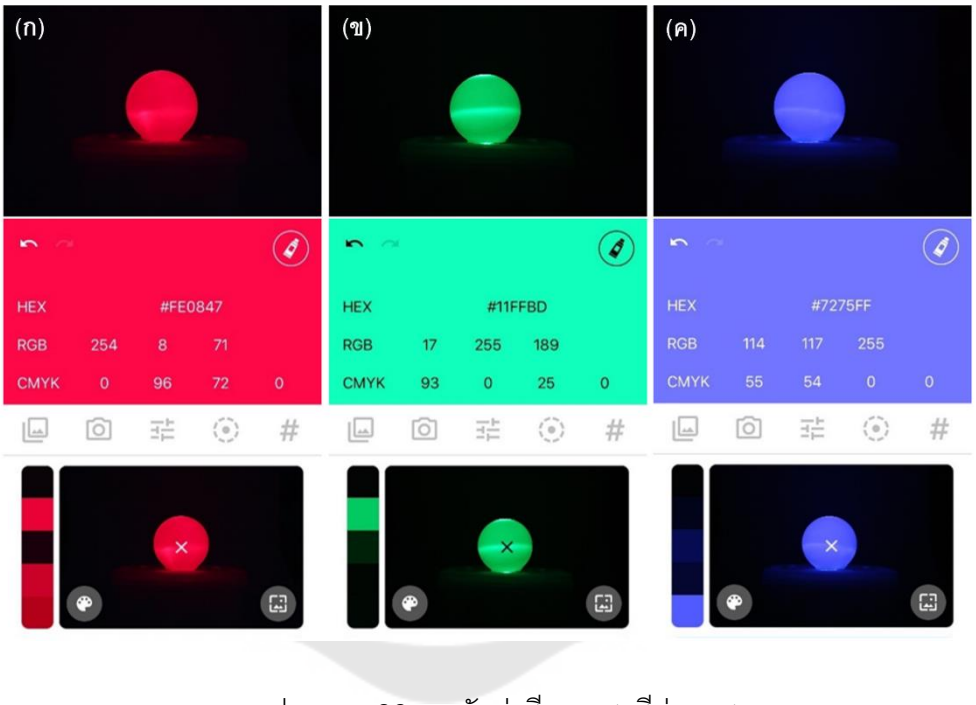
4.2 ผลการทดลองการผสมสีและสารสี

4.2.1 การทดลองการผสมแสงสี

1. เมื่อเปิดไฟสีแดงเพียงหลอดเดียว พบว่าแสงจากหลอดไฟ LED สีแดงมีค่า RGB เท่ากับ (254,8,71) ซึ่งตัว R มีค่าเท่ากับ 254 ตัว G มีค่าเท่ากับ 8 ตัว B มีค่าเท่ากับ 71 ซึ่งค่าที่มากที่สุดคือค่า R ดังนั้น แสงสีที่ได้จากชุดทดลอง คือ**แสงสีแดง** ดังแสดงในภาพประกอบ 37ก

2. เมื่อเปิดไฟสีเขียวเพียงหลอดเดียว พบว่าแสงจากหลอดไฟ LED สีเขียวมีค่า RGB เท่ากับ (17, 255,189) ซึ่งตัว R มีค่าเท่ากับ 17 ตัว G มีค่าเท่ากับ 255 ตัว B มีค่าเท่ากับ 189 ซึ่งค่าที่มากที่สุดคือค่า G ดังนั้นแสงสีที่ได้จากชุดทดลอง คือ**แสงสีเขียว** ดังแสดงในภาพประกอบ 37ข

3. เมื่อเปิดไฟสีน้ำเงินเพียงหลอดเดียว พบว่าแสงจากหลอดไฟ LED สีน้ำเงินมีค่า RGB เท่ากับ (114,117,255) ซึ่งตัว R มีค่าเท่ากับ 114 ตัว G มีค่าเท่ากับ 117 ตัว B มีค่าเท่ากับ 255 ซึ่งค่าที่มากที่สุดคือค่า B ดังนั้นแสงสีที่ได้จากชุดทดลอง คือ**แสงสีน้ำเงิน** ดังแสดงในภาพประกอบ 37ค



ภาพประกอบ 36 การวัดค่าสีของแสงสีก่อนผสม

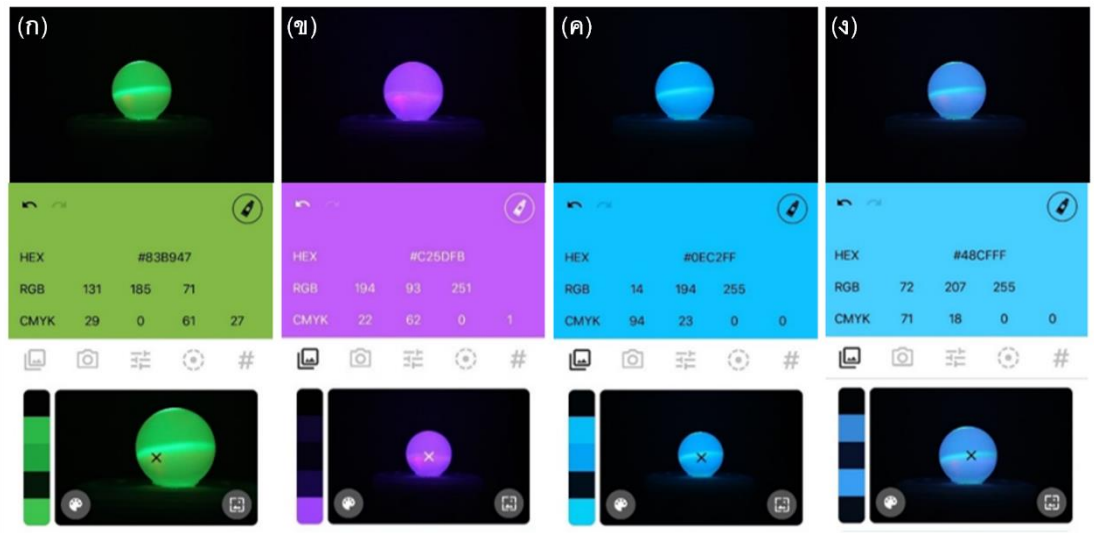
จากผลการทดลองวัดค่าสีที่ได้จากการใช้ชุดทดลอง พบว่า ค่าสีที่วัดได้ของแสงสีน้ำเงินมีค่ามากที่สุดซึ่งสอดคล้องกับการสังเกตด้วยตาเปล่าจะเห็นแสงสีน้ำเงินมาจากหลอดไฟ LED มีความเข้มมากที่สุดเมื่อเทียบกับแสงสีอื่น

4. เมื่อเปิดไฟสีแดงกับสีเขียวพร้อมกันโดยให้แสงทั้งสองผสมกันบนฉากขาวในชุดทดลอง พบว่าแสงที่เกิดจากการผสม มีค่า RGB เท่ากับ (131,185,71) ซึ่งตัว R มีค่าเท่ากับ 131 ตัว G มีค่าเท่ากับ 185 ตัว B มีค่าเท่ากับ 71 ซึ่งค่าที่มากสองค่าที่ได้ คือค่า R กับค่า G แสงสีที่ได้

จากชุดทดลองเกิดจากการผสมระหว่างแสงสีแดงกับแสงสีเขียวได้เป็น**แสงสีเหลือง** ดังแสดงในภาพประกอบ 38ก

5. เมื่อเปิดไฟสีแดงกับสีน้ำเงินพร้อมกันโดยให้แสงทั้งสองผสมกันบนฉากขาวในชุดทดลอง พบว่าแสงที่เกิดจากการผสม มีค่า RGB เท่ากับ (194, 93, 251) ซึ่งตัว R มีค่าเท่ากับ 194 ตัว G มีค่าเท่ากับ 93 ตัว B มีค่าเท่ากับ 251 ซึ่งค่าที่มากสองค่าที่ได้ คือค่า R กับค่า B แสงสีที่ได้จากชุดทดลองเกิดจากการผสมระหว่างแสงสีแดงกับแสงสีน้ำเงินได้เป็น**แสงสีแดงม่วง** ดังแสดงในภาพประกอบ 38ข

6. เมื่อเปิดไฟสีเขียวกับสีน้ำเงินพร้อมกันโดยให้แสงทั้งสองผสมกันบนฉากขาวในชุดทดลอง พบว่าแสงที่เกิดจากการผสม มีค่า RGB เท่ากับ (14, 194, 255) ซึ่งตัว R มีค่าเท่ากับ 14 ตัว G มีค่าเท่ากับ 194 ตัว B มีค่าเท่ากับ 255 ซึ่งค่าที่มากสองค่าที่ได้ คือค่า G กับค่า B แสงสีที่ได้จากชุดทดลองเกิดจากการผสมระหว่างแสงสีเขียวกับสีน้ำเงินได้เป็น**แสงสีน้ำเงินเขียว** ดังแสดงในภาพประกอบ 38ค



ภาพประกอบ 37 แสงที่เกิดจากการผสมกัน

(ก) แสงสีแดง+แสงสีเขียว (ข) แสงสีแดง+แสงสีน้ำเงิน (ค) แสงสีน้ำเงิน+แสงสีเขียว (ง) แสงสีแดง+แสงสีเขียว+แสงสีน้ำเงิน

7. เมื่อเปิดไฟสีแดง สีเขียว และ สีน้ำเงิน พร้อมกันโดยให้แสงทั้งสองผสมกันบนฉากขาวในชุดทดลอง พบว่าแสงที่เกิดจากการผสม มีค่า RGB เท่ากับ (72, 207, 255) ซึ่งตัว R มีค่า

เท่ากับ 72 ตัว G มีค่าเท่ากับ 207 ตัว B มีค่าเท่ากับ 255 แสงสีที่ได้จากชุดทดลองเกิดจากการผสมระหว่างแสงสีทั้งสาม ได้เป็น**แสงสีน้ำเงินเขียว** ดังแสดงในภาพประกอบ 38ง

เนื่องจากปริมาณแสงสีที่มาจากหลอดไฟ LED แต่ละสีไม่เท่ากัน จึงไม่เกิดการรวมกันเป็นแสงขาว ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีที่ว่าแสงขาวจะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่ออัตราส่วนของแสงปฐมภูมิแต่ละสีที่นำมาผสมกันต้องเท่ากัน

4.2.2 การทดลองการผสมสารสี

1. เมื่อฉีดสารสีน้ำเงินเขียวลงบนชิ้นงาน พบว่า ค่าที่มีค่ามากที่สุดคือ ค่า C ดังนั้น สารสีที่ได้จากชุดทดลอง คือ **สารสีน้ำเงินเขียว** ดังแสดงในตาราง 4

2. เมื่อฉีดสารสีแดงม่วงลงบนชิ้นงาน พบว่า ค่าที่มีค่ามากที่สุดคือ ค่า M ดังนั้น สารสีที่ได้จากชุดทดลอง คือ **สารสีแดงม่วง** ดังแสดงในตาราง 4

3. เมื่อฉีดสารสีเหลืองลงบนชิ้นงาน พบว่า ค่าที่มีค่ามากที่สุดคือ ค่า Y ดังนั้น สารสีที่ได้จากชุดทดลอง คือ **สารสีเหลือง** ดังแสดงในตาราง 4

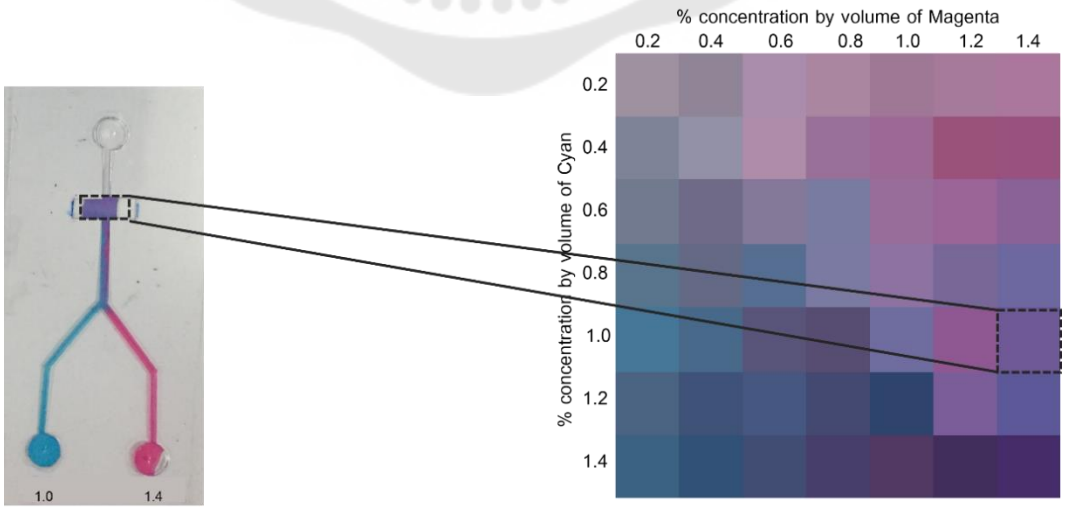
ตาราง 4 ค่าสีก่อนการผสมของสารที่มีความเข้มข้น 0.2% 0.4% 0.6% 0.8% 1.0% 1.2% 1.4% โดยปริมาตร

ความเข้มข้น		0.2%	0.4%	0.6%	0.8%	1.0%	1.2%	1.4%
C	สีที่เห็น							
	RGB	64,184,218	6,146,197	0,126,198	0,110,199	0,104,190	0,103,195	0,93,195
	CMYK	70,15,0,14	90,25,0,22	100,30,0,22	100,41,0,21	100,45,0,25	100,47,0,23	100,52,0,23
M	สีที่เห็น							
	RGB	203,117,166	231,80,161	196,53,117	189,42,97	178,34,70	168,27,70	158,23,56
	CMYK	0,42,18,20	0,65,30,9	0,72,40,23	0,77,48,25	0,80,60,30	0,83,58,34	0,85,64,38
Y	สีที่เห็น							
	RGB	236,240,156	223,225,98	221,220,78	199,200,62	201,196,40	195,184,30	209,169,12
	CMYK	1,0,34,5	0,0,56,11	0,0,64,13	0,0,69,21	0,2,80,21	0,5,84,23	0,19,94,18

4. เมื่อฉีดสารสีน้ำเงินเขียวและแดงม่วงลงบนชิ้นงาน พบว่า สารที่เกิดจากการผสมกันมีค่า CMYK ดังตาราง 5 ซึ่งค่าที่มีค่ามากที่สุดสองค่าที่ได้ คือ ค่า C และ M ดังนั้น สารสีที่ได้จากชุดทดลองเกิดจากการผสมกันของสารสีน้ำเงินเขียวและแดงม่วง ได้เป็น**สารสีน้ำเงิน** ดังแสดงในภาพประกอบ 39

ตาราง 5 ผลการผสมสารสีน้ำเงินเขียว (Cyan) และสีแดงม่วง (Magenta) ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

M	C	0.20%	0.40%	0.60%	0.80%	1.00%	1.20%	1.40%
0.20%	RGB	159,145,160	144,133,150	170,140,172	170,134,160	159,120,149	166,122,155	171,119,157
	CMYK	0,9,0,37	4,11,0,41	1,15,0,32	0,21,5,33	0,24,6,37	0,26,6,34	0,30,8,32
0.40%	RGB	126,131,152	147,145,168	175,140,170	153,112,152	156,105,148	154,82,122	151,82,128
	CMYK	17,13,0,40	12,13,0,34	0,19,2,31	0,26,0,40	0,32,5,38	0,40,20,39	0,45,15,40
0.60%	RGB	114,122,143	111,106,136	132,121,153	121,123,161	152,109,154	155,101,151	138,98,151
	CMYK	20,14,0,43	18,22,0,46	13,20,0,40	24,23,0,36	1,29,0,39	0,34,2,39	8,35,0,40
0.80%	RGB	89,117,141	100,105,134	86,110,146	123,122,162	142,114,162	120,104,151	109,104,160
	CMYK	36,17,0,44	19,21,0,47	41,24,0,42	24,24,0,36	12,29,0,36	20,31,0,40	37,35,0,37
1.00%	RGB	70,119,152	72,105,138	89,85,122	87,77,114	111,109,159	143,88,146	111,89,151
	CMYK	53,21,0,40	47,23,0,45	27,30,0,52	23,32,0,55	30,31,0,37	2,39,0,42	26,41,0,40
1.20%	RGB	75,100,130	63,83,120	70,87,130	68,73,113	46,68,109	123,93,153	93,88,152
	CMYK	42,23,0,49	47,30,0,52	46,33,0,49	39,35,0,55	57,37,0,57	19,39,0,40	38,42,0,40
1.40%	RGB	59,98,129	49,81,119	65,77,115	71,62,107	82,57,99	65,46,92	70,44,105
	CMYK	54,24,0,49	58,31,0,53	43,33,0,54	33,42,0,58	17,42,0,61	29,50,0,63	33,58,0,58

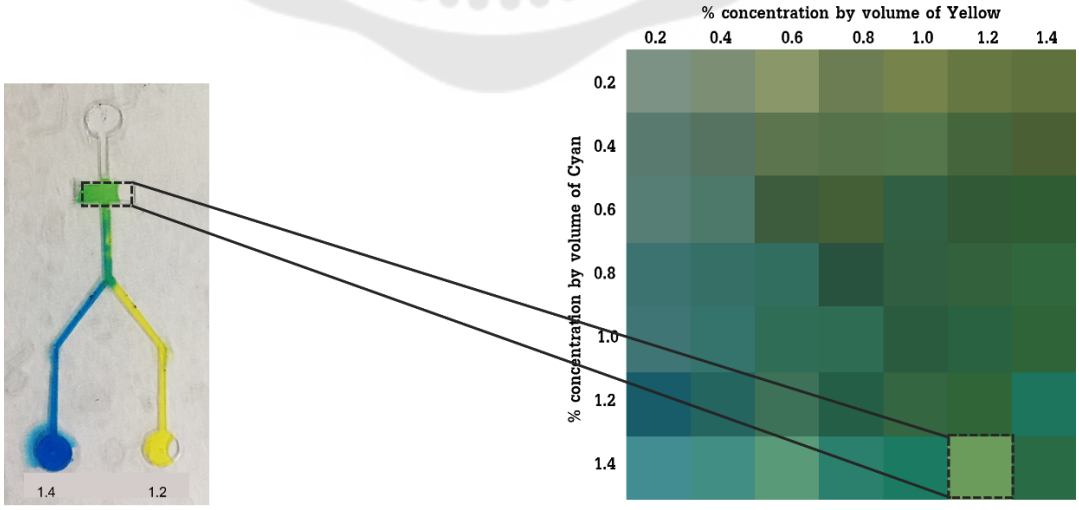


ภาพประกอบ 38 สารสีน้ำเงินที่เกิดขึ้นจากการผสมสารสีน้ำเงินเขียวและสารสีแดงม่วง

5. เมื่อฉีดสารสีน้ำเงินเขียวและเหลืองลงบนชิ้นงาน พบว่า สารที่เกิดจากการผสมกันมีค่า CMYK ดังตาราง 6 ซึ่งค่าที่มีค่ามากที่สุดสองค่าที่ได้ คือ ค่า C และ Y ดังนั้น สารสีที่ได้จากชุดทดลองเกิดจากการผสมกันของสารสีน้ำเงินเขียวและเหลือง ได้เป็น**สารสีเขียว** ดังแสดงในภาพประกอบ 41

ตาราง 6 ผลการผสมสารสีน้ำเงินเขียว (Cyan) และสีเหลือง (Yellow) ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

Y	C	0.20%	0.40%	0.60%	0.80%	1.00%	1.20%	1.40%
0.20%	RGB	124,146,133	124,142,116	138,151,105	108,125,83	118,131,75	102,119,65	95,113,61
	CMYK	15,0,8,42	12,0,18,44	8,0,30,40	13,0,33,50	9,0,42,48	14,0,45,53	15,0,46,55
0.40%	RGB	89,122,111	86,115,97	92,117,78	89,114,74	85,118,75	69,101,60	74,95,52
	CMYK	27,0,9,52	25,0,15,54	21,0,33,54	21,0,35,55	27,0,36,53	31,0,40,60	22,0,42,62
0.60%	RGB	86,126,117	77,121,106	61,92,61	68,95,54	49,95,67	49,89,53	47,92,51
	CMYK	31,0,7,50	36,0,12,52	33,0,33,63	28,0,43,62	48,0,29,62	44,0,40,65	48,0,44,63
0.80%	RGB	60,115,112	54,111,102	49,110,95	40,82,62	49,94,65	51,97,59	46,103,60
	CMYK	47,0,2,54	51,0,8,56	55,0,13,56	51,0,24,67	47,0,30,63	47,0,39,61	55,0,41,59
1.00%	RGB	63,117,117	52,116,109	47,109,86	46,108,83	42,91,62	41,98,65	47,100,56
	CMYK	46,0,0,54	52,0,6,54	47,0,21,57	57,0,23,57	53,0,31,64	58,0,33,61	52,0,43,60
1.20%	RGB	24,92,105	36,101,95	61,114,88	36,94,70	52,102,65	48,101,55	29,117,93
	CMYK	77,12,0,58	64,0,5,60	46,0,22,55	61,0,25,63	49,0,36,60	52,0,45,60	75,0,20,54
1.40%	RGB	66,141,146	65,142,132	89,155,120	43,128,109	26,123,98	107,156,91	41,107,69
	CMYK	54,3,0,42	54,0,7,44	42,0,22,39	66,0,14,49	78,0,20,51	31,0,41,38	61,0,35,58

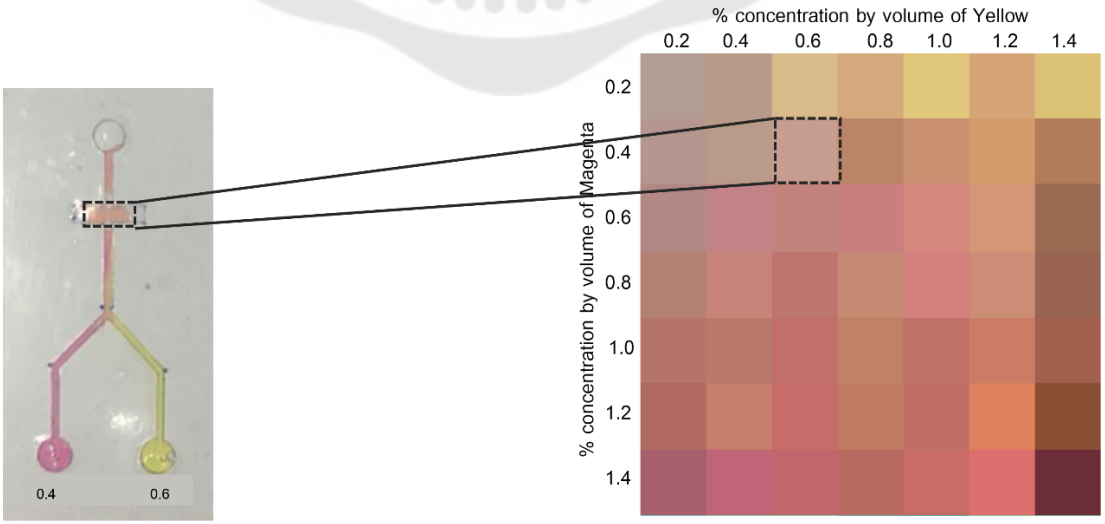


ภาพประกอบ 39 สารสีเขียวที่เกิดขึ้นจากการผสมสารสีน้ำเงินเขียวและสารสีเหลือง

6. เมื่อฉีดสารสีแดงม่วงและเหลืองลงบนชิ้นงาน พบว่า สารที่เกิดจากการผสมกันมีค่า CMYK ดังตาราง 7 ซึ่งค่าที่มีค่ามากที่สุดสองค่าที่ได้ คือ ค่า M และ Y ดังนั้น สารสีที่ได้จากชุดทดลองเกิดจากการผสมกันของสารสีแดงม่วงและเหลือง ได้เป็น**สารสีแดง** ดังแสดงในภาพประกอบ 42

ตาราง 7 ผลการผสมสารสีแดงม่วง (Magenta) และสีเหลือง (Yellow) ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

Y \ M		0.20%	0.40%	0.60%	0.80%	1.00%	1.20%	1.40%
0.20%	RGB	177,157,146	182,155,138	217,186,139	212,169,124	226,200,126	213,165,117	220,194,117
	CMYK	0,11,17,30	0,14,24,28	0,14,35,14	0,20,41,16	0,11,44,11	0,22,45,16	0,11,46,13
0.40%	RGB	181,151,143	186,155,137	199,157,145	187,134,103	201,144,114	211,155,106	177,124,90
	CMYK	0,16,20,29	0,16,26,27	0,21,27,21	0,28,44,26	0,28,43,21	0,26,49,17	0,29,49,30
0.60%	RGB	177,136,132	193,131,136	194,131,124	201,127,126	215,137,127	212,150,119	154,107,83
	CMYK	0,23,25,30	0,22,29,24	0,32,36,23	0,29,37,21	0,36,40,15	0,29,44,17	0,30,45,39
0.80%	RGB	179,129,114	199,133,121	189,117,111	199,139,115	212,129,127	204,141,118	153,99,81
	CMYK	0,28,36,30	0,33,39,22	0,38,41,26	0,30,42,22	0,39,40,17	0,31,42,20	0,35,47,40
1.00%	RGB	181,116,105	184,121,105	194,110,109	191,130,103	191,113,101	204,124,102	163,96,78
	CMYK	0,36,42,29	0,34,43,28	0,43,44,24	0,32,46,25	0,41,47,25	0,39,50,22	0,41,52,36
1.20%	RGB	176,106,97	199,125,107	199,109,105	191,124,98	191,111,101	222,129,93	138,80,52
	CMYK	0,40,45,31	0,37,46,22	0,45,47,22	0,35,49,25	0,42,52,27	0,42,58,13	0,42,62,46
1.40%	RGB	166,96,109	191,101,119	191,103,109	184,106,97	201,107,103	222,111,111	107,45,55
	CMYK	0,42,34,35	0,47,38,25	0,46,43,25	0,42,47,28	0,47,49,21	0,50,50,13	0,58,49,58



ภาพประกอบ 40 สารสีแดงที่เกิดขึ้นจากการผสมสารสีแดงม่วงและสารสีเหลือง

จากการทดลองพบว่า เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารสีแต่ละสี ค่าสีที่วัดได้จะเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้น นอกจากนี้แนวโน้มของสีที่ได้จากการผสมสารสีน้ำเงินเขียวกับสารสีแดงม่วงได้เป็นสารสีน้ำเงิน สารสีน้ำเงินเขียวกับสารสีเหลืองได้เป็นสารสีเขียว และสารสีแดงม่วงกับสารสีเหลืองได้เป็นสารสีแดง ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีการผสมสารสี

4.3 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดการทดลองเรื่องการผสมแสงสีและสารสี

การวิจัยครั้งนี้ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดทดลองเรื่องการผสมแสงสีและสารสี จากคะแนนก่อนและหลังเรียน เมื่อนำคะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดทดลองเรื่องการผสมแสงสีและสารสี จากภาคผนวก ง มาเปรียบเทียบปรากฏผลดังตาราง 8-9

ตาราง 8 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดทดลอง เรื่อง การผสมแสงสี

การทดสอบ	n	คะแนนเต็ม	max	min	$\overline{x}$	S.D.	t-test
ก่อนเรียน	40	7	4	0	2.625	1.03	15.39
หลังเรียน	40	7	7	4	5.95	1.01	

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตาราง 9 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดทดลอง เรื่อง การผสมสารสี

การทดสอบ	n	คะแนนเต็ม	max	min	$\overline{x}$	S.D.	t-test
ก่อนเรียน	40	8	5	0	2.85	1.19	17.096
หลังเรียน	40	8	8	5	6.5	0.88	

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตาราง 8 คะแนนเฉลี่ยของผลการทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากการทดสอบก่อนเรียนเท่ากับ 2.625 และหลังเรียนเท่ากับ 5.95 ผลการเปรียบเทียบมีความแตกต่างกันอย่างมี

นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (t=15.39) ดังนั้นนักเรียนที่เรียนด้วยชุดทดลองเรื่อง การผสมแสงสี มีผลสัมฤทธิ์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

เมื่อพิจารณาตาราง 9 พบว่าคะแนนเฉลี่ยของผลการทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากการทดสอบก่อนเรียนเท่ากับ 2.85 และหลังเรียนเท่ากับ 6.5 ผลการเปรียบเทียบมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (t=17.096) ดังนั้นนักเรียนที่เรียนด้วยชุดทดลองเรื่อง การผสมสารสี มีผลสัมฤทธิ์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

4.3.1 ความก้าวหน้าในการเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดทดลอง เรื่อง การผสมแสงสี

จากการวิเคราะห์คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน พบว่านักเรียนทั้งชั้นมีคะแนนก่อนเรียนเฉลี่ยร้อยละ 37.5 และคะแนนหลังเรียนเฉลี่ยร้อยละ 85 เมื่อนำมาหาค่าดัชนีความก้าวหน้าทางการเรียน พบว่านักเรียนทั้งชั้น มีคะแนนความก้าวหน้าเฉลี่ยเท่ากับ 0.75 คิดเป็นร้อยละ 75 แสดงให้เห็นว่านักเรียนทั้งชั้นมีค่าดัชนีความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับสูง ดังตาราง 10

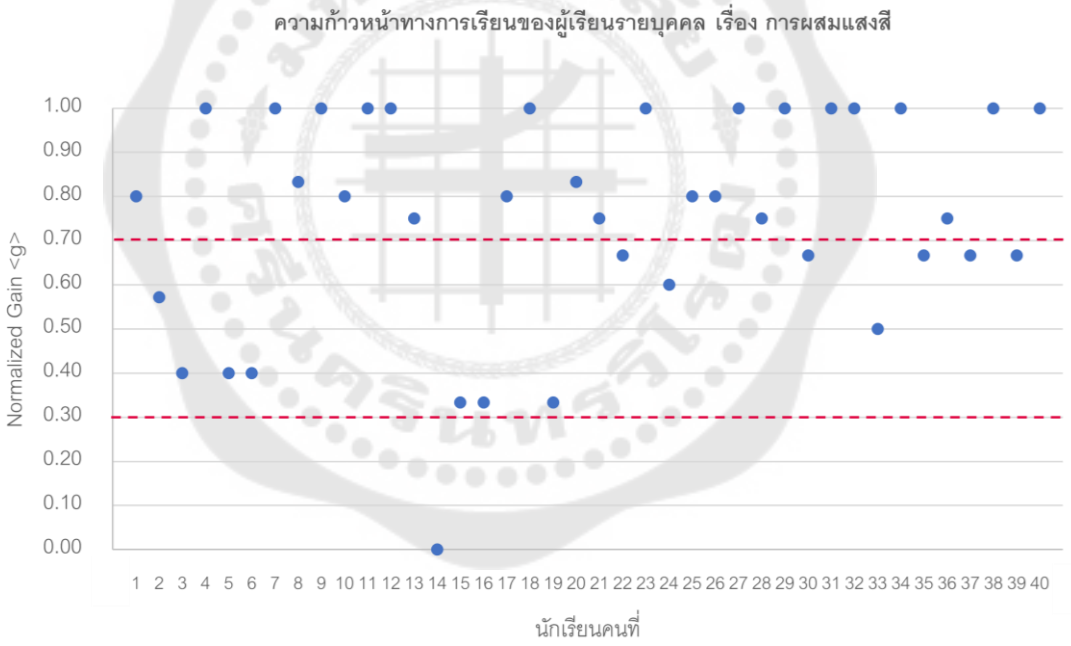
ตาราง 10 ผลการเปรียบเทียบความก้าวหน้าในการเรียน (Normalized Gain) ของนักเรียนรายชั้นที่เรียนด้วยชุดทดลอง เรื่อง การผสมแสงสี

คะแนน	**คะแนนเต็ม**	$\bar{x}$	$\bar{x}\%$	S.D.	< g >	**ระดับความก้าวหน้า**
ก่อนเรียน	7	2.625	37.5	1.03	0.75	High gain
หลังเรียน	7	5.95	85	1.01		

เมื่อนำมาหาค่าดัชนีความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนเป็นรายบุคคล พบว่าสามารถแบ่งนักเรียนออกเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มที่มีความก้าวหน้าในระดับสูง ระดับปานกลาง และระดับต่ำ โดยนักเรียนที่มีค่าดัชนีความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับสูง มีจำนวน 26 คน คิดเป็นร้อยละ 65 นักเรียนที่มีค่าดัชนีความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับปานกลาง จำนวน 13 คน คิดเป็นร้อยละ 32.5 และนักเรียนที่มีค่าดัชนีความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับต่ำ มีเพียง 1 คน คิดเป็นร้อยละ 2.5 ดังตาราง 11 และภาพประกอบ 42

ตาราง 11 ความก้าวหน้าในการเรียนของนักเรียนรายบุคคลที่เรียนด้วยชุดทดลอง เรื่อง การผสมแสงสี

ระดับความก้าวหน้า	จำนวนนักเรียน (คน)	จำนวนนักเรียน (ร้อยละ)
High	26	65
Medium	13	32.5
Low gain	1	2.5
รวม	40	100



ภาพประกอบ 41 ความก้าวหน้าทางการเรียนของผู้เรียนรายบุคคล เรื่องการผสมแสงสี

จากการสัมภาษณ์นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การผสมแสงสี ในกลุ่มนักเรียนที่มีความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ระดับสูงและปานกลาง พบว่า ชุดการทดลองนี้กระตุ้นให้นักเรียนมีความอยากรู้อยากเห็นในบทเรียนมากขึ้น และยังใช้งานง่ายทดลองจึงทำให้นักเรียนสามารถลงมือปฏิบัติและเห็นผลลัพธ์จากการผสมแสงสีด้วยตนเอง นอกจากนี้ ยังสามารถใช้งานได้อย่างต่อเนื่องและไม่จำกัดจำนวนครั้ง จึงมีส่วนช่วยให้ช่วยให้นักเรียนจดจำหลักการผสมแสงสี

ได้ดียิ่งขึ้นจากการเห็นผลลัพธ์ซ้ำกันกลาย ๆ ครั้ง ข้อสังเกตที่ได้จากการสัมภาษณ์นักเรียนที่มีความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ระดับสูง ปานกลาง และต่ำ พบว่า นักเรียนไม่ได้เห็นตัวอย่างของแสงขาวที่เกิดจากการผสมแสงสีปฐมภูมิทั้งสามสี แต่นักเรียนสามารถจดจำทฤษฎีได้ว่าแสงสีปฐมภูมิเมื่อนำมาผสมกันจะทำให้เกิดแสงขาว แสดงว่าชุดทดลองเรื่องการผสมแสงสีนี้สามารถเสริมสร้างความเข้าใจเรื่องการผสมแสงสีให้กับนักเรียนได้ โดยเฉพาะการผสมคู่แสงปฐมภูมิต่าง ๆ

4.3.2 ความก้าวหน้าในการเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดทดลอง เรื่อง การผสมสารสี

จากการวิเคราะห์คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนพบว่า นักเรียนทั้งชั้นมีคะแนนก่อนเรียนเฉลี่ยร้อยละ 35.63 และคะแนนหลังเรียนเฉลี่ยร้อยละ 81.25 เมื่อนำมาหาค่าดัชนีความก้าวหน้าทางการเรียน พบว่านักเรียนทั้งชั้นมีคะแนนความก้าวหน้าเฉลี่ยเท่ากับ 0.70 คิดเป็นร้อยละ 70 แสดงให้เห็นว่านักเรียนทั้งชั้นมีค่าดัชนีความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับสูง ดังตาราง 12

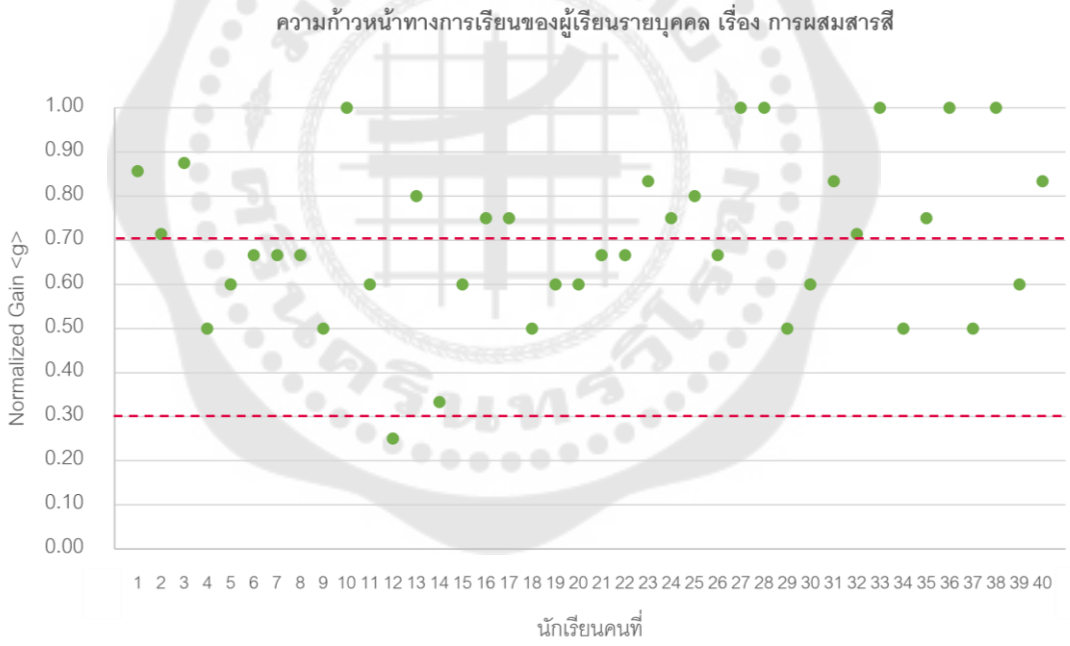
ตาราง 12 ผลการเปรียบเทียบความก้าวหน้าในการเรียน (Normalized Gain) ของนักเรียนรายชั้นที่เรียนด้วยชุดทดลองเรื่อง การผสมสารสี

คะแนน	**คะแนนเต็ม**	$\bar{x}$	$\bar{x}\%$	S.D.	< g >	**ระดับความก้าวหน้า**
ก่อนเรียน	8	2.85	35.63	1.19	0.70	High gain
หลังเรียน	8	6.5	81.25	0.88		

เมื่อนำมาหาค่าดัชนีความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนเป็นรายบุคคล พบว่าสามารถแบ่งนักเรียนออกเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มที่มีความก้าวหน้าในระดับสูง ระดับปานกลาง และระดับต่ำ โดยนักเรียนที่มีค่าดัชนีความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับสูง มีจำนวน 20 คน คิดเป็นร้อยละ 50 นักเรียนที่มีค่าดัชนีความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับปานกลาง จำนวน 19 คน คิดเป็นร้อยละ 47.25 และนักเรียนที่มีค่าดัชนีความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับต่ำ มีเพียง 1 คน คิดเป็นร้อยละ 2.5 ดังตาราง 13 และภาพประกอบ 43

ตาราง 13 ความก้าวหน้าในการเรียนของนักเรียนรายบุคคลที่เรียนด้วยชุดทดลอง เรื่อง การผสมสารสี

ระดับความก้าวหน้า	จำนวนนักเรียน (คน)	จำนวนนักเรียน (ร้อยละ)
High	20	50
Medium	19	47.5
Low gain	1	2.5
รวม	40	100



ภาพประกอบ 42 ความก้าวหน้าทางการเรียนของผู้เรียนรายบุคคล เรื่องการผสมสารสี

จากการสังเกตการสอนและสัมภาษณ์นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การผสมสารสี พบว่า ในช่วงแรกของการทดลอง นักเรียนส่วนใหญ่มีปัญหาในการฉีดสารเข้าไปในชุดทดลอง ต่อมานักเรียนสามารถใช้ชุดทดลองได้จนสามารถเห็นผลลัพธ์ของการผสมคู่สารสีต่าง ๆ ทำให้นักเรียนสามารถจดจำสิ่งที่เห็นได้ดี แม้จะทำการทดลองเพียงไม่กี่ครั้ง เนื่องจากชุดทดลองมีจำนวนจำกัดและแต่ละชิ้นใช้ได้เพียงครั้งเดียวเท่านั้น

บทที่ 5
สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

1. ชุดทดลองเรื่องการผสมแสงสีและสารสี สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ได้สร้าง พัฒนาขึ้น และให้ผลการทดลองสอดคล้องกับทฤษฎี

2. นักเรียนได้รับการสอนโดยใช้ชุดทดลอง เรื่อง การผสมแสงสี มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (t=15.39) และมีค่าความก้าวหน้าทางการเรียนเฉลี่ยอยู่ในระดับสูง (0.75)

3. นักเรียนได้รับการสอนโดยใช้ชุดทดลอง เรื่อง การผสมสารสี มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (t=17.096) และมีค่าความก้าวหน้าทางการเรียนเฉลี่ยอยู่ในระดับสูง (0.70)

5.2 อภิปรายผล

ชุดทดลองเรื่องการผสมแสงสี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่ได้สร้างและพัฒนาขึ้น มีลักษณะที่สะดวกต่อการใช้งานซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของปลานิชช (Planinšič, G., 2004) ได้ทำการสร้างเครื่องมือผสมแสงสีจากลูกปิงปองที่ประกอบด้วยหลอด LED 3 สี คือ สีแดง สีเขียว สีน้ำเงิน เพื่อสร้างแสงปฐมภูมิและผสมแสงที่เกิดขึ้นบนฉากรับ ซึ่งผู้วิจัยได้พัฒนาเพิ่มเติมโดยใช้อุปกรณ์ที่หาง่ายมาประกอบเป็นกล่องแหล่งกำเนิดไฟเชื่อมต่อกับลูกปิงปองเพื่อทำเป็นฉากรับแสงสี

ชุดทดลองเรื่องการผสมแสงสีและสารสีที่สร้างและพัฒนาขึ้น ให้ผลการทดลองสอดคล้องกับทฤษฎี สามารถใช้ทดลองในห้องเรียนได้สะดวกเพราะขนาดของชุดทดลองมีความเหมาะสม วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการพัฒนาชุดทดลองนี้หาได้ง่าย สะดวก ราคาเหมาะสม ลักษณะทางกายภาพทั่วไป ชิ้นส่วนสามารถประกอบได้ง่าย การออกแบบดึงดูดและเร้าความสนใจ ผลจากการทดลองที่ได้สอดคล้องกับทฤษฎี มีการนำสมาร์ทโฟนตรวจสอบวัดค่าสี RGB โดยอาศัยแอพพลิเคชัน Palette Share ทำให้ผลการทดลองน่าเชื่อถือมากขึ้น สามารถแก้ปัญหาในเรื่องของการเห็นที่คลาดเคลื่อนออกไปได้ ด้านคู่มือการใช้งานลำดับขั้นตอนเข้าใจง่าย ใช้ภาษาถูกต้องเหมาะสม การบำรุงรักษาและซ่อมแซมทำได้ง่าย สะดวกในการใช้และเก็บรักษา เหมาะที่จะนำไปใช้ประกอบการเรียนการสอน เพื่อพัฒนานักเรียนทั้งด้านความรู้และกระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนมีโอกาสปฏิบัติหรือมีส่วนร่วมใช้เวลาในการทดลองและผลการ

ทดลองถูกต้องเหมาะสมกับระดับของนักเรียน ช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจเพิ่มมากขึ้น สอดคล้องกับผลการวิจัยของระพีร์พัชญ์ สอนเครือ (2558) ได้สร้างชุดทดลองเพื่อพัฒนาความเข้าใจเรื่องแสงสีและสารสี สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย และการศึกษาความคาดหวังในการเรียนฟิสิกส์ของแมรี่แลนด์ การสำรวจความเข้าใจของนักเรียน พบว่ายังมีความเข้าใจผิดในแนวคิดหลักเรื่องการผสมแสงสีและสารสี และนำชุดการทดลองไปใช้กับนักเรียนแล้วพบว่านักเรียนมีความเข้าใจที่สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ค่าความก้าวหน้าทางการเรียนเฉลี่ยที่ระดับ 0.51 และมีค่าความคาดหวังในวิชาฟิสิกส์ที่สัมพันธ์กับผู้เชี่ยวชาญในกลุ่มเชื่อมโยงระหว่างฟิสิกส์และโลกความเป็นจริงและกลุ่มพฤติกรรมที่จำเป็นต่อการเรียนรู้และเข้าใจฟิสิกส์สูงขึ้น

นักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดทดลองเรื่องการผสมแสงสีและสารสีสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นผลมาจากชุดทดลองที่พัฒนาขึ้นทำให้นักเรียนมีความสนใจในการเรียนมากขึ้น เนื่องจากนักเรียนสามารถลงมือปฏิบัติและเรียนรู้ได้ด้วยตัวเองผ่านชุดการทดลองที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของเรวดี มานุ้ย (2556) ได้พัฒนาชุดทดลองกลศาสตร์พร้อมคู่มือใช้สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่า ชุดทดลองกลศาสตร์พร้อมคู่มือการใช้มีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ชุดการทดลองกลศาสตร์นี้สามารถนำไปใช้ในโรงเรียนต่าง ๆ เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในให้สูงขึ้นได้ และสอดคล้องกับผลการวิจัยของศุภชัย ทองเข็ม (2557) ได้พัฒนาชุดทดลองทอร์กและโมเมนต์ความเฉื่อยเพื่อเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 พบว่าชุดทดลองทดลองทอร์กและโมเมนต์ความเฉื่อยมีประสิทธิภาพทางวิทยาศาสตร์ มีความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 5 เปอร์เซ็นต์ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดทดลองทอร์กและโมเมนต์ความเฉื่อยมีค่าคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทั้งนี้เป็นเพราะว่าชุดทดลองการผสมแสงสีที่สร้างขึ้นนี้ ทำให้นักเรียนสามารถสังเกตแสงสีที่ผสมกันในลูกปิงปองได้อย่างชัดเจน คือ สีแดงผสมกับสีเขียวได้สีเหลือง สีแดงผสมกับสีน้ำเงินได้สีม่วง สีน้ำเงินผสมสีเขียวได้สีฟ้า และยังแสดงให้เห็นอีกว่า เมื่อสีแดง สีน้ำเงิน และสีเขียวผสมกันในอัตราส่วนที่ไม่เท่ากันจะไม่เกิดเป็นแสงสีขาว ส่วนชุดการทดลองเรื่องการผสมสารสีทำให้นักเรียนสังเกตเห็นสีที่เกิดจากการผสมกันของคู่สารสีปฐมภูมิได้อย่างชัดเจนเช่นเดียวกัน อีกทั้งนักเรียนได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเองทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจที่คงทนและจำได้นาน

5.3 ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

1. ผลของการวัดค่าสีที่ได้จากการทดลอง ศึกษาได้เพียงแนวโน้มของสีที่เกิดขึ้นจากการผสมเท่านั้น ค่าสีที่วัดได้ไม่อาจนำไปใช้วิเคราะห์ผลได้ เนื่องจากอาจมีความคลาดเคลื่อนของการวัด

2. ในกิจกรรมที่มีการทดลอง ครูควรแจ้งจุดประสงค์การทดลอง วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง วิธีการทดลอง เทคนิคการใช้เครื่องมือ รวมถึงข้อควรพึงระวังในการทดลอง โดยครูต้องดูแลนักเรียนตลอดการทดลองอย่างทั่วถึงและใกล้ชิด

3. ควบคุมสภาพแวดล้อมที่ใช้ในการถ่ายภาพการทดลองเรื่องการผสมแสงสีและสารสีเพื่อลดปัจจัยที่อาจส่งผลให้ผลการทดลองมีความคลาดเคลื่อน

4. สารสีที่ใช้ในการทดลอง ควรปรับให้มีค่าความเข้มข้นของสารแต่ละสีหลาย ๆ ค่า จะทำให้เห็นแนวโน้มของสีที่เกิดขึ้นจากการผสมสารสีได้ชัดเจนยิ่งขึ้น

5. วิธีการฉีดสารเข้าไปในชุดการทดลองเรื่องการผสมสารสี จะต้องฉีดสารสีทั้งสองเข้าไปพร้อม ๆ กันอย่างช้า ๆ เพื่อป้องกันการเกิดฟองอากาศที่อาจจะทำให้สารสีที่เข้าไปในชุดทดลองไม่สามารถผสมกันได้ หากสามารถฉีดสารทั้งสองสีเข้าไปยังบริเวณช่องผสมสี (ช่องสี่เหลี่ยมในชุดทดลอง) แล้วสารสีทั้งสองจะยังแยกกันอยู่ ให้ใช้นิ้วมือกดบริเวณช่องผสมสีจนแน่ใจว่าสีทั้งสองเกิดการผสมจนเป็นเนื้อเดียวกันแล้ว จึงจะทำการบันทึกผล

6. ควรประกอบชุดทดลองเรื่องการผสมสารสีในแต่ละชั้นให้เรียบสนิทและไม่มีฟองอากาศเพื่อป้องกันการรั่วซึมของสารสีขณะฉีดเข้าไปในชุดทดลอง

5.4 ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรเลือกใช้แหล่งกำเนิดแสงที่สามารถควบคุมให้ปริมาณความเข้มแสงเท่ากันทุกสี นอกจากนี้

2. ชุดทดลองเรื่องการผสมแสงสีมีข้อจำกัดคือ ไม่สามารถปรับปริมาณสีได้เช่นเดียวกับชุดทดลองเรื่องการผสมสารสี ควรมีการพัฒนาชุดการทดลองเรื่องการผสมแสงสีให้สามารถปรับค่าความเข้มของแสงสีในระดับที่แตกต่างกันได้ เพื่อทำให้นักเรียนเห็นตัวอย่างการผสมสีที่แตกต่างกันได้อย่างชัดเจนมากยิ่งขึ้น

3. พัฒนาเทคนิคการฉีดสารเข้าไปในชุดทดลองเรื่องการผสมสารสี เพื่อให้สารที่เข้าไปผสมกันมีปริมาณเท่ากัน

4. ชุดทดลองเรื่องการผสมสารสีต้องอาศัยเทคนิคการใช้งานที่ควรฝึกฝนมาระดับหนึ่ง เช่น การฉีดสารสีเข้าไปในชุดทดลอง ต้องใช้น้ำหนักมือที่สม่ำเสมอในการฉีดสารสีทั้งสองเข้าไป

อย่างพร้อม ๆ กัน จึงควรมีการพัฒนาชุดการทดลองหรือหาเทคนิคการใช้เครื่องมืออย่างอื่นเพิ่มเติม เพื่อให้สะดวกและใช้งานง่ายยิ่งขึ้น

4. ชุดการทดลองเรื่องการผสมสารสีควรออกแบบให้สามารถทำการทดลองผสมสารสีปฐมภูมิทั้งสามสี

5. หากต้องการนำผลการวัดค่าสีไปใช้ในการวิเคราะห์ผลหรือต้องการข้อมูลที่แม่นยำมากขึ้น ในชุดทดลองควรใช้แหล่งกำเนิดแสงและสารสีที่มีความยาวคลื่นเดียว (monochromatic wavelength)

บรรณานุกรม

Balta, N. (2012). Locating the center of gravity: The dance of normal and frictional forces. *The Physics Teacher, 50*(8), 456-457.

Barman, C. R. (1992). An Evaluation of the Use of a Technique Designed to Assist Prospective Elementary Teachers use the Learning Cycle Science Textbooks. *School Science and Mathematics, 92*.

Bloom. (1956). *Texonomy of Educayion Objectives*. New York: David Mokay Company Inc.

Bybee et al. (2006). The BSCS 5E instructional model: Origins and effectiveness. *Office of Science Education National Institutes of Health*, 1-80.

Cox, A. J., & Junkin W. F. (2002). Enhanced student learning in the introductory physics laboratory. *Physics Education, 37*(1).

Dale, E. (1946). *Audiovisiual methods in teaching*. New York, Holt: Reinhart & Winston.

Ebel, R. L., & Frisbie, D. A. (1986). Essentials of Educational Measurement. *Journal of Educational Measurement, 24*(2), 182-184.

Good, C. V. (1973). *Dictionary of education*. New York: McGraw-Hill.

Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement Versus Traditional Methods: A six-thousand Student Survey of Mechanics Test Data for Introductory Physics Courses. *American Journal of Physics, 66*(1), 64-74.

Hataiwat Palasak, Chaninun Pruekpramool, & Puenisara Limonthakul. (2023). *The microfluidic system for studying the mixing of pigment color by using a smartphone.* Paper presented at the RSU International Research Conference 2023.

Meng, E., & Doran, R. L. (1993). *Improving instruction and learning through evaluation elementary school science*. Ohio: ERIC.

National Training Lavoratories. (1969). National Training Lavoratories. http://sydney.edu.au/engineering/civil/current/undergraduate/learning.shtml

Planinši**č**, G. (2004). Color Mixer for Every Student. *The Physics Teacher, 42*(3), 138-142.

Parsons, L. (1998). As easy as R, G, B. *The Physics Teacher, 36*(6), 347-348.

Roth, W. M. (1994). Experimenting in a constructivist high school physics laboratory. *Journal of Research in Science Teaching, 3*(2), 197-223.

Smith, P. T. (1994). Instructional Method Effect on Student Attitude and Achivement. *Dissertion Abstract International, 54*(7), 2528-2517.

Urone P. P., & Hinrichs, R. (2022). *College Physics 2e*. Texas: OpenStax.

Hood, T. (2012). A New Direction: How a Compass Pointed the Way to Clearing Up an Attractive Misconception. *50*(7), 398–399.

กระทรวงศึกษาธิการ. (2545). แนวทางการวัดและประเมินผลในชั้นเรียนกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2544. กรุงเทพฯ: คุรุสภาลาดพร้าว.

กิดานันท์ มลิทอง. (2540). เทคโนโลยีการศึกษาร่วมสมัย. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ขนิษฐา บุญภักดี. (2552). การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษาของนักศึกษา ระดับปริญญาตรี คณะครุศาสตร์อุสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. (วิทยานิพนธ์ ค.อ.ม. (วิชาครุศาสตร์เทคโนโลยี)).

จักรกฤษณ์ เทพปาน, มัตติกา เชาว์ไฝ, และ สุวิช คงภักดี. (2561). การพัฒนาชุดทดลองเรื่องการผสมแสงที่ควบคุมด้วยสมาร์ทโฟน. Paper presented at the การประชุมหาดใหญ่วิชาการระดับชาติและนานาชาติครั้งที่ 9.

ชัยวรรณ์ สายเผ่าพันธุ์. (2553). การสร้างชุดทดลองเพื่อหาแรงสู่ศูนย์กลาง. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระเจ้าเกล้าธนบุรี. (วิทยานิพนธ์ วท.ม. (ฟิสิกส์ศึกษา)).

ชาญชัย อินทรสุนานนท์. (2531). เอกสารประกอบการสอนวิชาเทคโน 301 “สื่อการสอน”. กรุงเทพมหานคร: ภาควิชาเทคโนโลยีทางการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

ชูจิต สาระภาค. (2547). ผลการใช้ชุดฝึกปฏิบัติการที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการใช้เครื่องมือการทดลองในวิชาปฏิบัติการฟิสิกส์ของนักศึกษาสถาบันราชภัฏสุรินทร์. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. (วิทยานิพนธ์ ศษ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา), บัณฑิตวิทยาลัย).

ชูศรี วงศ์รัตนะ. (2550). เทคนิคการใช้สถิติเพื่อการวิจัย (10): ไทยเนรมิตกิจอินเตอร์ โปรเกรสซิฟ.

โช สาลีฉัน. (2528). การสร้างอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์ทดแทนในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย.

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. , กรุงเทพมหานคร.

ณฐกรณ์ ดำชะอม. (2553). ผลของการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้แบบ 5E และวิธีการทางประวัติศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนประวัติศาสตร์และการคิดอย่างมีวิจารณญาณ. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. (วิทยานิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา)).

ณัฏฐพงษ์ เจริญพิทย์. (2542). การวัดผลการเรียนวิทยาศาสตร์. กรุงเทพมหานคร: ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

ทิศนา แขมมณี. (2545). ศาสตร์การสอน : องค์ความรู้เพื่อการจัดการกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ (4). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ธัญญะ โพธิ์รัง. (2550). การสร้างชุดทดลองวิชากลศาสตร์ สาหรับนักเรียนนายร้อยชั้นปีที่ 1 โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. (วิทยานิพนธ์ ศษ.ม. (หลักสูตรและการสอน)).

บุญชม ศรีสะอาด. (2545). พื้นฐานการวิจัยเบื้องต้น (พิมพ์ครั้งที่ 4). มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

บุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์. (2547). รายงานวิจัยเรื่องการพัฒนาโครงการครูนักวิจัยและการประเมินแนวใหม่ (โครงการปีที่ 1 - 2).

พรรณรัตน์ อาภรณ์พิศาล. (2548). การพัฒนาชุดทดลองเรื่องการเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็กสำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 4 จังหวัดนครปฐม. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

พันธ์ ทองชุมนุม. (2544). การสอนวิทยาศาสตร์ ระดับประถมศึกษา. ปัตตานี: มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

พิชิต ฤทธิ์จรูญ. (2549). ระเบียบวิธีการวิจัยทางสังคมศาสตร์. กรุงเทพฯ เฮ้าส์ออฟเคอร์มีสท์.

พิมพ์ประภา อรัญมิตร. (2552). ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนภาษาไทยของนักเรียนชั้น ประถมศึกษาปีที่ 6 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาเลย เขต 3 โดยการวิเคราะห์พหุระดับ. วารสารครุศาสตร์ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย *3*(4).

พิมพันธ์ เดชะคุป์. (2544). การเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญแนวคิดวิธีและเทคนิคการสอน 1. กรุงเทพฯ: เดอะมาสเตอร์กรุ๊ป แมเนจเม้นท์.

พิศิษฐ์ ชำนาญนา. (2558). ปัจจัยที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน คณะวิชาการตลาด มหาวิทยาลัยพณิชยการธนบุรี สังกัดสำนักงานคณะกรรมการอาชีวศึกษา. คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง. (วิทยานิพนธ์ กศ.ม. (การจัดการอาชีวศึกษา)).

แพรวพรรณ ติใหม่. (2558). การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างบรรยากาศในโรงเรียนและบรรยากาศในครอบครัวกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในโรงเรียนสังกัดกรุงเทพมหานคร. คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาวิทยาลัยรามคำแหง. (วิทยานิพนธ์ กศ.ม. (การประเมินและการวิจัยการศึกษา)).

ไพโรจน์ ชำนาญ. (2550). การพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้รูปแบบ 4 MAT มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น. (วิทยานิพนธ์ ศษ.ม.).

ภพ เลาหไพบูลย์. (2542). แนวการสอนวิทยาศาสตร์ (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.

มนต์ชัย สิทธิจันทร์. (2547). ผลของการฝึกจินตนาการในการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ ที่มีต่อสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการจินตนาการ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

ระพีร์พัชญ์ สอนเครือ. (2558). การพัฒนาความเข้าใจเรื่องแสงสีและสารสี และความคาดหวังในวิชาฟิสิกส์ โดยวิธีการเรียนรู้แบบลงมือทำผ่านชุดทดลองสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพมหานคร.

เรวดี มานุ้ย. (2556). การพัฒนาชุดทดลองกลศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ของโรงเรียนพัทลุง. มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา. (วิทยานิพนธ์ ค.ม. (วิทยาศาสตรศึกษา)).

วรรณทนา เสาวรี. (2553). การสร้างปริซึมจากแก้วรีไซเคิลโบโรซิลิเกต สำหรับการสอนวิชาฟิสิกส์. มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. (วิทยานิพนธ์ กศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา), คณะวิทยาศาสตร์).

วัฒนาพร ระงับทุกข์. (2542). การจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง. กรุงเทพมหานคร: ต้นอ้อ 1999.

วันธนา ศิลปะวิลาวัณย์. (2552). ชุดการทดลองเพื่อแก้ไขแนวคิดที่คลาดเคลื่อนของเรื่องคลื่นเสียง. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

วิศาสตร์ ปุญญา. (2550). การพัฒนาและศึกษาประสิทธิภาพชุดทดลองเทคนิคการอินเตอร์เฟส เรื่อง เทคนิคการอินเตอร์เฟสอุปกรณ์ภายนอกพอร์ตและบัสมาตรฐานของเครื่องคอมพิวเตอร์. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

วีรวุฒิ สถิตอภิบาลกุล. (2561). *PHYSICS QUICK EASY* คลื่น เสียง แสง สำหรับนักเรียน ม.ปลาย.

วุฒิชัย ดานะ. (2553). ความสัมพันธ์ระหว่างบรรยากาศและสิ่งแวดล้อมในโรงเรียนกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาในจังหวัดเลย. มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย, เลย. (วิทยานิพนธ์ ค.ม.).

ศศิธร เวียงวะลัย. (2556). การจัดการเรียนรู้. กรุงเทพฯ: โอ.เอส.พริ้นติ้งเฮาส์.

ศักดิ์ชัย เสถียรพีระกุล, พิมพ์พร จันทร์ผง แซนเดอร์ส, และ มาโนชย์ ถนอมวัฒน์. (2557). รายงานผลการวิจัย เรื่อง เทคนิคคลื่นเสียงความถี่สูง สำหรับเพิ่มประสิทธิภาพระบบปฏิบัติการขนาดจิ๋วชนิดโฟลอินเจคชันเคมิลูมิเนสเซนต์ เพื่อการวิเคราะห์สารปนเปื้อนในอาหารบางชนิด. มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

ศักดิ์มงคล ยี่มี, สุวิทย์ คงภักดี, และ ประสงค์ เกษราธิคุณ. (2561). การพัฒนาชุดทดลองเรื่องการผสมแสงสีสำหรับนักเรียน ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ, *21*(3), 199-205.

ศิริชัย กาญจนวาสี. (2556). ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม (พิมพ์ครั้งที่ 7). กรุงเทพฯ: คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศุภชัย ทองเข็ม. (2557). การพัฒนาชุดทดลองทอร์กและโมเมนต์ความเฉื่อยเพื่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนสายปัญญารังสิต. มหาวิทยาลัยรังสิต, ปทุมธานี.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2545). คู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. กรุงเทพมหานคร: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2560). คู่มือการใช้หลักสูตรรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ วิชาฟิสิกส์ ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับ ปรับปรุง 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. https://www.scimath.org/e-books/8437/flippingbook/90/index.html

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.). (2546). การจัดสาระการเรียนรู้กลุ่มวิทยาศาสตร์ หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน. กรุงเทพฯ: องค์การค้าของคุรุสภา.

สมนึก ภัททิยธนี. (2549). การวัดผลการศึกษา (พิมพ์ครั้งที่ 5). กาฬสินธุ์: ประสานการพิมพ์.

สมบูรณ์ สงวนญาติ. (2534). เทคโนโลยีทางการเรียนการสอน. กรุงเทพมหานคร: กรมการฝึกหัดครู กระทรวงศึกษาธิการ.

สมภาร เชื้ออ่อน. (2554). การใช้เทคนิคการสืบเสาะหาความรู้เป็นกลุ่มในการทดลองเพื่อเพิ่มความเข้าใจแนวคิดเกี่ยวกับไฟฟ้าและแม่เหล็กของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6. มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, อุบลราชธานี.

สมหวัง ครุรัตน์. (2535). การทำอุปกรณ์อย่างง่าย. กรุงเทพมหานคร: ภาควิชาเทคโนโลยีทาง

การศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

สาทิตย์ ศรีมุงคุณ, และ นิมิต ชมนาวัง. ระบบของไหลจุลภาค (Microfluidics). https://www.slri.or.th/th/beamline/bl13w.html?view=article&id=377:2011-03-05-16-11-29&catid=58

สายฝน พูลผล. (2554). การพัฒนาชุดทดลองเรื่องคลื่นเสียงสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, อุบลราชธานี.

สาโรจน์ แพงยัง. (2529). สื่อการสอน. กรุงเทพมหานคร: ม.ป.ท.

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (2549). การจัดการเรียนรู้ของครูนักปฏิรูป. วารสารวิชาการ.

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (2560). ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, และ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2560). ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

สิปปนนท์ เกตุทัต. (2541). การประชุมเชิงปฏิบัติการระดมความคิดครูผู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง วิสัยทัศน์การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ยุคหลังปี ค.ศ. 2000. กรุงเทพมหานคร: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สิริพร ทิพย์คง. (2545). หลักสูตรและการสอนคณิตศาสตร์. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์บริษัทพัฒนาคุณภาพวิชาการ (พว.) จำกัด.

สุคนธ์ สินธพานนท์. (2558). การจัดการเรียนรู้ของครูยุคใหม่ เพื่อพัฒนาทักษะของผู้เรียนในศตวรรษที่ 21. กรุงเทพฯ: ห้างหุ้นส่วนจำกัด 9119 เทคนิคพริ้นติ้ง.

อัมพวา รักบิดา. (2549). ผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคมต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนความสามารถในการคิดแก้ปัญหา และความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี. (วิทยานิพนธ์ กศ.ม.).

อัษฎา วรรณกายนต์. (2551). การพัฒนาชุดทดลองสื่อประสม เรื่องการอินเทอร์เฟสพอร์ตขนาน

สำหรับนักศึกษาปริญญาตรี. มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือ

รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือ

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธีรพงษ์ แสงประดิษฐ์
   ตำแหน่ง อาจารย์ประจำศูนย์วิทยาศาสตรศึกษา

   คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จตุรงค์ สุคนธชาติ
   ตำแหน่ง อาจารย์ประจำภาควิชาฟิสิกส์

   คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.โชคชัย พุทธรักษา
   ตำแหน่ง อาจารย์ประจำภาควิชาฟิสิกส์

   คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ภาคผนวก ข หนังสือขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือ

บันทึกข้อความ

ส่วนงาน งานบริหารและธุรการ บัณฑิตวิทยาลัย โทร. 15644

ที่ อว 8718.1/1812 **วันที่** 16 สิงหาคม 2564

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เชิญบุคลากรในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

เนื่องด้วย นางสาวหทัยวัฒน์ พละศักดิ์ นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนาชุดทดลอง เรื่อง การผสมแสงสีและสารสีด้วยการใช้แนวคิดไมโครฟลูอิดิกอย่างง่าย สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย” โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภูณิศรา ลิ้มนนทกุล และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนินันท์ พฤกษ์ประมูล เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์

ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัยขอเรียนเชิญ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธีรพงษ์ แสงประดิษฐ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จตุรงค์ สุคนธชาติ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.โชคชัย พุทธรักษา เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจ 1) แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และ 2) ชุดทดลอง เรื่อง “การผสมแสงสีและสารสี” ทั้งนี้ นิสิตได้ติดต่อประสานงานเบื้องต้นกับบุคลากรของท่านแล้ว และจะประสานงานในรายละเอียดดังกล่าวต่อไป สามารถสอบถามข้อมูลเพิ่มเติมได้ที่ โทร. 081 523 9542

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์บุคลากรในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญให้ นางสาวหทัยวัฒน์ พละศักดิ์ และขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

ภาคผนวก ค เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. **กลุ่มสาระการเรียนรู้** วิทยาศาสตร์

2. **ระดับชั้น** ม.5

3. **สาระวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม (ฟิสิกส์)**

4. **ผลการเรียนรู้** สังเกตและอธิบายการมองเห็นแสงสีและสีของวัตถุ

5. **ระดับพฤติกรรม** O การจำ ☪ การเข้าใจ O การนำไปใช้ O การวิเคราะห์ O การประเมินค่า O การสร้างสรรค์

โจทย์/คำถาม

1. ถ้าเราจ้องมองแผ่นกระดาษสีเขียวเป็นเวลานานชั่วครู่ แล้วหันไปมองก้อนเมฆสีขาวบนท้องฟ้า เราจะเห็นก้อนเมฆเป็นสีอะไร

ตัวเลือก

ก. สีเขียว

ข. สีเหลือง

ค. สีแดงม่วง

ง. สีน้ำเงินเขียว

ตัวเลือกที่ถูก ข้อ ค.

เหตุผล ขณะที่เราจ้องกระดาษสีเขียวเป็นเวลานาน ๆ จะทำให้เซลล์รูปกรวยที่ไวต่อแสงสีเขียวทำงานหนัก จึงเกิดความล้า แต่เซลล์ที่ไวต่อแสงสีแดงและเซลล์ที่ไวต่อแสงสีน้ำเงินทำงานได้ปกติ เมื่อเรามองก้อนเมฆจึงมองเห็นเป็นสีแดงม่วง

1. **กลุ่มสาระการเรียนรู้** วิทยาศาสตร์

2. **ระดับชั้น** ม.5

3. **สาระวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม (ฟิสิกส์)**

4. **ผลการเรียนรู้** สังเกต อธิบาย และทำการทดลองเรื่องการผสมแสงสีได้

5. **ระดับพฤติกรรม** ☑ การจำ O การเข้าใจ O การนำไปใช้ O การวิเคราะห์ O การประเมินค่า O การสร้างสรรค์

โจทย์/คำถาม

2. แสงสีเขียวผสมกับแสงสีแดงได้สีอะไร

ตัวเลือก

ก. แดงม่วง

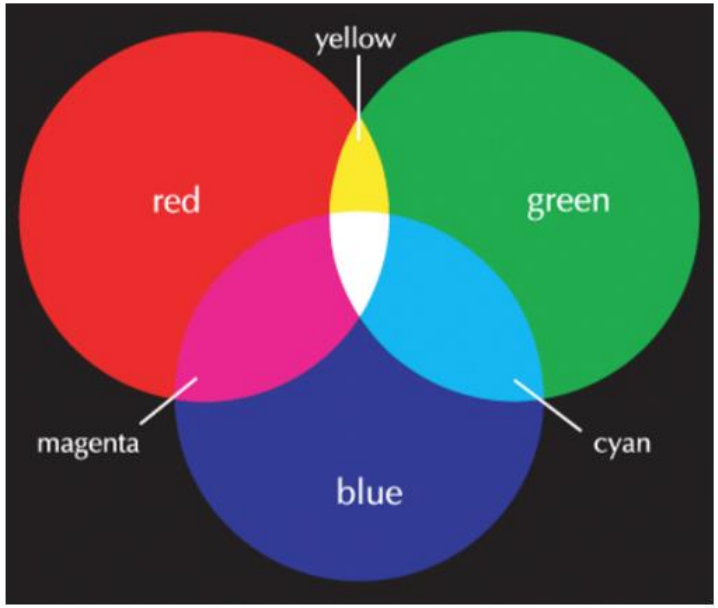
ข. แดงเขียว

ค. น้ำเงิน

ง. เหลือง

ตัวเลือกที่ถูก ข้อ ง.

เหตุผล แสงสีเขียวผสมกับแสงสีแดง จะได้แสงสีเหลือง



1. **กลุ่มสาระการเรียนรู้** วิทยาศาสตร์

2. **ระดับชั้น** ม.5

3. **สาระวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม (ฟิสิกส์)**

4. **ผลการเรียนรู้** สังเกต อธิบาย และทำการทดลองเรื่องการผสมแสงสีได้

5. **ระดับพฤติกรรม** ☑ การจำ O การเข้าใจ O การนำไปใช้ O การวิเคราะห์ O การประเมินค่า O การสร้างสรรค์

โจทย์/คำถาม

3. เรา**ไม่**สามารถผสมแสงสีสีใดได้

ตัวเลือก

ก. สีขาว

ข. สีดำ

ค. สีน้ำเงินเขียว

ง. เหลือง

ตัวเลือกที่ถูก ข้อ ข.

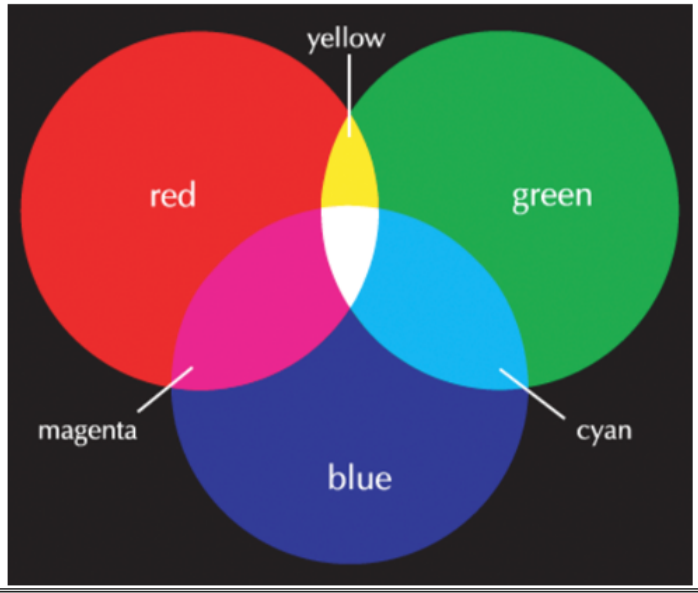
เหตุผล สีดำจะสามารถเกิดขึ้นได้เฉพาะการผสมของสารสีเท่านั้น

คำอธิบายข้อที่ผิด

ข้อ ก. การผสมกันของแสงปฐมภูมิทั้งสามสี หรือ การผสมคู่สีเติมเต็มของแสงสี จะทำให้ได้แสงขาว

ข้อ ค. แสงสีน้ำเงินเขียวเกิดจากแสงสีน้ำเงินผสมกับแสงสีเขียว

ข้อ ง. แสงสีเหลืองเกิดจากการผสมกันของแสงสีแดงและแสงสีเขียว



1. **กลุ่มสาระการเรียนรู้** วิทยาศาสตร์
2. **ระดับชั้น** ม.5
3. **สาระวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม (ฟิสิกส์)**
4. **ผลการเรียนรู้** สังเกต อธิบาย และทำการทดลองเรื่องการผสมแสงสีได้
5. **ระดับพฤติกรรม** O การจำ ◔ การเข้าใจ O การนำไปใช้ O การวิเคราะห์ O การประเมินค่า O การสร้างสรรค์

โจทย์/คำถาม

4. จงพิจารณาข้อความต่อไปนี้ข้อใดกล่าว**ผิด**

ตัวเลือก

ก. แสงสีปฐมภูมิ คือ แสงสีแดง เขียว น้ำเงิน

ข. สารสีปฐมภูมิ คือ สีเหลือง แดงม่วง น้ำเงินเขียว

ค. แสงสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน รวมกันได้แสงขาว

ง. สารสีแดง และน้ำเงินเขียว รวมกันได้สีขาว

ตัวเลือกที่ถูก ข้อ ง.

เหตุผล สารสีแดงและสารสีเขียวเป็นสีเติมเต็มของสารสี ทำให้เกิดสารสีขาว

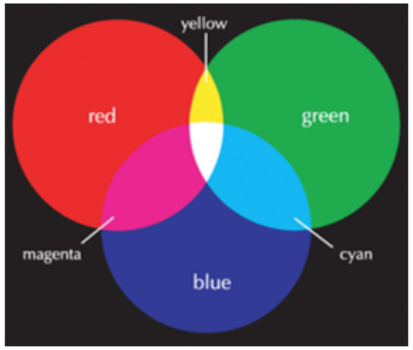
คำอธิบายข้อที่ผิด

ข้อ ก. แสงสีปฐมภูมิ คือ แสงสีแดง เขียว น้ำเงิน

ข้อ ข. สารสีปฐมภูมิ คือ สีเหลือง แดงม่วง น้ำเงินเขียว

ข้อ ค. แสงสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน เป็นแสงสีปฐมภูมิ เมื่อนำมาผสมกันจะทำให้เกิดเป็นแสงขาว

การผสมสารสี



การผสมแสงสี

1. **กลุ่มสาระการเรียนรู้** วิทยาศาสตร์
2. **ระดับชั้น** ม.5
3. **สาระวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม (ฟิสิกส์)**
4. **ผลการเรียนรู้** สังเกต อธิบาย และทำการทดลองเรื่องการผสมแสงสีได้
5. **ระดับพฤติกรรม** O การจำ ☪ การเข้าใจ O การนำไปใช้ O การวิเคราะห์ O การประเมินค่า O การสร้างสรรค์

โจทย์/คำถาม

5. แสงสีคู่ใดต่อไปนี้เป็นสีเติมเต็มของกันและกัน

ตัวเลือก

ก. น้ำเงิน - น้ำเงินเขียว

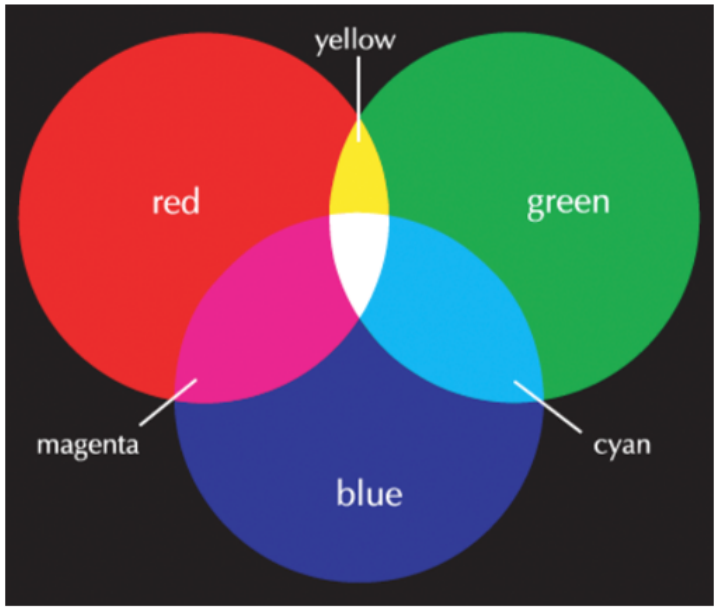
ข. แดง - เขียว

ค. เขียว – แดงม่วง

ง. น้ำเงิน - แดงม่วง

ตัวเลือกที่ถูก ข้อ ค.

เหตุผล สีเติมเต็มของแสงสี คือแสงสีสองแสงสีที่ผสมกันแล้วเห็นเป็นแสงขาว ได้แก่ สีน้ำเงินเขียว-สีแดง สีแดงม่วง-สีเขียว สีเหลือง-สีน้ำเงิน



คำอธิบายข้อที่ผิด

ข้อ ก. ข. และ ง. ไม่ใช่สีเติมเต็มของแสง

1. **กลุ่มสาระการเรียนรู้** วิทยาศาสตร์

2. **ระดับชั้น** ม.5

3. **สาระวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม (ฟิสิกส์)**

4. **ผลการเรียนรู้** สังเกต อธิบาย และทำการทดลองเรื่องการผสมแสงสีได้

5. **ระดับพฤติกรรม** O การจำ O การเข้าใจ ☪ การนำไปใช้ O การวิเคราะห์ O การประเมินค่า O การสร้างสรรค์

โจทย์/คำถาม

6. พาริสจะไปเข้าร่วมงานปาร์ตี้ของโรงเรียน โดยภายในงานจะแบ่งออกเป็น 2 โซน คือ โซน A เป็นบริเวณที่ฉายด้วยแสงสีขาว และโซน B เป็นบริเวณที่ฉายด้วยแสงสีแดงม่วง ถามว่าพาริสจะต้องทำอย่างไรจึงจะเห็นเสื้อเป็นสีน้ำเงิน

ตัวเลือก

ก. สวมชุดสีน้ำเงิน ไปยืนบริเวณโซน A

ข. สวมชุดสีเขียว ไปยืนบริเวณโซน B

ค. สวมชุดสีน้ำเงินเขียว ไปยืนบริเวณโซน B

ง. ข้อ ก. หรือ ค. ก็ได้

ตัวเลือกที่ถูก ข้อ ง.

เหตุผล ข้อ ก. มองชุดสีน้ำเงินผ่านแสงขาว จะมองเห็นชุดเป็นสีน้ำเงินดังเดิม

ข้อ ค. มองชุดสีน้ำเงินเขียวผ่านแสงสีแดงม่วง จะมองเห็นชุดเป็นสีน้ำเงิน

คำอธิบายข้อที่ผิด

ข้อ ข. หากสวมชุดสีเขียวไปยืนบริเวณที่มีแสงสีแดงม่วงจะเห็นชุดเป็นสีดำ

1. **กลุ่มสาระการเรียนรู้** วิทยาศาสตร์

2. **ระดับชั้น** ม.5

3. **สาระวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม (ฟิสิกส์)**

4. **ผลการเรียนรู้** สังเกต อธิบาย และทำการทดลองเรื่องการผสมแสงสีได้

5. **ระดับพฤติกรรม** O การจำ O การเข้าใจ O การนำไปใช้ ☑ การวิเคราะห์ O การประเมินค่า O การสร้างสรรค์

โจทย์/คำถาม

7. พิจารณาข้อความต่อไปนี้

a. เมื่อมองแสงขาวผ่านแผ่นกรองแสงสีแดงม่วงและสีน้ำเงินเขียวซ้อนกันจะเห็นเป็นสีน้ำเงิน

b. เมื่อนำน้ำสีเขียวผสมกับน้ำสีแดงม่วงจะได้น้ำสีดำ

c. เมื่อส่องแสงสีเขียวและแสงสีแดงม่วงลงบนฉากสีเหลืองจะเห็นแสงที่รวมกันบนฉากเป็นสีเหลือง

ข้อใดกล่าวถูกต้อง

ตัวเลือก

ก. a.
ข. a. และ b.
ค. b. และ c.
ง. a. b. และ c.

ตัวเลือกที่ถูก ข้อ ง.

เหตุผล a. เมื่อนำแผ่นกรองแสงมาวางซ้อนกันจะพิจารณาตามหลักการผสมสารสี เมื่อมองแสงขาวผ่านแผ่นกรองแสงทั้งสองจึงเห็นเป็นสีน้ำเงิน

b. พิจารณาตามหลักการผสมสารสี สารสีเขียวผสมกับสารสีแดงม่วงจะได้เป็นสารสีดำ

c. พิจารณาตามหลักการผสมแสงสี แสงสีแดงม่วงผสมกับแสงสีเขียวจะได้แสงสีขาว หากนำแสงสีขาวนี้ไปฉายบนฉากสีเหลือง แสงสีเหลืองจะสะท้อนออกมา เราจึงมองเห็นฉากเป็นสีเหลืองนั่นเอง

ดังนั้น a. b. และ c. กล่าวถูกต้อง

1. **กลุ่มสาระการเรียนรู้** วิทยาศาสตร์

2. **ระดับชั้น** ม.5

3. **สาระวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม (ฟิสิกส์)**

4. **ผลการเรียนรู้** สังเกตและอธิบายการมองเห็นแสงสีและสีของวัตถุ

5. **ระดับพฤติกรรม** ☑ การจำ O การเข้าใจ O การนำไปใช้ O การวิเคราะห์ O การประเมินค่า O การสร้างสรรค์

โจทย์/คำถาม

8. การที่เราเห็นวัตถุสีดำเนื่องจากวัตถุนั้นเป็นอย่างไร

ตัวเลือก

ก. ดูดกลืนสีดำ

ข. สะท้อนสีดำ

ค. ดูดกลืนทุกสี

ง. สะท้อนทุกสี

ตัวเลือกที่ถูก ข้อ ค.

เหตุผล การมองเห็นวัตถุเป็นสีดำเกิดจากการดูดกลืนแสงทุกสีที่มาตกกระทบ ทำให้ไม่มีแสงสีใดสะท้อนกลับเข้าดวงตาเลย

1. **กลุ่มสาระการเรียนรู้** วิทยาศาสตร์

2. **ระดับชั้น** ม.5

3. **สาระวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม (ฟิสิกส์)**

4. **ผลการเรียนรู้** สังเกตและอธิบายการมองเห็นแสงสีและสีของวัตถุ

5. **ระดับพฤติกรรม** O การจำ ☑ การเข้าใจ O การนำไปใช้ O การวิเคราะห์ O การประเมินค่า O การสร้างสรรค์

โจทย์/คำถาม

9. การที่เรามองเห็นวัตถุเป็นสีขาวเกิดจากการทำงานของเซลล์ประสาทใด

ตัวเลือก

ก. เซลล์ที่ไวต่อแสงสีแดง

ข. เซลล์ที่ไวต่อแสงสีเขียว

ค. เซลล์ที่ไวต่อแสงสีน้ำเงิน

ง. ถูกทุกข้อ

ตัวเลือกที่ถูก ข้อ ง.

เหตุผล เมื่อแสงตกกระทบเข้าดวงตาเรา เซลล์รูปกรวยจะถูกกระตุ้นตามสัดส่วนแสงที่ตกกระทบ ซึ่งเซลล์ที่ไวต่อแสงสีแดง เซลล์ที่ไวต่อแสงเขียว และเซลล์ที่ไวต่อแสงน้ำเงิน จะถูกกระตุ้นหมด จึงทำให้เรามองเห็นวัตถุเป็นสีขาว

1. **กลุ่มสาระการเรียนรู้** วิทยาศาสตร์
2. **ระดับชั้น** ม.5
3. **สาระวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม (ฟิสิกส์)**
4. **ผลการเรียนรู้** สังเกต อธิบาย และทำการทดลองการผสมสารสีได้
5. **ระดับพฤติกรรม** ☑ การจำ O การเข้าใจ O การนำไปใช้ O การวิเคราะห์ O การประเมินค่า O การสร้างสรรค์

โจทย์/คำถาม

10. ข้อใดเป็นสารสีปฐมภูมิ

ตัวเลือก

ก. สีเหลือง สีแดง และสีน้ำเงิน

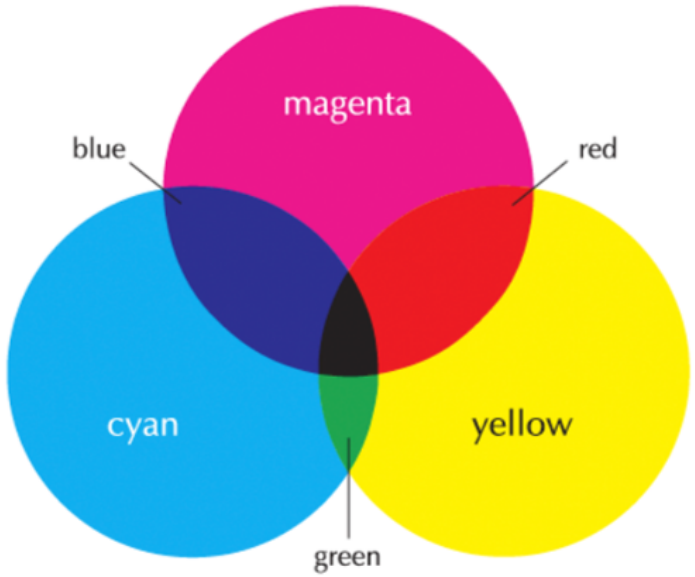
ข. สีเหลือง สีแดงส้ม และสีเขียว

ค. สีเหลือง สีแดงม่วง และน้ำเงิน

ง. สีเหลือง สีแดงม่วง และสีน้ำเงินเขียว

ตัวเลือกที่ถูก ข้อ ง.

เหตุผล สารสีที่ไม่อาจจะสร้างขึ้นมาได้จากการผสมสารสีต่าง ๆ ได้ เรียกว่า สารสีปฐมภูมิ (primary color) ประกอบด้วยสารสี 3 สี ได้แก่ สีแดงม่วง น้ำเงินเขียว และเหลือง



คำอธิบายข้อที่ผิด

ข้อ ก. ข. และ ค. ผิด เพราะสารสีน้ำเงิน แดงส้ม เขียว ไม่ใช่สารสีปฐมภูมิ

1. **กลุ่มสาระการเรียนรู้** วิทยาศาสตร์

2. **ระดับชั้น** ม.5

3. **สาระวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม (ฟิสิกส์)**

4. **ผลการเรียนรู้** สังเกต อธิบาย และทำการทดลองการผสมสารสีได้

5. **ระดับพฤติกรรม** ☑ การจำ O การเข้าใจ O การนำไปใช้ O การวิเคราะห์ O การประเมินค่า O การสร้างสรรค์

โจทย์/คำถาม

11. สารสีอะไรที่**ไม่**สามารถทำให้เกิดขึ้นได้ด้วยวิธีการผสมสารสี

ตัวเลือก

ก. สีขาว

ข. สีดำ

ค. สีม่วง

ง. สีเขียว

ตัวเลือกที่ถูก ข้อ ก.

เหตุผล การผสมสารสีไม่สามารถทำให้เกิดสารสีขาวได้ แต่หากเป็นการผสมแสงสีจะสามารถทำให้เกิดแสงขาวได้

1. **กลุ่มสาระการเรียนรู้** วิทยาศาสตร์

2. **ระดับชั้น** ม.5

3. **สาระวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม (ฟิสิกส์)**

4. **ผลการเรียนรู้** สังเกตและอธิบายการมองเห็นแสงสีและสีของวัตถุ

5. **ระดับพฤติกรรม** O การจำ ☪ การเข้าใจ O การนำไปใช้ O การวิเคราะห์ O การประเมินค่า O การสร้างสรรค์

โจทย์/คำถาม

12. สารสีใดเป็นสารสีเติมเต็มของกันและกัน

ตัวเลือก

ก. แดง - เขียว

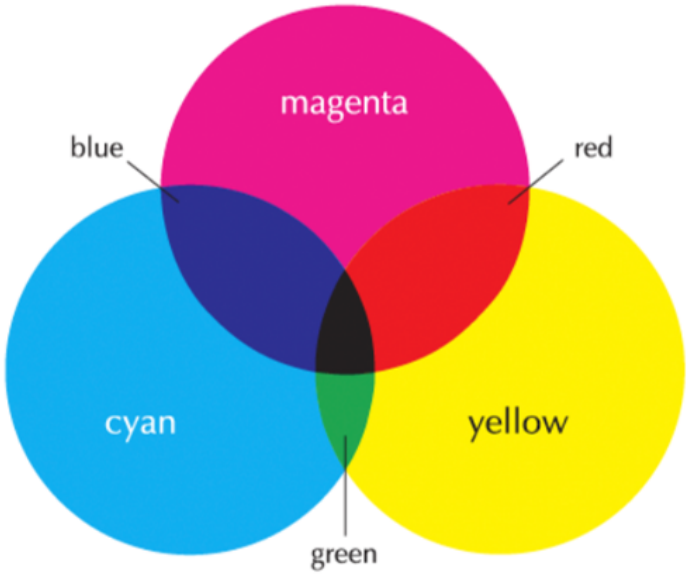
ข.น้ำเงิน - เหลือง

ค. เหลือง - แดงม่วง

ง. แดงม่วง – น้ำเงิน

ตัวเลือกที่ถูก ข้อ ก.

เหตุผล สีเติมเต็มของสารสี คือ สารสีปฐมภูมิที่นำไปผสมกับสารสีทุติยภูมิหนึ่งแล้วได้เป็นสารสีดำ ได้แก่ น้ำเงิน – เหลือง แดง-น้ำเงินเขียว แดงม่วง-เขียว



คำอธิบายข้อที่ผิด

ข้อ ข. ค. ง. ไม่ใช่สารสีเติมเต็มของกันและกัน

1. **กลุ่มสาระการเรียนรู้** วิทยาศาสตร์
2. **ระดับชั้น** ม.5
3. **สาระวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม (ฟิสิกส์)**
4. **ผลการเรียนรู้** สังเกต อธิบาย และทำการทดลองการผสมสารสีได้
5. **ระดับพฤติกรรม** O การจำ ☪ การเข้าใจ O การนำไปใช้ O การวิเคราะห์ O การประเมินค่า O การสร้างสรรค์

โจทย์/คำถาม

13. ถ้าต้องการพิมพ์ภาพหัวใจสีแดง ภาพที่ได้เป็นภาพที่เกิดจากการผสมสีของหมึกพิมพ์สีใด

ตัวเลือก

ก. สีน้ำเงิน กับ สีม่วง

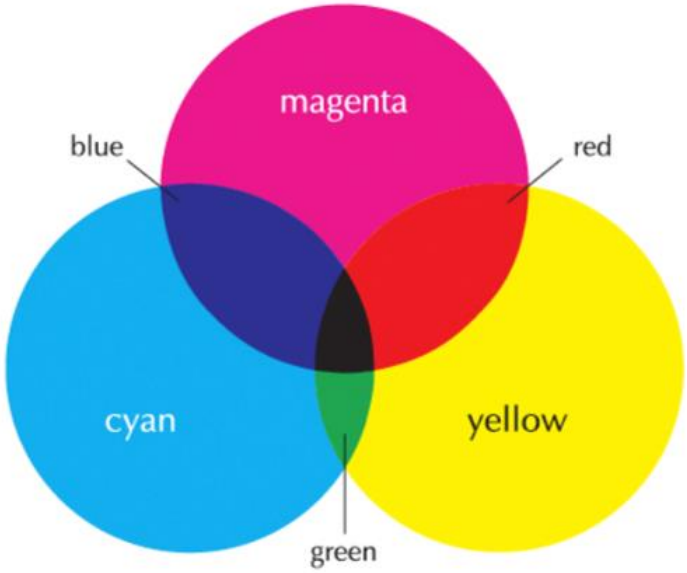
ข. สีเหลือง กับ สีแดงม่วง

ค. สีน้ำเงินเขียว กับ สีแดงม่วง

ง. ไม่ต้องผสมสีใดเพราะเป็นสีปฐมภูมิอยู่แล้ว

ตัวเลือกที่ถูก ข้อ ข.

เหตุผล หมึกพิมพ์ประกอบด้วยสารสี 3 สี คือ สารสีน้ำเงินเขียว สารสีเหลือง และสารสีแดงม่วง หากต้องการพิมพ์ภาพสีแดงจะต้องผสมหมึกพิมพ์สีแดงม่วงและเหลืองเข้าด้วยกัน



คำอธิบายข้อที่ผิด

ข้อ ก. และ ค. ผสมกันแล้วไม่ทำให้เกิดเป็นภาพสีแดง

ข้อ ง. สารสีแดงไม่ใช่สารสีปฐมภูมิ

1. **กลุ่มสาระการเรียนรู้** วิทยาศาสตร์

2. **ระดับชั้น** ม.5

3. **สาระวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม (ฟิสิกส์)**

4. **ผลการเรียนรู้** สังเกต อธิบาย และทำการทดลองการผสมสารสีได้

5. **ระดับพฤติกรรม** O การจำ O การเข้าใจ ☪ การนำไปใช้ O การวิเคราะห์ O การประเมินค่า O การสร้างสรรค์

โจทย์/คำถาม

14. ถ้านำสารสีเหลืองมาผสมสารสีน้ำเงินเขียว แล้วทาผนังห้องห้องหนึ่ง อยากทราบว่าต้องทำอย่างไรจึงจะเห็นผนังห้องเป็นสีดำ

ตัวเลือก

ก. เปิดไฟสีเขียว

ข. เปิดไฟสีแดง

ค. เปิดไฟสีเหลือง

ง. เปิดไฟสีขาว

ตัวเลือกที่ถูก ข้อ ง.

เหตุผล เมื่อนำสารสีเหลืองมาผสมสารสีน้ำเงินเขียว จะเกิดเป็นสารสีเขียว จากนั้นหากนำแสงสีแดงมาฉายลงบนสารดังกล่าวจะเห็นสารนั้นเป็นสีดำ

1. **กลุ่มสาระการเรียนรู้** วิทยาศาสตร์
2. **ระดับชั้น** ม.5
3. **สาระวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม (ฟิสิกส์)**
4. **ผลการเรียนรู้** สังเกต อธิบาย และทำการทดลองการผสมสารสีได้
5. **ระดับพฤติกรรม** O การจำ O การเข้าใจ O การนำไปใช้ ☑ การวิเคราะห์ O การประเมินค่า O การสร้างสรรค์

โจทย์/คำถาม

15. ข้อใดต่อไปนี้ไม่เป็นไปตามหลักการผสมสารสี

ตัวเลือก

ก. เมื่อนำสารสีปฐมภูมิทั้งสามสีมาผสมกันในอัตราส่วนที่เท่ากันจะได้สารสีดำ

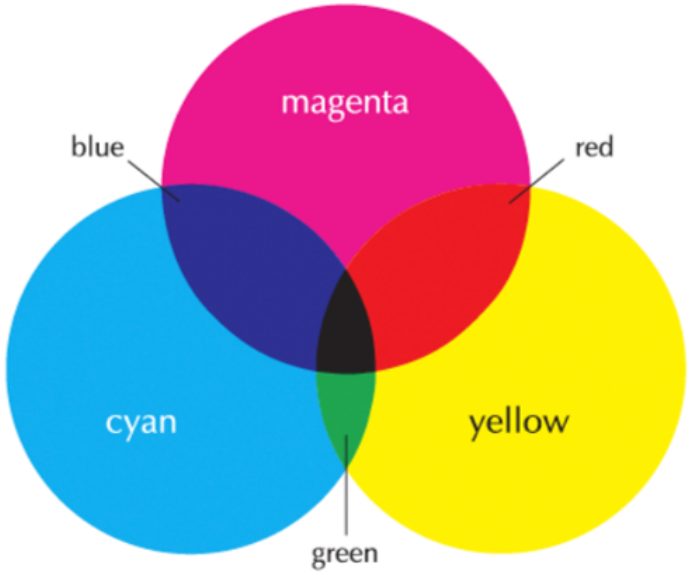
ข. เมื่อนำสารสีแดงม่วงมาผสมกับสารสีเขียวจะได้สารสีดำ

ค. เมื่อนำสารสีน้ำเงินเขียวมาผสมกับสารสีเหลืองจะได้สารสีเขียว

ง. เมื่อนำสารสีแดงมาผสมกับสารสีน้ำเงินจะได้สารสีแดงม่วง

ตัวเลือกที่ถูก ข้อ ง.

เหตุผล เมื่อนำสารสีแดงสีแดงมารวมกันกับสารสีน้ำเงินจะไม่ทำให้เกิดเป็นสารสีแดงม่วง



คำอธิบายข้อที่ผิด

ข้อ ก. สารสีแดงม่วง + สารสีน้ำเงินเขียว + สารสีเหลือง = สารสีดำ

ข้อ ข. สารสีแดงม่วงกับสารสีเขียวเป็นสารสีเดิมเต็ม จึงรวมกันได้เป็นสารสีดำ

ข้อ ค. สารสีน้ำเงินเขียว + สารสีเหลือง = สารสีเขียว

บัตรข้อสอบ (item card) แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (หลังเรียน) เรื่อง การผสมสารสีและแสงสี

1. **กลุ่มสาระการเรียนรู้** วิทยาศาสตร์
2. **ระดับชั้น** ม.5
3. **สาระวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม (ฟิสิกส์)**
4. **ผลการเรียนรู้** สังเกตและอธิบายการมองเห็นแสงสีและสีของวัตถุ
5. **ระดับพฤติกรรม** O การจำ ✓ การเข้าใจ O การนำไปใช้ O การวิเคราะห์ O การประเมินค่า O การสร้างสรรค์

โจทย์/คำถาม

1. ถ้าตาของเรามองแสงสีน้ำเงินนาน ๆ แล้วเปลี่ยนไปดูแสงสีขาวทันที ตาของเราจะมองเห็นเป็นแสงสีใด

ตัวเลือก

ก. สีขาว

ข. สีเขียว

ค. สีน้ำเงิน

ง. สีเหลือง

ตัวเลือกที่ถูก ข้อ ง.

เหตุผล นัยน์ตาของเราประกอบไปด้วยเซลล์รูปกรวย 3 ชนิด ได้แก่ เซลล์ที่ไวต่อแสงสีแดง เซลล์ที่ไวต่อแสงสีเขียว และเซลล์ที่ไวต่อแสงสีน้ำเงิน เมื่อแสงตกกระทบเข้าดวงตาเรา เซลล์รูปกรวยจะถูกกระตุ้นตามสัดส่วนแสงที่ตกกระทบ หากเรามองแสงสีน้ำเงินเป็นเวลานาน ๆ เซลล์ที่ไวต่อแสงสีน้ำเงินจะถูกกระตุ้นจนเกิดความล้า เมื่อเปลี่ยนมามองแสงสีขาว ซึ่งประกอบไปด้วยแสงสีแดง แสงสีเขียว และแสงสีน้ำเงิน เซลล์ที่ไวต่อแสงสีน้ำเงินยังมีอาการล้าอยู่ ทำให้มีเพียงเซลล์ที่ไวต่อแสงสีแดง และสีเขียวถูกกระตุ้น ทำให้เห็นเป็นแสงสีที่เกิดจากการผสมกันของแสงสีแดงและแสงสีเขียว นั่นคือ แสงสีเหลืองนั่นเอง

1. **กลุ่มสาระการเรียนรู้** วิทยาศาสตร์

2. **ระดับชั้น** ม.5

3. **สาระวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม (ฟิสิกส์)**

4. **ผลการเรียนรู้** สังเกต อธิบาย และทำการทดลองเรื่องการผสมแสงสีได้

5. **ระดับพฤติกรรม** ☪ การจำ O การเข้าใจ O การนำไปใช้ O การวิเคราะห์ O การประเมินค่า O การสร้างสรรค์

โจทย์/คำถาม

2. ถ้าฉายแสงสีแดงและสีน้ำเงินไปบนฉากสีน้ำเงินเขียว จะเห็นเป็นสีอะไร

ตัวเลือก

ก. แดง

ข. น้ำเงิน

ค. ม่วง

ง. น้ำเงินเขียว

ตัวเลือกที่ถูก ข้อ ข.

เหตุผล พิจารณาการผสมแสงสีแดงกับแสงสีน้ำเงินได้แสงสีม่วงแดง เมื่อฉายบนฉากสีน้ำเงินเขียวจะเห็นแสงบนฉากเป็นสีน้ำเงิน

1. **กลุ่มสาระการเรียนรู้** วิทยาศาสตร์

2. **ระดับชั้น** ม.5

3. **สาระวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม (ฟิสิกส์)**

4. **ผลการเรียนรู้** สังเกต อธิบาย และทำการทดลองเรื่องการผสมแสงสีได้

5. **ระดับพฤติกรรม** ☑ การจำ ○ การเข้าใจ ○ การนำไปใช้ ○ การวิเคราะห์ ○ การประเมินค่า ○ การสร้างสรรค์

โจทย์/คำถาม

3. สีใดต่อไปนี้ไม่สามารถเกิดขึ้นได้จากการผสมแสงสี

ตัวเลือก

ก. ดำ

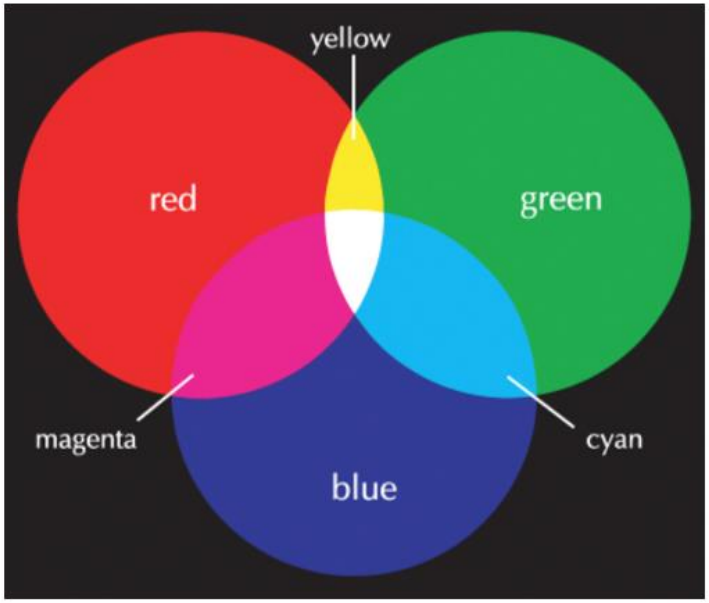
ข. ขาว

ค. เขียว

ง. น้ำเงิน

ตัวเลือกที่ถูก ข้อ ก.

จากหลักการผสมแสงสี จะไม่สามารถทำให้เกิดแสงสีดำ ดังภาพ



1. **กลุ่มสาระการเรียนรู้** วิทยาศาสตร์

2. **ระดับชั้น** ม.5

3. **สาระวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม (ฟิสิกส์)**

4. **ผลการเรียนรู้** สังเกต อธิบาย และทำการทดลองเรื่องการผสมแสงสีได้

5. **ระดับพฤติกรรม** O การจำ ☑ การเข้าใจ O การนำไปใช้ O การวิเคราะห์ O การประเมินค่า O การสร้างสรรค์

โจทย์/คำถาม

4. การผสมแสงสีในข้อใด**ไม่**ถูกต้อง

ตัวเลือก

ก. ลูกบอลสีขาวเมื่อส่องดูด้วยแสงสีแดง จะเห็นเป็นสีแดง

ข. กล่องสีเขียวเมื่อส่องดูด้วยแสงสีแดง จะเห็นเป็นสีแดง

ค. ปากกาสีเหลืองเมื่อส่องดูด้วยแสงสีแดง จะเห็นเป็นสีแดง

ง. แอปเปิ้ลสีแดงเมื่อส่องดูด้วยแสงสีเขียวจะเป็นสีดำ

ตัวเลือกที่ถูก ข้อ ข.

เหตุผล กล่องสีเขียวส่องด้วยแสงสีแดง จะไม่เห็นเป็นสีแดง แต่จะเห็นกล่องเป็นสีดำ

ข้อ ข. จึงกล่าวไม่ถูกต้อง

1. **กลุ่มสาระการเรียนรู้** วิทยาศาสตร์
2. **ระดับชั้น** ม.5
3. **สาระวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม (ฟิสิกส์)**
4. **ผลการเรียนรู้** สังเกต อธิบาย และทำการทดลองเรื่องการผสมแสงสีได้
5. **ระดับพฤติกรรม** O การจำ ☑ การเข้าใจ O การนำไปใช้ O การวิเคราะห์ O การประเมินค่า O การสร้างสรรค์

โจทย์/คำถาม

5. แสงสีคู่ใดเมื่อนำมาฉายผสมกันบนฉากสีขาวแล้วจะได้แสงขาว

ตัวเลือก

ก. น้ำเงิน - เหลือง

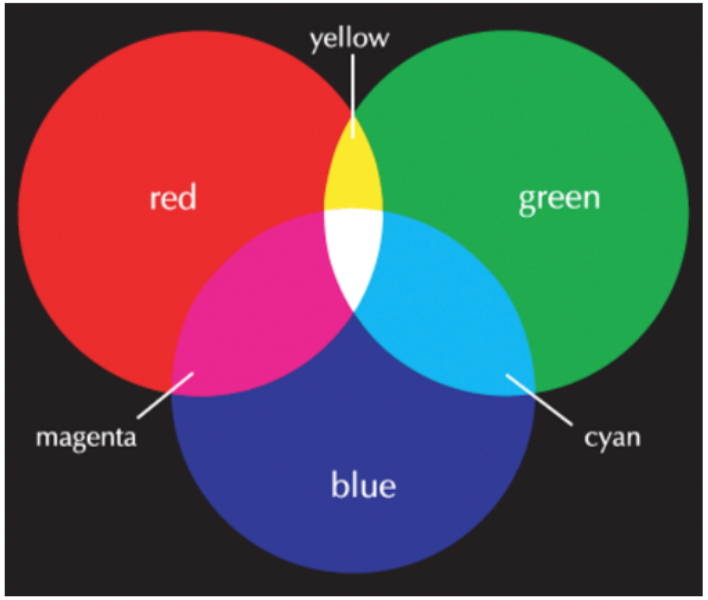
ข. แดง - เขียว

ค. ม่วง - น้ำเงิน

ง. เหลือง – แดง

ตัวเลือกที่ถูก ข้อ ก.

เหตุผล พิจารณาว่าแสงสีใดที่ผสมกันแล้วได้แสงสีขาวได้โดยตรง จะได้ว่า แสงสีเหลืองและแสงสีน้ำเงินผสมกันได้แสงสีขาว



คำอธิบายข้อที่ผิด

การผสมกันของคู่แสงสีในข้อ ข้อ ข. ค. และ ง. ไม่ทำให้เกิดแสงขาว

1. **กลุ่มสาระการเรียนรู้** วิทยาศาสตร์

2. **ระดับชั้น** ม.5

3. **สาระวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม (ฟิสิกส์)**

4. **ผลการเรียนรู้** สังเกต อธิบาย และทำการทดลองเรื่องการผสมแสงสีได้

5. **ระดับพฤติกรรม** O การจำ O การเข้าใจ ☑ การนำไปใช้ O การวิเคราะห์ O การประเมินค่า O การสร้างสรรค์

โจทย์/คำถาม

6. อลิสสวมเสื้อดังรูป a. หากต้องการให้เสื้อเป็นไปตามรูป b. อลิสต้องทำอย่างไร

a.

b.

ตัวเลือก

ก. ยืนในห้องที่มีแสงสีเหลือง

ข. ยืนในห้องที่เปิดไฟสีเหลือง ผสมกับแสงสีน้ำเงินเขียว

ค. ยืนในห้องที่มีแสงสีแดง

ง. ยืนในห้องที่เปิดไฟสีแดงม่วง ผสมกับแสงสีเหลือง

ตัวเลือกที่ถูก ข้อ ก.

เหตุผล เสื้อมี 2 สี คือ สีน้ำเงินเขียว และสีน้ำเงิน เมื่อพิจารณาการผสมสารสี พบว่า

สีน้ำเงินเขียว + สีเหลือง = สีเขียว

และสีน้ำเงิน + สีเหลือง = สีดำ

ดังนั้น อลิสต้องไปยืนอยู่ในห้องที่มีแสงไฟสีเหลือง

1. **กลุ่มสาระการเรียนรู้** วิทยาศาสตร์
2. **ระดับชั้น** ม.5
3. **สาระวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม (ฟิสิกส์)**
4. **ผลการเรียนรู้** สังเกต อธิบาย และทำการทดลองเรื่องการผสมแสงสีได้
5. **ระดับพฤติกรรม** O การจำ O การเข้าใจ O การนำไปใช้ ☪ การวิเคราะห์ O การประเมินค่า O การสร้างสรรค์

โจทย์/คำถาม

7. หมวกใบหนึ่งส่องด้วยแสงสีขาว เมื่อมองผ่านแผ่นกรองแสงสีแดง จะเห็นเป็นสีแดง ถ้ามองผ่านแผ่นกรองแสงสีเขียว จะเห็นเป็นสีเขียว ถ้ามองผ่านแผ่นกรองแสงสีเหลืองจะเห็นเป็นสีเหลือง หมวกใบนี้สีอะไร

ตัวเลือก

ก. น้ำเงิน

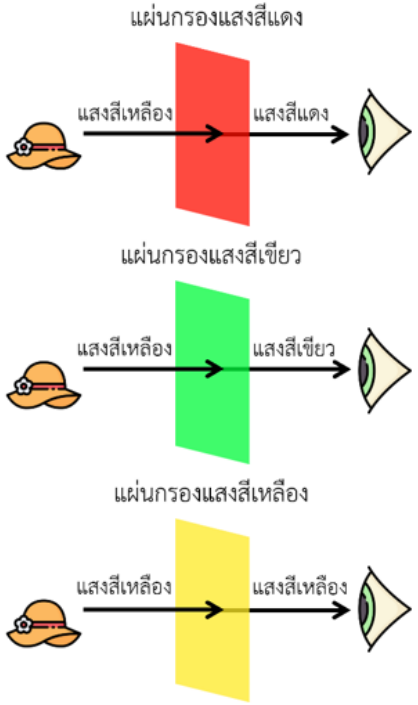
ข. แดง

ค. เขียว

ง. เหลือง

ตัวเลือกที่ถูก ข้อ ง.

เหตุผล ดอกไม้เป็นสีเหลือง เนื่องจากแสงผ่านแผ่นกรองแสงดังรูป



1. **กลุ่มสาระการเรียนรู้** วิทยาศาสตร์

2. **ระดับชั้น** ม.5

3. **สาระวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม (ฟิสิกส์)**

4. **ผลการเรียนรู้** สังเกตและอธิบายการมองเห็นแสงสีและสีของวัตถุ

5. **ระดับพฤติกรรม** ☑ การจำ O การเข้าใจ O การนำไปใช้ O การวิเคราะห์ O การประเมินค่า O การสร้างสรรค์

โจทย์/คำถาม

8. เหตุใดเราจึงเห็นเสื้อเป็นสีแดง และกางเกงเป็นสีน้ำเงิน

ตัวเลือก

ก. เสื้อสะท้อนแสงสีแดง กางเกงสะท้อนแสงสีเขียว ส่วนแสงสีอื่นถูกดูดกลืน

ข. เสื้อสะท้อนแสงสีแดง กางเกงสะท้อนแสงสีน้ำเงิน ส่วนแสงสีอื่นถูกดูดกลืน

ค. เสื้อดูดกลืนแสงสีแดง กางเกงดูดกลืนแสงสีเขียว ส่วนแสงสีอื่นจะสะท้อนออกไป

ง. เสื้อดูดกลืนแสงสีแดง กางเกงดูดกลืนแสงสีน้ำเงิน ส่วนแสงสีอื่นจะสะท้อนออกไป

ตัวเลือกที่ถูก ข้อ ข.

เหตุผล เมื่อแสงขาวตกกระทบวัตถุทึบแสง วัตถุนั้นจะดูดกลืนแสงแต่ละสีที่ประกอบเป็นแสงขาวนั้นไว้ในปริมาณต่าง ๆ กัน แสงส่วนที่เหลือจากการดูดกลืนจะสะท้อนกลับเข้าตา ทำให้เราเห็นวัตถุเป็นสีเดียวกับแสงที่สะท้อนมาเข้าตามากที่สุด

การที่เรามองเห็นเสื้อเป็นสีแดงเกิดจากเสื้อดูดกลืนแสงทุกสียกเว้นแสงสีแดง แล้วแสงสีแดงนี้ท้อนเข้าตา ส่วนการที่เรามองเห็นกางเกงเป็นสีน้ำเงินเกิดจากกางเกงดูดกลืนแสงทุกสียกเว้นแสงสีน้ำเงิน แล้วสะท้อนแสงสีน้ำเงินเข้าตา

1. **กลุ่มสาระการเรียนรู้** วิทยาศาสตร์

2. **ระดับชั้น** ม.5

3. **สาระวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม (ฟิสิกส์)**

4. **ผลการเรียนรู้** สังเกตและอธิบายการมองเห็นแสงสีและสีของวัตถุ

5. **ระดับพฤติกรรม** O การจำ ☪ การเข้าใจ O การนำไปใช้ O การวิเคราะห์ O การประเมินค่า O การสร้างสรรค์

โจทย์/คำถาม

9. การที่เรามองเห็นวัตถุเป็นสีเหลืองเกิดจากการทำงานของเซลล์ประสาทใด

ตัวเลือก

ก. เซลล์ที่ไวต่อแสงสีเหลือง

ข. เซลล์ที่ไวต่อแสงสีแดง

ค. เซลล์ที่ไวต่อแสงสีน้ำเงินและเขียว

ง. เซลล์ที่ไวต่อแสงสีแดงและเขียว

ตัวเลือกที่ถูก ข้อ ง.

เหตุผล การที่เราสามารถมองเห็นวัตถุเป็นสีเหลือง เกิดขึ้นจากเซลล์รูปกรวยที่ไวต่อแสงสีแดงและเซลล์รูปกรวยที่ไวต่อแสงสีเขียวถูกกระตุ้นพร้อมกัน ทำให้เห็นเป็นแสงสีที่เกิดจากการผสมกันของแสงสีแดงและแสงสีเขียว นั่นคือ สีเหลืองนั่นเอง

1. **กลุ่มสาระการเรียนรู้** วิทยาศาสตร์
2. **ระดับชั้น** ม.5
3. **สาระวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม (ฟิสิกส์)**
4. **ผลการเรียนรู้** สังเกต อธิบาย และทำการทดลองการผสมสารสีได้
5. **ระดับพฤติกรรม** ☑ การจำ ○ การเข้าใจ ○ การนำไปใช้ ○ การวิเคราะห์ ○ การประเมินค่า ○ การสร้างสรรค์

โจทย์/คำถาม

10. ข้อใด**ไม่ใช่**สารทุติยภูมิ

ตัวเลือก

ก. สีเขียว

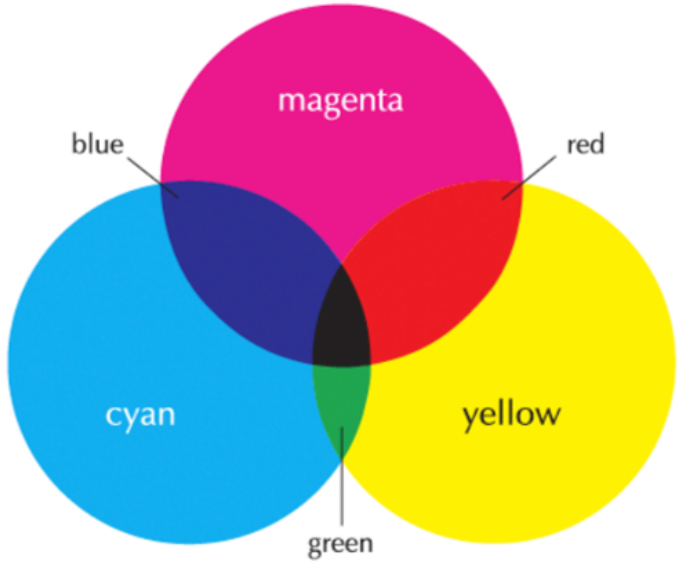
ข. สีแดงม่วง

ค. สีน้ำเงิน

ง. สีแดง

ตัวเลือกที่ถูก ข้อ ข.

เหตุผล สารสีแดงม่วง เป็นสารสรปฐมภูมิ



คำอธิบายข้อที่ผิด

สารสีเขียว สีน้ำเงิน และสีแดง เกิดจากการผสมกันของสารสรปฐมภูมิ จึงเป็นสารสีทุติยภูมิ

1. **กลุ่มสาระการเรียนรู้** วิทยาศาสตร์

2. **ระดับชั้น** ม.5

3. **สาระวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม (ฟิสิกส์)**

4. **ผลการเรียนรู้** สังเกต อธิบาย และทำการทดลองการผสมสารสีได้

5. **ระดับพฤติกรรม** ☑ การจำ ○ การเข้าใจ ○ การนำไปใช้ ○ การวิเคราะห์ ○ การประเมินค่า ○ การสร้างสรรค์

โจทย์/คำถาม

11. ถ้านำสารสีปฐมภูมิทั้งสามมาผสมกัน ในอัตราส่วนที่เท่ากัน จะเกิดเป็นสีใด

ตัวเลือก

ก. สีขาว

ข. สีแดงม่วง

ค. สีดำ

ง. สีเขียว

ตัวเลือกที่ถูก ข้อ ค.

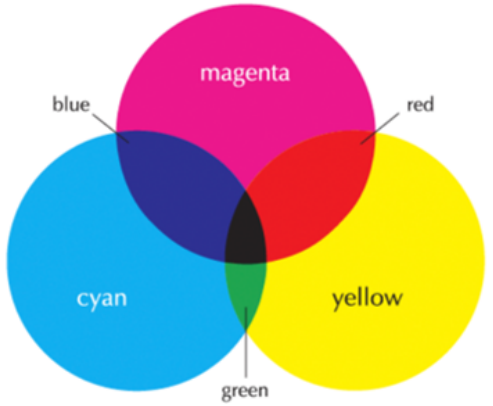
เหตุผล เมื่อนำสารสีปฐมภูมิในสัดส่วนที่เท่ากันมาผสมกันจะเกิดเป็นสีดำ

คำอธิบายข้อที่ผิด

ข้อ ก. การผสมสารสีไม่สามารถทำให้เกิดสารสีขาวได้

ข้อ ข. สารสีแดงม่วงเป็นสีปฐมภูมิ ไม่ได้จากการผสมสารสี

ข้อ ง. สารสีเขียวเกิดจากการผสมกันของสารปฐมภูมิ 2 สี คือ สารสีน้ำเงินเขียวและสารสีเหลือง



1. **กลุ่มสาระการเรียนรู้** วิทยาศาสตร์

2. **ระดับชั้น** ม.5

3. **สาระวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม (ฟิสิกส์)**

4. **ผลการเรียนรู้** สังเกตและอธิบายการมองเห็นแสงสีและสีของวัตถุ

5. **ระดับพฤติกรรม** O การจำ ☪ การเข้าใจ O การนำไปใช้ O การวิเคราะห์ O การประเมินค่า O การสร้างสรรค์

โจทย์/คำถาม

12. แสงสีข้อใดเป็นสีเติมเต็มของกันและกัน

ตัวเลือก

ก. น้ำเงิน - น้ำเงินเขียว

ข. น้ำเงิน - แดงม่วง

ค. แดง - แดงม่วง

ง. แดงม่วง – เขียว

ตัวเลือกที่ถูก ข้อ ง.

เหตุผล แสงสีที่เติมเต็มกันคือรวมกันได้แสงขาว ซึ่งแสงขาวประกอบด้วย แสงสีแดง แสงสีเขียว และแสงสีน้ำเงินรวมกัน

ข้อ ง. แสงสีเขียว ผสมกับ แสงสีแดงม่วงที่เกิดจากการผสมแสงสีน้ำเงินกับแสงสีแดง จะเห็นได้ว่า มีแสงครบทั้งสามสี จึงเกิดเป็นแสงสีขาว

คำอธิบายข้อที่ผิด

ข้อ ก. ข. และ ค. แสงสีมีไม่ครบทั้ง 3 สี คือ แสงสีแดง แสงสีน้ำเงิน และแสงสีเขียว

1. **กลุ่มสาระการเรียนรู้** วิทยาศาสตร์
2. **ระดับชั้น** ม.5
3. **สาระวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม (ฟิสิกส์)**
4. **ผลการเรียนรู้** สังเกต อธิบาย และทำการทดลองการผสมสารสีได้
5. **ระดับพฤติกรรม** O การจำ ☪ การเข้าใจ O การนำไปใช้ O การวิเคราะห์ O การประเมินค่า O การสร้างสรรค์

โจทย์/คำถาม

13. นักเรียนกลุ่มหนึ่งทำการทดลองผสมสารสีโดยใช้หมึกพิมพ์ ได้ผลการทดลองตามตาราง

นักเรียน	สีที่ 1	สีที่ 2	สีที่ผสมได้
นาย A	น้ำเงินเขียว	i	น้ำเงิน
นางสาว B	ii	เหลือง	แดง
นาย C	เหลือง	น้ำเงิน	iii

ข้อใดแสดงข้อมูลที่หายไปได้ถูกต้อง

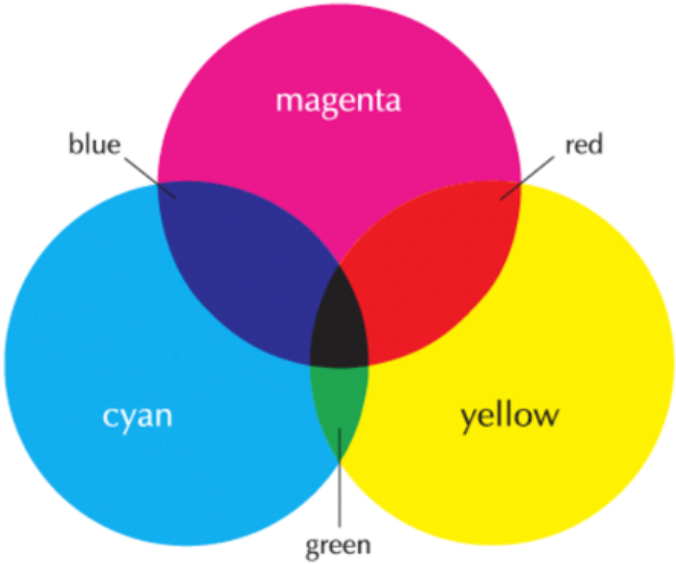
ตัวเลือก	i	ii	iii
ก.	เหลือง	แดงม่วง	เขียว
ข.	แดงม่วง	เหลือง	เขียว
ค.	เหลือง	น้ำเงินเขียว	ดำ
ง.	แดงม่วง	แดงม่วง	ดำ

ตัวเลือกที่ถูก ข้อ ง.

เหตุผล นาย A ต้องผสมสีน้ำเงินเขียวและสีแดงม่วง จึงจะเกิดสารสีน้ำเงิน

นาย B ต้องผสมสีเหลืองและสีแดงม่วง จึงจะเกิดสารสีแดง

นาย C ผสมสีเหลืองและสีน้ำเงิน ได้เป็นสารสีดำ



1. **กลุ่มสาระการเรียนรู้** วิทยาศาสตร์

2. **ระดับชั้น** ม.5

3. **สาระวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม (ฟิสิกส์)**

4. **ผลการเรียนรู้** สังเกต อธิบาย และทำการทดลองการผสมสารสีได้

5. **ระดับพฤติกรรม** O การจำ ☪ การเข้าใจ O การนำไปใช้ O การวิเคราะห์
O การประเมินค่า O การสร้างสรรค์

โจทย์/คำถาม

13. นักเรียนกลุ่มหนึ่งทำการทดลองผสมสารสีโดยใช้หมึกพิมพ์ ได้ผลการทดลองตามตาราง

นักเรียน	สีที่ 1	สีที่ 2	สีที่ผสมได้
นาย A	น้ำเงินเขียว	i	น้ำเงิน
นางสาว B	ii	เหลือง	แดง
นาย C	เหลือง	น้ำเงิน	iii

ข้อใดแสดงข้อมูลที่หายไปได้ถูกต้อง

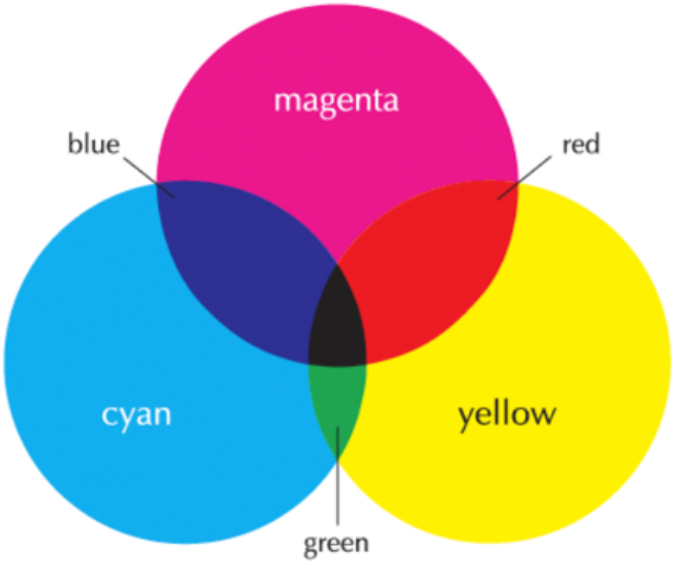
ตัวเลือก	i	ii	iii
ก.	เหลือง	แดงม่วง	เขียว
ข.	แดงม่วง	เหลือง	เขียว
ค.	เหลือง	น้ำเงินเขียว	ดำ
ง.	แดงม่วง	แดงม่วง	ดำ

ตัวเลือกที่ถูก ข้อ ง.

เหตุผล นาย A ต้องผสมสีน้ำเงินเขียวและสีแดงม่วง จึงจะเกิดสารสีน้ำเงิน

นาย B ต้องผสมสีเหลืองและสีแดงม่วง จึงจะเกิดสารสีแดง

นาย C ผสมสีเหลืองและสีน้ำเงิน ได้เป็นสารสีดำ



1. **กลุ่มสาระการเรียนรู้** วิทยาศาสตร์
2. **ระดับชั้น** ม.5
3. **สาระวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม (ฟิสิกส์)**
4. **ผลการเรียนรู้** สังเกต อธิบาย และทำการทดลองการผสมสารสีได้
5. **ระดับพฤติกรรม** O การจำ O การเข้าใจ ☪ การนำไปใช้ O การวิเคราะห์ O การประเมินค่า O การสร้างสรรค์

โจทย์/คำถาม

14. ณภัทรมีสารสีแดงม่วง ต้องการทาสีลงบนกล่องใบหนึ่ง ณภัทรต้องทำอย่างไรจึงจะเห็นเป็นกล่องใบนี้เป็นสีดำ

ตัวเลือก

ก. ซื้อสารสีน้ำเงินเขียวมาผสมกับสีดังกล่าว แล้วทาลงบนกล่อง จากนั้นนำไปวางไว้ในห้องที่มีแสงสีเหลือง

ข. ซื้อสารเขียวมาผสมกับสีดังกล่าว แล้วทาลงบนกล่อง จากนั้นนำไปวางไว้กลางแจ้ง

ค. ทาสีกล่องด้วยสีดังกล่าว จากนั้นนำไปวางไว้ในห้องที่มีแสงสีเขียว

ง. ถูกทุกข้อ

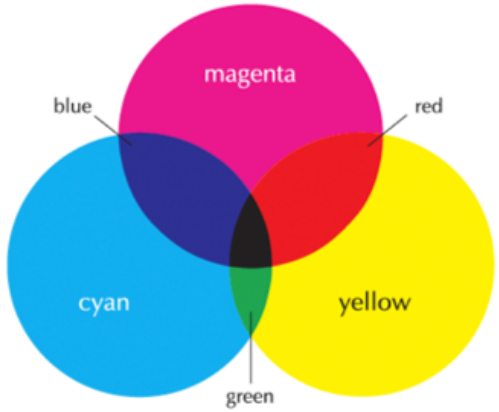
ตัวเลือกที่ถูก ข้อ ง.

ข้อ ก. สารสีแดงม่วงผสมกับสารสีน้ำเงินเขียวจะได้เป็นสารสีน้ำเงิน นำไปทาลงกล่อง เมื่อวางไว้ภายใต้แสงสีเหลืองจะมองเห็นกล่องเป็นสีดำ

ข้อ ข. สารสีแดงม่วงเมื่อผสมกับสารสีเขียวจะกลายเป็นสารสีดำ นำไปทาลงกล่อง แล้วมองผ่านแสงขาว ก็ยังคงมองเห็นกล่องเป็นสีดำ

ข้อ ค. ทากล่องด้วยสารสีแดงม่วง เมื่อนำไปวางภายใต้แสงสีเขียวจะมองเห็นกล่องเป็นสีดำ

ถูกต้องทุกข้อจึงตอบ ข้อ ง.



1. **กลุ่มสาระการเรียนรู้** วิทยาศาสตร์

2. **ระดับชั้น** ม.5

3. **สาระวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม (ฟิสิกส์)**

4. **ผลการเรียนรู้** สังเกต อธิบาย และทำการทดลองการผสมสารสีได้

5. **ระดับพฤติกรรม** O การจำ O การเข้าใจ O การนำไปใช้ ☑ การวิเคราะห์ O การประเมินค่า O การสร้างสรรค์

โจทย์/คำถาม

15. ข้อใดเป็นไปตามหลักการผสมสารสี

ตัวเลือก

ก. เมื่อนำสารสีปฐมภูมิทั้งสามสีมาผสมกันในอัตราส่วนที่เท่ากันจะได้สารสีขาว

ข. เมื่อนำสารสีน้ำเงินมาผสมกับสารสีเหลืองจะได้สารสีดำ

ค. เมื่อนำสารสีน้ำเงินเขียวมาผสมกับสารสีแดงม่วงจะได้สารสีเขียว

ง. เมื่อนำสารสีเขียวมาผสมกับสารสีน้ำเงินจะได้สารสีน้ำเงินเขียว

ตัวเลือกที่ถูก ข้อ ข.

เมื่อพิจารณาตามหลักการผสมสารสี ข้อ ข. ถูกต้อง

คำอธิบายข้อที่ผิด

ข้อ ก. ค. และ ง. ไม่เป็นไปตามหลักการผสมาสารสี

แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (ก่อนเรียน) วิชาฟิสิกส์เพิ่มเติม เรื่อง การผสมแสงสีและสารสี

จำนวน 15 ข้อ เวลา 30 นาที

<u>คำชี้แจง</u> 1. แบบทดสอบฉบับนี้เป็นแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนนี้เป็นแบบทดสอบแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 15 ข้อ

2. ให้นักเรียนเขียน ชื่อ ชั้น เลขที่ ลงในกระดาษคำตอบให้ชัดเจน

3. ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่เห็นว่าถูกที่สุดเพียงข้อเดียว แล้วเขียนเครื่องหมาย x ลงในช่องตัวเลือกในกระดาษคำตอบที่แจกให้

4. ห้ามเขียนอักษร ขีดเขียน หรือทำเครื่องหมายใด ๆ ลงในแบบทดสอบ

จุดประสงค์การเรียนรู้ 1. สังเกต อธิบาย การมองเห็นแสงสี และทำการทดลองการผสมแสงสีได้

1. ถ้าเราจ้องมองแผ่นกระดาษสีเขียวเป็นเวลานานชั่วครู่ แล้วหันไปมองก้อนเมฆสีขาวบนท้องฟ้า เราจะเห็นก้อนเมฆเป็นสีอะไร
   ก. สีเขียว ข. สีเหลือง ค. สีแดงม่วง ง. สีน้ำเงินเขียว
2. แสงสีเขียวผสมกับแสงสีแดงได้สีอะไร
   ก. แดงม่วง ข. แดงเขียว ค. น้ำเงิน ง. เหลือง
3. เรา**ไม่**สามารถผสมแสงสีสีใดได้
   ก. สีขาว ข. สีดำ ค. สีน้ำเงินเขียว ง. เหลือง
4. การผสมแสงสีในข้อใดไม่ถูกต้อง
   ก. ลูกบอลสีขาวเมื่อส่องดูด้วยแสงสีแดง จะเห็นเป็นสีแดง
   ข. กล่องสีเขียวเมื่อส่องดูด้วยแสงสีแดง จะเห็นเป็นสีแดง
   ค. ปากกาสีเหลืองเมื่อส่องดูด้วยแสงสีแดง จะเห็นเป็นสีแดง
   ง. แอปเปิ้ลสีแดงเมื่อส่องดูด้วยแสงสีเขียวจะเป็นสีดำ
5. แสงสีคู่ใดต่อไปนี้เป็นสีเติมเต็มของกันและกัน
   ก. น้ำเงิน - น้ำเงินเขียว ข. แดง - เขียว
   ค. เขียว – แดงม่วง ง. น้ำเงิน - แดงม่วง

6. พาริสจะไปเข้าร่วมงานปาร์ตี้ของโรงเรียน โดยภายในงานจะแบ่งออกเป็น 2 โซน คือ โซน A เป็นบริเวณที่ฉายด้วยแสงสีขาว และโซน B เป็นบริเวณที่ฉายด้วยแสงสีแดงม่วง ถามว่าพาริสจะต้องทำอย่างไรจึงจะเห็นเสื้อเป็นสีน้ำเงิน

   ก. สวมชุดสีน้ำเงิน ไปยืนบริเวณโซน A ข. สวมชุดสีเขียว ไปยืนบริเวณโซน B

   ค. สวมชุดสีน้ำเงินเขียว ไปยืนบริเวณโซน B ง. ข้อ ก. หรือ ค. ก็ได้

7. พิจารณาข้อความต่อไปนี้

   a. เมื่อมองแสงขาวผ่านแผ่นกรองแสงสีแดงม่วงและสีน้ำเงินเขียวซ้อนกันจะเห็นเป็นสีน้ำเงิน
   b. เมื่อนำน้ำสีเขียวผสมกับน้ำสีแดงม่วงจะได้น้ำสีดำ
   c. เมื่อส่องแสงสีเขียวและแสงสีแดงม่วงลงบนฉากสีเหลืองจะเห็นแสงที่รวมกันบนฉากเป็นสีเหลือง

   ข้อใดกล่าวถูกต้อง

   ก. a. ข. a. และ b. ค. b. และ c. ง. a. b. และ c.

จุดประสงค์การเรียนรู้ 2. สังเกต อธิบาย การมองเห็นสีของวัตถุและทำการทดลองการผสมสารสีได้

8. การที่เราเห็นวัตถุสีดำเนื่องจากวัตถุนั้นเป็นอย่างไร

   ก. ดูดกลืนสีดำ ข. สะท้อนสีดำ ค. ดูดกลืนทุกสี ง. สะท้อนทุกสี

9. การที่เรามองเห็นวัตถุเป็นสีเหลืองเกิดจากการทำงานของเซลล์ประสาทใด

   ก. เซลล์ที่ไวต่อแสงสีเหลือง ข. เซลล์ที่ไวต่อแสงสีแดง

   ค. เซลล์ที่ไวต่อแสงสีน้ำเงินและเขียว ง. เซลล์ที่ไวต่อแสงสีแดงและเขียว

10. ข้อใดเป็น**สาร**สีปฐมภูมิ

    ก. สารสีเหลือง สารสีแดง และสารสีน้ำเงิน

    ข. สารสีเหลือง สารสีแดงส้ม และสารสีเขียว

    ค. สารสีเหลือง สารสีแดงม่วง และสารสีน้ำเงิน

    ง. สารสีเหลือง สารสีแดงม่วง และสารสีน้ำเงินเขียว

11. สารสีอะไรที่**ไม่**สามารถทำให้เกิดขึ้นได้ด้วยวิธีการผสมสารสี

    ก. สีขาว ข. สีดำ ค. สีม่วง ง. สีเขียว

12. สารสีใดเป็นสารสีเติมเต็มของกันและกัน

    ก. แดง - เขียว ข. น้ำเงิน - เหลือง

    ค. เหลือง - แดงม่วง ง. แดงม่วง – น้ำเงิน

13. ถ้าต้องการพิมพ์ภาพหัวใจสีแดง ภาพที่ได้เป็นภาพที่เกิดจากการผสมสีของหมึกพิมพ์สีใด

    ก. สีน้ำเงิน กับ สีม่วง ข. สีเหลือง กับ สีแดงม่วง

    ค. สีน้ำเงินเขียว กับ สีแดงม่วง ง. ไม่ต้องผสมสีใดเพราะเป็นสีปฐมภูมิอยู่แล้ว

14. ถ้านำสารสีเหลืองมาผสมสารสีน้ำเงินเขียว แล้วทาผนังห้องห้องหนึ่ง อยากทราบว่าต้องทำอย่างไรจึงจะเห็นผนังห้องเป็นสีดำ

    ก. เปิดไฟสีเขียว ข. เปิดไฟสีแดง ค. เปิดไฟสีเหลือง ง. เปิดไฟสีดำ

15. ข้อใดต่อไปนี้**ไม่**เป็นไปตามหลักการผสมสารสี

    ก. เมื่อนำสารสีปฐมภูมิทั้งสามสีมาผสมกันในอัตราส่วนที่เท่ากันจะได้สารสีดำ

    ข. เมื่อนำสารสีแดงม่วงมาผสมกับสารสีเขียวจะได้สารสีดำ

    ค. เมื่อนำสารสีน้ำเงินเขียวมาผสมกับสารสีเหลืองจะได้สารสีเขียว

    ง. เมื่อนำสารสีแดงมาผสมกับสารสีน้ำเงินจะได้สารสีแดงม่วง

เฉลยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (ก่อนเรียน)

1. ค
2. ง
3. ข
4. ง
5. ค
6. ง
7. ง
8. ค
9. ง
10. ง
11. ก
12. ข
13. ข
14. ข
15. ง

แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (หลังเรียน) วิชาฟิสิกส์เพิ่มเติม เรื่อง การผสมแสงสีและสารสี

ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 15 ข้อ เวลา 30 นาที

<u>คำชี้แจง</u> 1. แบบทดสอบฉบับนี้เป็นแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนนี้เป็นแบบทดสอบแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 15 ข้อ

2.ให้นักเรียนเขียน ชื่อ ชั้น เลขที่ ลงในกระดาษคำตอบให้ชัดเจน

3.ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่เห็นว่าถูกที่สุดเพียงข้อเดียว แล้วเขียนเครื่องหมาย x ลงในช่องตัวเลือกในกระดาษคำตอบที่แจกให้

4. ห้ามเขียนอักษร ขีดเขียน หรือทำเครื่องหมายใด ๆ ลงในแบบทดสอบ

จุดประสงค์การเรียนรู้ 1. สังเกต อธิบาย การมองเห็นแสงสี และทำการทดลองการผสมแสงสีได้

1. ถ้าตาของเรามองแสงสีน้ำเงินนาน ๆ แล้วเปลี่ยนไปดูแสงสีขาวทันที ตาของเราจะมองเห็นเป็นแสงสีใด
   ก. สีขาว ข. สีเขียว ค. สีน้ำเงิน ง. สีเหลือง
2. ถ้าฉายแสงสีแดงและสีน้ำเงินไปบนฉากสีน้ำเงินเขียว จะเห็นเป็นสีอะไร
   ก. แดง ข. น้ำเงิน ค. ม่วง ง. น้ำเงินเขียว
3. สีใดต่อไปนี้ไม่สามารถเกิดขึ้นได้จากการผสมแสงสี
   ก. ดำ ข. ขาว ค. เขียว ง. น้ำเงิน
4. การผสมแสงสีในข้อใด**ไม่**ถูกต้อง
   ก. ลูกบอลสีขาวเมื่อส่องดูด้วยแสงสีแดง จะเห็นเป็นสีแดง
   ข. กล่องสีเขียวเมื่อส่องดูด้วยแสงสีแดง จะเห็นเป็นสีแดง
   ค. ปากกาสีเหลืองเมื่อส่องดูด้วยแสงสีแดง จะเห็นเป็นสีแดง
   ง. แอปเปิ้ลสีแดงเมื่อส่องดูด้วยแสงสีเขียวจะเป็นสีดำ
5. แสงสีคู่ใดเมื่อนำมาฉายผสมกันบนฉากสีขาวแล้วจะได้แสงขาว
   ก. น้ำเงิน - เหลือง
   ข. แดง - เขียว
   ค. ม่วง - น้ำเงิน
   ง. เหลือง – แดง

6. อลิสสวมเสื้อดังรูป a. หากต้องการให้เสื้อเป็นไปตามรูป b. อลิสต้องทำอย่างไร

a.

b.

ก. ยืนในห้องที่มีแสงสีเหลือง

ข. ยืนในห้องที่เปิดไฟสีเหลือง ผสมกับแสงสีน้ำเงินเขียว

ค. ยืนในห้องที่มีแสงสีแดง

ง. ยืนในห้องที่เปิดไฟสีแดงม่วง ผสมกับแสงสีเหลือง

7. หมวกใบหนึ่งส่องด้วยแสงสีขาว เมื่อมองผ่านแผ่นกรองแสงสีแดง จะเห็นเป็นสีแดง ถ้ามองผ่านแผ่นกรองแสงสีเขียว จะเห็นเป็นสีเขียว ถ้ามองผ่านแผ่นกรองแสงสีเหลืองจะเห็นเป็นสีเหลือง หมวกใบนี้สีอะไร

ก. น้ำเงิน ข. แดง ค. เขียว ง. เหลือง

จุดประสงค์การเรียนรู้ 2. สังเกต อธิบาย การมองเห็นสีของวัตถุและทำการทดลองการผสมสารสีได้

8. เหตุใดเราจึงเห็นเสื้อเป็นสีแดง และกางเกงเป็นสีน้ำเงิน

ก. เสื้อสะท้อนแสงสีแดง กางเกงสะท้อนแสงสีเขียว ส่วนแสงสีอื่นถูกดูดกลืน

ข. เสื้อสะท้อนแสงสีแดง กางเกงสะท้อนแสงสีน้ำเงิน ส่วนแสงสีอื่นถูกดูดกลืน

ค. เสื้อดูดกลืนแสงสีแดง กางเกงดูดกลืนแสงสีเขียว ส่วนแสงสีอื่นจะสะท้อนออกไป

ง. เสื้อดูดกลืนแสงสีแดง กางเกงดูดกลืนแสงสีน้ำเงิน ส่วนแสงสีอื่นจะสะท้อนออกไป

9. การที่เรามองเห็นวัตถุเป็นสีเหลืองเกิดจากการทำงานของเซลล์ประสาทใด

ก. เซลล์ที่ไวต่อแสงสีเหลือง ข. เซลล์ที่ไวต่อแสงสีแดง

ค. เซลล์ที่ไวต่อแสงสีน้ำเงินและเขียว ง. เซลล์ที่ไวต่อแสงสีแดงและเขียว

10. ข้อใด**ไม่ใช่**สารทุติยภูมิ

ก. สีเขียว ข. สีแดงม่วง ค. สีน้ำเงิน ง. สีแดง

11. ถ้านำสารสีปฐมภูมิทั้งสามมาผสมกัน ในอัตราส่วนที่เท่ากัน จะเกิดเป็นสีใด

ก. สีขาว ข. สีแดงม่วง ค. สีดำ ง. สีเขียว

12. แสงสีคู่ใดต่อไปนี้เป็นสีเติมเต็มของกันและกัน

ก. น้ำเงิน - น้ำเงินเขียว ข. น้ำเงิน - แดงม่วง

ค. แดง - แดงม่วง ง. แดงม่วง – เขียว

13. นักเรียนกลุ่มหนึ่งทำการทดลองผสมสารสีโดยใช้หมึกพิมพ์ได้ผลการทดลองตามตาราง

นักเรียน	สีที่ 1	สีที่ 2	สีที่ผสมได้
นาย A	น้ำเงินเขียว	i	น้ำเงิน
นางสาว B	ii	เหลือง	แดง
นาย C	เหลือง	น้ำเงิน	iii

ข้อใดแสดงข้อมูลที่หายไปได้ถูกต้อง

ตัวเลือก	**i**	**ii**	**iii**
ก.	เหลือง	แดงม่วง	เขียว
ข.	แดงม่วง	เหลือง	เขียว
ค.	เหลือง	น้ำเงินเขียว	ดำ
ง.	แดงม่วง	แดงม่วง	ดำ

14. ณภัทรมีสารสีแดงม่วง ต้องการทาสีลงบนกล่องใบหนึ่ง ณภัทรต้องทำอย่างไรจึงจะเห็นเป็นกล่องใบนี้เป็นสีดำ

ก. ซื้อสารสีน้ำเงินเขียวมาผสมกับสีดังกล่าว แล้วทาลงบนกล่อง จากนั้นนำไปวางไว้ในห้องที่มีแสงสีเหลือง

ข. ซื้อสารเขียวมาผสมกับสีดังกล่าว แล้วทาลงบนกล่อง จากนั้นนำไปวางไว้กลางแจ้ง

ค. ทาสีกล่องด้วยสีดังกล่าว จากนั้นนำไปวางไว้ในห้องที่มีแสงสีเขียว

ง. ถูกทุกข้อ

15. ข้อใดเป็นไปตามหลักการผสมสารสี

ก. เมื่อนำสารสีปฐมภูมิทั้งสามสีมาผสมกันในอัตราส่วนที่เท่ากันจะได้สารสีขาว

ข. เมื่อนำสารสีน้ำเงินมาผสมกับสารสีเหลืองจะได้สารสีดำ

ค. เมื่อนำสารสีน้ำเงินเขียวมาผสมกับสารสีแดงม่วงจะได้สารสีเขียว

ง. เมื่อนำสารสีเขียวมาผสมกับสารสีน้ำเงินจะได้สารสีน้ำเงินเขียว

เฉลยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (หลังเรียน)

1. ง
2. ข
3. ก
4. ข
5. ก
6. ก
7. ง
8. ข
9. ง
10. ข
11. ค
12. ง
13. ง
14. ง
15. ข

ภาคผนวก ง การหาคุณภาพของเครื่องมือ

ตาราง 14 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามและพฤติกรรมที่ต้องการวัดของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (ก่อนเรียน) รายวิชาฟิสิกส์ เรื่อง การผสมแสงสีและการผสมสารสี ตามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	คำถามข้อที่	ระดับความคิดเห็น			ค่า IOC	การแปลผล
		+1	0	-1		
1.สังเกต อธิบาย การมองเห็นแสงสี และทำการทดลองการผสมแสงสีได้	1	3	-	-	1	ผ่านค่า IOC
	2	3	-	-	1	ผ่านค่า IOC
	3	3	-	-	1	ผ่านค่า IOC
	4	2	-	1	0.33	ไม่ผ่านค่า IOC
	5	3	-	-	1	ผ่านค่า IOC
	6	3	-	-	1	ผ่านค่า IOC
	7	2	1	-	0.67	ผ่านค่า IOC
2.สังเกต อธิบาย การมองเห็นสีของวัตถุ และทำการทดลองการผสมสารสีได้	8	2	1	-	0.67	ผ่านค่า IOC
	9	1	2	-	0.33	ไม่ผ่านค่า IOC
	10	2	1	-	0.67	ผ่านค่า IOC
	11	3	-	-	1	ผ่านค่า IOC
	12	3	-	-	1	ผ่านค่า IOC
	13	3	-	-	1	ผ่านค่า IOC
	14	3	-	-	1	ผ่านค่า IOC
	15	2	1	-	0.67	ผ่านค่า IOC

ข้อ 4 และข้อ 9 ปรับแก้ข้อคำถามตามคำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญ

ตาราง 15 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามและพฤติกรรมที่ต้องการวัดของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (หลังเรียน) รายวิชาฟิสิกส์ เรื่องการผสมแสงสีและการผสมสารสี ตามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	คำถามข้อที่	ระดับความคิดเห็น			ค่า IOC	การแปลผล
		+1	0	-1		
1.สังเกต อธิบาย การมองเห็นแสงสี และทำการทดลองการผสมแสงสีได้	1	3	-	-	1	ผ่านค่า IOC
	2	3	-	-	1	ผ่านค่า IOC
	3	2	1	-	0.67	ผ่านค่า IOC
	4	3	-	-	1	ผ่านค่า IOC
	5	3	-	-	1	ผ่านค่า IOC
	6	3	-	-	1	ผ่านค่า IOC
	7	3	-	-	1	ผ่านค่า IOC
2.สังเกต อธิบาย การมองเห็นสีของวัตถุ และทำการทดลองการผสมสารสีได้	8	3	-	-	1	ผ่านค่า IOC
	9	3	-	-	1	ผ่านค่า IOC
	10	3	-	-	1	ผ่านค่า IOC
	11	3	-	-	1	ผ่านค่า IOC
	12	3	-	-	1	ผ่านค่า IOC
	13	3	-	-	1	ผ่านค่า IOC
	14	2	1	-	0.67	ผ่านค่า IOC
	15	3	-	-	1	ผ่านค่า IOC

ข้อคำถามในแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนมีค่าความสอดคล้องผ่านเกณฑ์ทุกข้อ

ตาราง 16 ค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (ก่อนเรียน) รายวิชาฟิสิกส์ เรื่องการผสมแสงสีและการผสมสารสี

ข้อที่	จำนวนผู้ตอบถูกในกลุ่มสูง (n=15)	จำนวนผู้ตอบถูกในกลุ่มต่ำ (n=15)	p	r	ข้อที่เลือก
1	14	7	.70	.47	ใช้ได้
2	13	5	.60	.53	ใช้ได้
3	11	4	.50	.47	ใช้ได้
4	11	5	.53	.40	ใช้ได้
5	14	7	.70	.47	ใช้ได้
6	11	6	.57	.33	ใช้ได้
7	11	4	.50	.47	ใช้ได้
8	14	9	.77	.33	ใช้ได้
9	12	8	.67	.27	ใช้ได้
10	13	7	.67	.40	ใช้ได้
11	14	5	.63	.60	ใช้ได้
12	15	6	.70	.60	ใช้ได้
13	13	6	.63	.47	ใช้ได้
14	11	6	.57	.33	ใช้ได้
15	13	5	.60	.53	ใช้ได้

แบบทดสอบที่ผ่านเกณฑ์ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) มีทั้งหมด 15 ข้อ แล้วนำแบบทดสอบเหล่านี้ไปคำนวณ $\sum pq$ ซึ่งได้ค่าเท่ากับ 3.44 และหาค่าความเชื่อมั่น (r_{tt}) ได้เท่ากับ 0.80

ตาราง 17 ค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (หลังเรียน) รายวิชาฟิสิกส์ เรื่องการผสมแสงสีและการผสมสารสี

ข้อที่	จำนวนผู้ตอบถูกในกลุ่มสูง (n=15)	จำนวนผู้ตอบถูกในกลุ่มต่ำ (n=15)	p	r	ข้อที่เลือก
1	12	3	.50	.60	ใช้ได้
2	11	8	.63	.20	ใช้ได้
3	12	7	.63	.33	ใช้ได้
4	15	7	.73	.53	ใช้ได้
5	15	3	.60	.80	ใช้ได้
6	12	9	.70	.20	ใช้ได้
7	12	6	.60	.40	ใช้ได้
8	14	6	.67	.53	ใช้ได้
9	14	7	.70	.47	ใช้ได้
10	13	8	.70	.33	ใช้ได้
11	15	7	.73	.53	ใช้ได้
12	14	6	.67	.53	ใช้ได้
13	14	8	.73	.40	ใช้ได้
14	9	4	.43	.33	ใช้ได้
15	10	5	.50	.33	ใช้ได้

แบบทดสอบที่ผ่านเกณฑ์ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) มีทั้งหมด 15 ข้อ แล้วนำแบบทดสอบเหล่านี้ไปคำนวณ $\sum pq$ ซึ่งได้ค่าเท่ากับ 3.35 และหาค่าความเชื่อมั่น (r_{tt}) ได้เท่ากับ 0.79

ตาราง 18 คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดทดลอง เรื่อง การผสมแสงสี

นักเรียนคนที่	คะแนน		ผลต่าง (D)	ผลต่างกำลังสอง (D^2)
	ก่อนเรียน (7 คะแนน)	หลังเรียน (7 คะแนน)		
1	2	6	4	16
2	0	4	4	16
3	2	4	2	4
4	3	7	4	16
5	2	4	2	4
6	2	4	2	4
7	2	7	5	25
8	1	6	5	25
9	3	7	4	16
10	2	6	4	16
11	1	7	6	36
12	2	7	5	25
13	3	6	3	9
14	4	4	0	0
15	4	5	1	1
16	4	5	1	1
17	2	6	4	16
18	3	7	4	16
19	4	5	1	1
20	1	6	5	25
21	3	6	3	9
22	1	5	4	16
23	3	7	4	16

ตาราง 18 (ต่อ)

นักเรียนคนที่	คะแนน		ผลต่าง (D)	ผลต่างกำลังสอง (D^2)
	ก่อนเรียน (7 คะแนน)	สอบหลังเรียน (7 คะแนน)		
24	2	5	3	9
25	2	6	4	16
26	2	6	4	16
27	2	7	5	25
28	3	6	3	9
29	2	7	5	25
30	4	6	2	4
31	4	7	3	9
32	3	7	4	16
33	3	5	2	4
34	3	7	4	16
35	4	6	2	4
36	3	6	3	9
37	4	6	2	4
38	3	7	4	16
39	4	6	2	4
40	3	7	4	16
รวม	105	238	133	515
เฉลี่ย	2.625	5.95		
S.D.	1.03	1.01		

ค่า t ที่คำนวณได้เท่ากับ 15.39 จากผลการหาค่าความแตกต่าง จากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ค่า t ที่คำนวณ ได้สูงกว่าค่า t จากตาราง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตาราง 19 คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดทดลอง เรื่อง การผสมสารสี

นักเรียนคนที่	คะแนน		ผลต่าง (D)	ผลต่างกำลังสอง (D^2)
	ก่อนเรียน (8 คะแนน)	หลังเรียน (8 คะแนน)		
1	1	7	6	36
2	1	6	5	25
3	0	7	7	49
4	2	5	3	9
5	3	6	3	9
6	2	6	4	16
7	2	6	4	16
8	2	6	4	16
9	4	6	2	4
10	3	8	5	25
11	3	6	3	9
12	4	5	1	1
13	3	7	4	16
14	5	6	1	1
15	3	6	3	9
16	4	7	3	9
17	4	7	3	9
18	2	5	3	9
19	3	6	3	9
20	3	6	3	9
21	5	7	2	4
22	2	6	4	16
23	2	7	5	25

ตาราง 19 (ต่อ)

นักเรียนคนที่	คะแนน		ผลต่าง (D)	ผลต่างกำลังสอง (D^2)
	ก่อนเรียน (8 คะแนน)	สอบหลังเรียน (8 คะแนน)		
24	4	7	3	9
25	3	7	4	16
26	2	6	4	16
27	4	8	4	16
28	5	8	3	9
29	4	6	2	4
30	3	6	3	9
31	2	7	5	25
32	1	6	5	25
33	2	8	6	36
34	2	5	3	9
35	4	7	3	9
36	2	8	6	36
37	4	6	2	4
38	4	8	4	16
39	3	6	3	9
40	2	7	5	25
รวม	114	260	146	604
ค่าเฉลี่ย	2.85	6.5		
S.D.	1.19	0.88		

ค่า t ที่คำนวณได้เท่ากับ 17.096 จากผลการหาค่าความแตกต่าง จากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ค่า t ที่คำนวณ ได้สูงกว่าค่า t จากตาราง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตาราง 20 ผลการวิเคราะห์ความก้าวหน้าในการเรียน (Normalized Gain) รายชั้นเรียน เรื่อง การผสมแสงสี

นักเรียนคนที่	คะแนนร้อยละจากการทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การผสมแสงสี				
	%ก่อนเรียน	%หลังเรียน	%ผลต่าง	< g >	ระดับความก้าวหน้า
1	28.57	85.71	57.14	0.80	High gain
2	0.00	57.14	57.14	0.57	Medium gain
3	28.57	57.14	28.57	0.40	Medium gain
4	42.86	100.00	57.14	1.00	High gain
5	28.57	57.14	28.57	0.40	Medium gain
6	28.57	57.14	28.57	0.40	Medium gain
7	28.57	100.00	71.43	1.00	High gain
8	14.29	85.71	71.43	0.83	High gain
9	42.86	100.00	57.14	1.00	High gain
10	28.57	85.71	57.14	0.80	High gain
11	14.29	100.00	85.71	1.00	High gain
12	28.57	100.00	71.43	1.00	High gain
13	42.86	85.71	42.86	0.75	High gain
14	57.14	57.14	0.00	0.00	Low gain
15	57.14	71.43	14.29	0.33	Medium gain
16	57.14	71.43	14.29	0.33	Medium gain
17	28.57	85.71	57.14	0.80	High gain
18	42.86	100.00	57.14	1.00	High gain
19	57.14	71.43	14.29	0.33	Medium gain
20	14.29	85.71	71.43	0.83	High gain
21	42.86	85.71	42.86	0.75	High gain
22	14.29	71.43	57.14	0.67	Medium gain
23	42.86	100.00	57.14	1.00	High gain

ตาราง 20 (ต่อ)

นักเรียนคนที่	คะแนนร้อยละจากการทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การผสมแสงสี				
	%ก่อนเรียน	%หลังเรียน	%ผลต่าง	< g >	ระดับความก้าวหน้า
24	28.57	71.43	42.86	0.60	Medium gain
25	28.57	85.71	57.14	0.80	High gain
26	28.57	85.71	57.14	0.80	High gain
27	28.57	100.00	71.43	1.00	High gain
28	42.86	85.71	42.86	0.75	High gain
29	28.57	100.00	71.43	1.00	High gain
30	57.14	85.71	28.57	0.67	Medium gain
31	57.14	100.00	42.86	1.00	High gain
32	42.86	100.00	57.14	1.00	High gain
33	42.86	71.43	28.57	0.50	Medium gain
34	42.86	100.00	57.14	1.00	High gain
35	57.14	85.71	28.57	0.67	Medium gain
36	42.86	85.71	42.86	0.75	High gain
37	57.14	85.71	28.57	0.67	Medium gain
38	42.86	100.00	57.14	1.00	High gain
39	57.14	85.71	28.57	0.67	Medium gain
40	42.86	100.00	57.14	1.00	High gain
ค่าเฉลี่ย	37.5	85	47.5	0.75	High gain

ตาราง 21 ผลการวิเคราะห์ความก้าวหน้าในการเรียน (Normalized Gain) รายชั้นเรียน เรื่อง การผสมสารสี

นักเรียนคนที่	คะแนนร้อยละจากการทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การผสมสารสี				
	%ก่อนเรียน	%หลังเรียน	%ผลต่าง	< g >	ระดับความก้าวหน้า
1	12.5	87.50	75.00	0.86	High gain
2	12.5	75.00	62.50	0.71	High gain
3	0	87.50	87.50	0.88	High gain
4	25	62.50	37.50	0.50	Medium gain
5	37.5	75.00	37.50	0.60	Medium gain
6	25	75.00	50.00	0.67	Medium gain
7	25	75.00	50.00	0.67	Medium gain
8	25	75.00	50.00	0.67	Medium gain
9	50	75.00	25.00	0.50	Medium gain
10	37.5	100.00	62.50	1.00	High gain
11	37.5	75.00	37.50	0.60	Medium gain
12	50	62.50	12.50	0.25	Low gain
13	37.5	87.50	50.00	0.80	High gain
14	62.5	75.00	12.50	0.33	Medium gain
15	37.5	75.00	37.50	0.60	Medium gain
16	50	87.50	37.50	0.75	High gain
17	50	87.50	37.50	0.75	High gain
18	25	62.50	37.50	0.50	Medium gain
19	37.5	75.00	37.50	0.60	Medium gain
20	37.5	75.00	37.50	0.60	Medium gain
21	62.5	87.50	25.00	0.67	Medium gain
22	25	75.00	50.00	0.67	Medium gain
23	25	87.50	62.50	0.83	High gain

ตาราง 21 (ต่อ)

นักเรียนคนที่	คะแนนร้อยละจากการทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การผสมสารสี				
	%ก่อนเรียน	%หลังเรียน	%ผลต่าง	< g >	ระดับความก้าวหน้า
24	50	87.50	37.50	0.75	High gain
25	37.5	87.50	50.00	0.80	High gain
26	25	75.00	50.00	0.67	Medium gain
27	50	100.00	50.00	1.00	High gain
28	62.5	100.00	37.50	1.00	High gain
29	50	75.00	25.00	0.50	Medium gain
30	37.5	75.00	37.50	0.60	Medium gain
31	25	87.50	62.50	0.83	High gain
32	12.5	75.00	62.50	0.71	High gain
33	25	100.00	75.00	1.00	High gain
34	25	62.50	37.50	0.50	Medium gain
35	50	87.50	37.50	0.75	High gain
36	25	100.00	75.00	1.00	High gain
37	50	75.00	25.00	0.50	Medium gain
38	50	100.00	50.00	1.00	High gain
39	37.5	75.00	37.50	0.60	Medium gain
40	25	87.50	62.50	0.83	High gain
ค่าเฉลี่ย	35.625	81.25	45.625	0.70	High gain

ภาคผนวก จ ภาพประกอบการดำเนินการเก็บข้อมูลในชั้นเรียน

ภาพประกอบ 43 นักเรียนกลุ่มตัวอย่างจำนวน 40 คน

ภาพประกอบ 44 นักเรียนกลุ่มตัวอย่างทำแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (ก่อนเรียน)

ภาพประกอบ 45 นักเรียนกลุ่มตัวอย่างทดลองเรื่องการผสมแสงสี

ภาพประกอบ 46 นักเรียนกลุ่มตัวอย่างทดลองเรื่องการผสมสารสี

ภาพประกอบ 47 นักเรียนกลุ่มตัวอย่างทำแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (หลังเรียน)

ภาคผนวก ช เอกสารโครงการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์

MF-04-version-2.0
วันที่ 18 ต.ค. 61

หนังสือยืนยันการยกเว้นการรับรอง
คณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

(เอกสารนี้เพื่อแสดงว่าคณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์ ได้พิจารณาโครงการวิจัยนี้)

ชื่อโครงการวิจัย : การพัฒนาชุดทดลอง เรื่อง การผสมแสงสีและสารสี ด้วยการใช้แนวคิดไมโครฟลูอิดิกอย่างง่าย สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

ชื่อหัวหน้าโครงการวิจัย : นางสาว หทัยวัฒน์ พละศักดิ์

หน่วยงานต้นสังกัด : คณะวิทยาศาสตร์

รหัสโครงการวิจัย : SWUEC-G-224/2564X

โครงการวิจัยนี้เป็นโครงการวิจัยที่เข้าข่ายยกเว้น (Research with Exemption from SWUEC)

วันที่ยืนยัน : 19 พฤษภาคม 2564

ยืนยันโดย : คณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

คณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ดำเนินการรับรองโครงการวิจัยตามแนวทางหลักจริยธรรมการวิจัยในคนที่เป็นสากล ได้แก่ Declaration of Helsinki, the Belmont Report, CIOMS Guidelines และ the International Conference on Harmonization in Good Clinical Practice (ICH-GCP)

ออกให้ ณ วันที่ 20 พฤษภาคม 2564

(ลงชื่อ).....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทันตแพทย์หญิงณปภา เอี่ยมจิรกุล)
กรรมการและเลขานุการคณะกรรมการจริยธรรม
สำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์

(ลงชื่อ).....
(แพทย์หญิงสุรีพร ภัทรสุวรรณ)
ประธานคณะกรรมการจริยธรรม
สำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์

หมายเลขรับรอง : SWUEC/X/G-224/2564

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	หทัยวัฒน์ พละศักดิ์
วัน เดือน ปี เกิด	2 ธันวาคม 2535
สถานที่เกิด	กาญจนบุรี
วุฒิการศึกษา	ระดับประถมศึกษา โรงเรียนอนุบาลบ่อพลอย ระดับมัธยมศึกษา โรงเรียนเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระศรีนครินทร์ กาญจนบุรี ระดับปริญญาตรี วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยบูรพา
ที่อยู่ปัจจุบัน	99/11 หมู่ 3 ตำบลท่าล้อ อำเภอท่าม่วง จังหวัดกาญจนบุรี รหัสไปรษณีย์ 71110