การสร้างสื่อแอนิเมชันประกอบการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง คลื่นและแสง เพื่อส่งเสริมความเข้าใจในการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

เพ็ญพิมล บุญชู

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต
สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
2568

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

การสร้างสื่อแอนิเมชันประกอบการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง คลื่นและแสง เพื่อส่งเสริมความเข้าใจในการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

เพ็ญพิมล บุญชู

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต
สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
2568
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

CREATING ANIMATION MEDIA FOR STUDYING SCIENCE ON WAVE AND LIGHT TO ENCOURAGE UNDERSTANDING OF SCIENCE LEARNING OF MATHAYOMSUKSA THREE STUDENTS

PHENPIMOL BOONCHU

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF
THE REQUIREMENTS FOR MASTER DEGREE OF EDUCATION
IN SCIENCE TEACHING
FACULTY OF EDUCATION
BURAPHA UNIVERSITY
2025

COPYRIGHT OF BURAPHA UNIVERSITY

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์และคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของ เพ็ญพิมล บุญชู ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก

.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์)

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กิตติมา พันธ์พฤกษา)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธาน

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปริญญา ทองสอน)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กิตติมา พันธ์พฤกษา)

.....กรรมการ

(ดร.ธนาวุฒิ ลาตวงษ์)

.....คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร. สฎายุ ธีระวณิชตระกูล)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ ของมหาวิทยาลัยบูรพา

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร.วิทวัส แจ้งเอี่ยม)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

63910093: สาขาวิชา: การสอนวิทยาศาสตร์; กศ.ม. (การสอนวิทยาศาสตร์)
คำสำคัญ: สื่อแอนิเมชันประกอบการเรียน, ความเข้าใจในการเรียนวิทยาศาสตร์, ความพึงพอใจต่อสื่อแอนิเมชันประกอบการเรียน

เพ็ญพิมล บุญชู : การสร้างสื่อแอนิเมชันประกอบการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง คลื่นและแสง เพื่อส่งเสริมความเข้าใจในการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 . (CREATING ANIMATION MEDIA FOR STUDYING SCIENCE ON WAVE AND LIGHT TO ENCOURAGE UNDERSTANDING OF SCIENCE LEARNING OF MATHAYOMSUKSA THREE STUDENTS) คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์: เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์, กศ.ด, กิตติมา พันธ์พฤกษา, กศ.ด ปี พ.ศ. 2568.

วิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อสร้างสื่อแอนิเมชันประกอบการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง คลื่นและแสง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ให้มีประสิทธิภาพ E_1/E_2 ตามเกณฑ์ 80/80 2) เพื่อศึกษาความเข้าใจในการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง คลื่นและแสง ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้สื่อแอนิเมชันประกอบการเรียนก่อนและหลังเรียน 3) เพื่อศึกษาระดับความพึงพอใจต่อสื่อแอนิเมชันประกอบการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง คลื่นและแสง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยมีกลุ่มตัวอย่างการวิจัย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนวัดท้องคุ้ง“ไพโรจน์ประชาสรรค์” ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 จำนวน 1 ห้องเรียน โดยการสุ่มห้องเรียนโดยวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม จำนวน 40 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ สื่อแอนิเมชันประกอบการเรียน แผนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ แบบวัดความเข้าใจในการเรียนวิทยาศาสตร์ และแบบวัดความพึงพอใจต่อสื่อแอนิเมชันประกอบการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง คลื่นและแสง สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การทดสอบประสิทธิภาพ E_1/E_2 การทดสอบทีแบบสองกลุ่มที่ไม่เป็นอิสระจากกัน

ผลการวิจัยสรุปได้ ดังนี้

1) ประสิทธิภาพของสื่อแอนิเมชันประกอบการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง คลื่นและแสง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีประสิทธิภาพเท่ากับ 88.36/85.17

2) ผลการศึกษาคะแนนความเข้าใจในการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง คลื่นและแสง ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ก่อนเรียนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 17.42 และหลังเรียนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 34.02 คะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3) ผลการศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียนต่อสื่อแอนิเมชันประกอบการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง คลื่นและแสง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด

63910093: MAJOR: SCIENCE TEACHING; M.Ed. (SCIENCE TEACHING)
KEYWORDS: animation, the understanding of learning science, satisfaction to animation media

PHENPIMOL BOONCHU : CREATING ANIMATION MEDIA FOR STUDYING SCIENCE ON WAVE AND LIGHT TO ENCOURAGE UNDERSTANDING OF SCIENCE LEARNING OF MATHAYOMSUKSA THREE STUDENTS. ADVISORY COMMITTEE: CHADE SIRISAWAT, Ed.D. KITTIMA PANPRUEKSA, Ed.D 2025.

The purpose of this research are 1) To create an animation media for learning science on waves and light for Mathayom 3 students with an efficiency of E1/E2 according to the criteria of 80/80. 2) To study the understanding of learning science on waves and light that was organized by using animation media for learning before and after learning. 3) To study the level of satisfaction with animation media for learning science on the topic of waves and light for Mathayom 3 students. The sample consisted 40 in Mathayom 3 students 1 classroom of Wat Thong Kung "Pairoj Prachasan" School in the second semester of the academic year 2024, by using cluster random sampling technique. The research instruments included science learning animation media, the learning management plans of science, science learning understanding tests, and satisfaction measurement forms for science learning animation media on the topic of waves and light. The statistics used in data analysis included mean and standard deviation. E1/E2 Efficiency Test Dependent Sample t-test.

The results of the research are summarized as follows:

1) The efficiency of the animation media for learning science on Waves and light, of Mathayom 3 students is 88.36/85.17.

2) The results of the study of the understanding score before learning has an average of 17.42 and after has an average of 34.02, indicating that the post-learning score is higher than the pre-learning score at the .05 level.

3) The satisfaction of the students with the animation media for learning science on Waves and light, of Mathayom 3 students in overall average is 4.51 at the “highest” level.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความกรุณาจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กิตติมา พันธ์พฤกษา อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำแนวทางที่ถูกต้อง ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความละเอียดถี่ถ้วน และเอาใจใส่ด้วยดีเสมอมา ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่ง จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อารียา เอี่ยมบู่ อาจารย์วรศักดิ์ สีดามล อาจารย์วลัยทิพย์ ศิริรัตน์ อาจารย์บังอร ลำภา และอาจารย์วนาลี ชาวป่า ผู้เชี่ยวชาญที่ให้ความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัย รวมทั้งให้คำแนะนำแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยให้มีความถูกต้องและมีคุณภาพยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณ ผู้บริหารสถานศึกษา คณะครู เจ้าหน้าที่ โรงเรียนวัดท้องคุ้ง"ไพโรจน์ประชาสรรค์" ที่อำนวยความสะดวกและกรุณาให้ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยในโรงเรียน และขอขอบใจนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ปีการศึกษา 2567 ที่ให้ความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยและฝึกประสบการณ์ให้แก่ผู้วิจัยได้อย่างยิ่ง

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อสุทธิโรจน์ คุณแม่อังคนา บุญชู และครูบาอาจารย์ทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือ ให้กำลังใจ และคอยสนับสนุนผู้วิจัยเสมอมา ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

คุณค่าและประโยชน์ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นกตัญญูกตเวทิตาแด่บุพการี บูรพาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่าน ทั้งในอดีตและปัจจุบันที่ทำให้ข้าพเจ้าเป็นผู้มีการศึกษา และประสบความสำเร็จมาจนตราบเท่าทุกวันนี้

เพ็ญพิมล บุญชู

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ฉ

กิตติกรรมประกาศ ..... ช

สารบัญ ..... ฌ

สารบัญตาราง ..... ฏ

สารบัญภาพ ..... ฑ

บทที่ 1 1

บทนำ 1

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

วัตถุประสงค์ของการวิจัย 4

สมมติฐานของการวิจัย 4

ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย 5

ขอบเขตของการวิจัย 5

กรอบแนวคิดการวิจัย 6

นิยามศัพท์เฉพาะ 7

บทที่ 2 9

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 9

กรอบสาระการเรียนรู้ วิชาวิทยาศาสตร์ พื้นฐาน เรื่อง คลื่นและแสง 9

ทฤษฎีการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้อง 20

สื่อแอนิเมชันประกอบการเรียน 27

ความเข้าใจในการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง คลื่นและแสง 38

ความพึงพอใจต่อสื่อแอนิเมชันประกอบการเรียน 42
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 45
บทที่ 3 49
วิธีดำเนินการวิจัย 49
ขั้นตอนที่ 1 การวิเคราะห์ (Analysis : A) 49
ขั้นตอนที่ 2 การออกแบบและพัฒนา (Design & Development : D1 & D2) 53
ขั้นตอนที่ 3 การทดลองใช้ (Implementation : I) 57
ขั้นตอนที่ 4 การประเมินผล (Evaluation : E) 65
บทที่ 4 71
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 71
สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล 71
การเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล 72
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 72
บทที่ 5 77
สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 77
สรุปผลการวิจัย 78
อภิปรายผลการวิจัย 78
ข้อเสนอแนะ 80
บรรณานุกรม 81
ภาคผนวก 89
ภาคผนวก ก 90
ภาคผนวก ข 92
ภาคผนวก ค 107
ภาคผนวก ง 114

ประวัติย่อของผู้วิจัย..... 196

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 โครงสร้างรายวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 10

ตารางที่ 2 วิเคราะห์มาตรฐานและตัวชี้วัด สาระการเรียนรู้ วัตถุประสงค์การเรียนรู้ และจำนวนเวลาเรียน เรื่อง คลื่นและแสง 14

ตารางที่ 3 แสดงเกณฑ์การประเมินข้อสอบอัตนัย 42

ตารางที่ 4 วิเคราะห์มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด สาระการเรียนรู้ วัตถุประสงค์การเรียนรู้ และจำนวนเวลาเรียน เรื่อง คลื่นและแสง..... 51

ตารางที่ 5 วิเคราะห์ผลการเรียนรู้ แนวคิดหลัก และสื่อการเรียนการสอน เรื่อง คลื่นและแสง 53

ตารางที่ 6 การกำหนดจำนวนแบบทดสอบที่ต้องการให้สอดคล้องระหว่างสาระการเรียนรู้และวัตถุประสงค์การเรียนรู้..... 60

ตารางที่ 7 โครงสร้างการประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนต่อสื่อแอนิเมชัน..... 62

ตารางที่ 8 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพในการสร้างสื่อแอนิเมชันประกอบการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง คลื่นและแสง เพื่อส่งเสริมความเข้าใจในการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 72

ตารางที่ 9 ผลการวิเคราะห์การประเมินความเข้าใจในการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง คลื่นและแสง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3..... 73

ตารางที่ 10 การเปรียบเทียบร้อยละของค่าเฉลี่ยคะแนนพัฒนาการของผลความเข้าใจในการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง คลื่นและแสง จำนวน 5 สาระการเรียนรู้ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้สื่อแอนิเมชันประกอบการเรียน ก่อนเรียนและหลังเรียน 74

ตารางที่ 11 ผลการประเมินค่าความพึงพอใจของผู้เรียนต่อสื่อแอนิเมชันประกอบการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง คลื่นและแสง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3..... 75

ตารางที่ 12 การประเมินความสอดคล้องของข้อคำถามกับรายการประเมินที่ใช้ในการประเมินสื่อแอนิเมชันประกอบการเรียน โดยผู้เชี่ยวชาญ..... 93

ตารางที่ 13 การประเมินความสอดคล้องของสื่อแอนิเมชันประกอบการเรียน เรื่อง คลื่นและแสง จำนวน 5 สื่อ โดยผู้เชี่ยวชาญ..... 94

ตารางที่ 14 ผลการประเมินค่าความเหมาะสมของสื่อแอนิเมชันประกอบการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง คลื่นและแสง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยผู้เชี่ยวชาญ 99

ตารางที่ 15 การประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง คลื่นและแสง โดยผู้เชี่ยวชาญ 100

ตารางที่ 16 การประเมินค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ของแบบวัดความเข้าใจในการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง คลื่นและแสง ใช้ดัชนีความสอดคล้องกับตัวชี้วัด โดยผู้เชี่ยวชาญ 102

ตารางที่ 17 การวิเคราะห์ค่าความยากง่ายของแบบวัดความเข้าใจในการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง คลื่นและแสง จำนวน 20 ข้อ 103

ตารางที่ 18 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของแบบวัดความเข้าใจในการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง คลื่นและแสง 104

ตารางที่ 19 การวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดความเข้าใจในการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง คลื่นและแสง 105

ตารางที่ 20 การประเมินความสอดคล้องของข้อคำถามแบบประเมินความพึงพอใจ ความเหมาะสม 106

ตารางที่ 21 คะแนนของการทดสอบประสิทธิภาพ (E1/E2) ของสื่อแอนิเมชันประกอบการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง คลื่นและแสง เพื่อส่งเสริมความเข้าใจในการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 40 คน 108

ตารางที่ 22 คะแนนของการประเมินความเข้าใจในการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง คลื่นและแสง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ก่อนเรียนและหลังเรียนโดยใช้สื่อแอนิเมชันประกอบการเรียน 110

ตารางที่ 23 ผลการเปรียบเทียบคะแนนวัดความเข้าใจในการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง คลื่นและแสง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้สถิติ t-test แบบ Dependent Sample 112

ตารางที่ 24 ผลการประเมินค่าความพึงพอใจของผู้เรียนต่อสื่อแอนิเมชันประกอบการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง คลื่นและแสง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 113

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย 6
ภาพที่ 2 สื่อแอนิเมชันประกอบการเรียน ชุด magic of mechanic wave 115
ภาพที่ 3 สื่อแอนิเมชันประกอบการเรียน ชุด สเปกตรัม 7 สี คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าส่องแสง 116
ภาพที่ 4 สื่อแอนิเมชันประกอบการเรียน ชุด How to reflection 117
ภาพที่ 5 สื่อแอนิเมชันประกอบการเรียน ชุด How to refraction 118
ภาพที่ 6 สื่อแอนิเมชันประกอบการเรียน ชุด light-bright 119

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

วิทยาศาสตร์เป็นวัฒนธรรมของโลกสมัยใหม่ซึ่งเป็นสังคมแห่งความรู้ (Knowledge based society) ซึ่งมีบทบาทสำคัญต่อโลกปัจจุบันและอนาคต โดยเฉพาะอย่างยิ่งในยุคสมัยนี้ที่วิทยาศาสตร์ได้เข้ามาเกี่ยวข้องกับชีวิตของมนุษย์ทุกคน ทั้งในด้านการดำเนินชีวิต การเรียน การงานอาชีพ เศรษฐกิจ สิ่งแวดล้อม รวมถึงผลผลิตต่าง ๆ สิ่งเหล่านี้ล้วนต้องมีหลักวิทยาศาสตร์มาเกี่ยวข้องอยู่ตลอด (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551) วิทยาศาสตร์ในปัจจุบันเจริญก้าวหน้าควบคู่ไปกับเทคโนโลยีที่ช่วยให้มนุษย์พัฒนาวิธีคิด ทั้งความคิดเป็นเหตุเป็นผล คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์ วิจารณ์ การสร้างแบบจำลอง มีทักษะสำคัญในการค้นหาความรู้ มีความสามารถในการแก้ไขปัญหาและความสามารถในการตัดสินใจใช้ข้อมูลที่หลากหลาย เรียกได้ว่าวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นตัวช่วยที่ทำให้ชีวิตของมนุษย์มีความสะดวกสบายและพัฒนาให้มีประสิทธิภาพสูงสุด ดังนั้น คนเราจึงจำเป็นต้องเรียนรู้และก้าวทันกับความเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น เพื่อที่จะมีความรู้และเข้าใจในธรรมชาติและเทคโนโลยีที่มนุษย์สร้างขึ้น รวมถึงสามารถนำความรู้ไปใช้อย่างสร้างสรรค์ และมีคุณธรรมในชีวิตประจำวันและในแวดวงการศึกษาด้วย (กิดานันท์ มลิทอง, 2548)

ปัจจุบันวิทยาศาสตร์ศึกษาทั่วโลกต่างให้ความสำคัญต่อการพัฒนาผู้เรียนให้มีความเข้าใจในเนื้อหาสาระวิทยาศาสตร์ ความสามารถทางการคิด และความสามารถในการศึกษาหาความรู้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อให้ประชาชนมีความรู้พื้นฐานในการดำรงชีวิตอยู่บนโลกที่ได้รับผลกระทบจากวิทยาศาสตร์ในสังคม (Lonsbury and Ellis, 2002) ซึ่งขั้นแรกของการทำให้ความรู้ที่ได้รับมาเกิดประสิทธิภาพคือ ความเข้าใจ โดย การพัฒนาความเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ปรากฏในเป้าหมายสำคัญของวิทยาศาสตร์ศึกษาอยู่เสมอ ดังนั้นในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์จึงต้องเน้นที่กระบวนการการจัดการเรียนรู้และผลลัพธ์ว่าผู้เรียนจะเกิดความเข้าใจในการเรียนอย่างแท้จริง (Fouad Abd–El–Khalick et al, 2017)

กระทรวงศึกษาธิการได้กำหนดหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 ซึ่งใช้เป็นหลักในการจัดการเรียนการสอนในปัจจุบันมีเป้าหมายคือการพัฒนาคุณภาพผู้เรียน การพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมพื้นฐานในการดำรงชีวิต ซึ่งหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มุ่งพัฒนาผู้เรียนทุกคนซึ่งเป็นกำลังของชาติให้เป็นมนุษย์ที่มีความสมดุลทั้งด้านร่างกาย ความรู้ คุณธรรม และจิตสำนึกในการเป็นพลเมืองไทยมีความรู้และทักษะพื้นฐานรวมทั้งเจตคติที่จำเป็นต่อการศึกษา

การประกอบอาชีพและการศึกษาตลอดชีวิต โดยมุ่งเน้นที่ผู้เรียนเป็นสำคัญบนพื้นฐานความเชื่อว่าทุกคนสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้เต็มตามศักยภาพ โดยมีสื่อการเรียนรู้ที่จะนำมาใช้ในการจัดการ

เรียนรู้ให้มีความหลากหลายทั้งสื่อธรรมชาติ สื่อสิ่งพิมพ์ สื่อเทคโนโลยี และสื่ออื่น ๆ ซึ่งช่วยส่งเสริมให้การเรียนรู้เป็นไปอย่างมีคุณค่า น่าสนใจ ชวนคิด ชวนติดตาม เข้าใจได้ง่ายและรวดเร็วขึ้น รวมทั้งกระตุ้นให้ผู้เรียนรู้จักวิธีการแสวงหาความรู้ เกิดการเรียนรู้อย่างกว้างขวางลึกซึ้งและต่อเนื่องตลอดเวลาเพื่อให้การใช้สื่อการเรียนรู้เป็นไปตามแนวการจัดการเรียนรู้ รวมถึงพัฒนาผู้เรียนให้เกิดการเรียนรู้อย่างแท้จริง (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551)

วิชาวิทยาศาสตร์เป็นรากฐานที่สำคัญของหลายสาขาวิชา เช่น วิชาฟิสิกส์ วิชาเคมี วิศวกรรมศาสตร์ สถาปัตยกรรมศาสตร์ ธรณีวิทยา โบราณคดี การบูรณาการความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ประยุกต์ใช้ในการแพทย์ และประยุกต์ใช้กับวิทยาศาสตร์ชีวภาพ นอกจากนี้ วิทยาศาสตร์ยังสามารถอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน หรือหลักการพื้นฐานของสิ่งที่พบเห็นได้อีกด้วย (ฐิติพงษ์ อุ่นใจ, 2560) ทั้งนี้ เนื้อหาของวิชาวิทยาศาสตร์นั้นเป็นเรื่องที่ซับซ้อนเข้าใจยาก จึงทำให้ผู้เรียนบางส่วนเกิดความเบื่อหน่าย ไม่อยากเรียน ขาดแรงจูงใจในการเรียน และจากการที่ผู้วิจัยได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนวัดท้องคุ้ง “ไพโรจน์ประชาสรรค์” พบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยอยู่ที่ 60.67 จากคะแนนเต็ม 100 ซึ่งยังไม่เป็นไปตามเป้าหมายของโรงเรียนที่กำหนดไว้ว่าผู้เรียนควรได้คะแนนเฉลี่ย 65 คะแนนขึ้นไป และจากการที่ผู้วิจัยได้สัมภาษณ์นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนวัดท้องคุ้ง “ไพโรจน์ประชาสรรค์”เกี่ยวกับการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์พบว่าผู้เรียนส่วนใหญ่ไม่ชอบเรียนวิชาวิทยาศาสตร์เนื่องจากเนื้อหามีความเข้าใจยาก มีโจทย์ปัญหาที่ซับซ้อน และมีความเป็นนามธรรมสูงจนผู้เรียนไม่สามารถจินตนาการภาพตามได้ ซึ่งผู้เรียนส่วนใหญ่ได้ให้ความคิดเห็นที่ตรงกันว่าเนื้อหาในบทเรียนเรื่อง คลื่นและแสง เป็นเรื่องที่เข้าใจได้ยากที่สุด เนื่องจากเนื้อหามีความเป็นนามธรรมสูง เนื้อหาส่วนใหญ่เป็นเชิงทฤษฎี และปรากฏการณ์ต่าง ๆ ทำให้ผู้เรียนต้องใช้จินตนาการในการคิดให้เกิดภาพ ซึ่งบางครั้งผู้เรียนอาจเกิดความเข้าใจผิดในภาพที่ผู้เรียนจินตนาการขึ้นมา รวมถึงผู้เรียนบางคนไม่สามารถจินตนาการภาพจากบทเรียนได้ส่งผลให้ผู้เรียนไม่เข้าใจและไม่สนใจในบทเรียน

ในการศึกษาวิทยาศาสตร์ตามแนวคิดของนักวิทยาศาสตร์ศึกษาและนักการศึกษาทฤษฎีการเรียนรู้ต่าง ๆ จิตวิทยาการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ จะเห็นได้ว่าครูต้องใช้รูปแบบกระบวนการเรียนรู้ และกิจกรรมการสอนที่หลากหลาย เพื่อให้ได้การเรียนการสอนที่ดึงดูดความสนใจของผู้เรียน ทำให้ผู้เรียนเข้าใจในเนื้อหาง่ายขึ้นและได้ฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์อย่างแท้จริง ซึ่งการ

สร้างสื่อการสอนแอนิเมชันจะช่วยพัฒนาการจัดการเรียนการสอนดังกล่าว โดย วิภา อุตมฉันท์ (2538) กล่าวว่า การใช้เทคนิคภาพเป็นความสามารถพิเศษของนักผลิตรายการ เพราะเทคนิคภาพที่ดีย่อมนำไปสู่รายการที่ดี เทคนิคภาพใช้ได้ดีกับบุคคลทุกเพศ ทุกวัย และเป็นเทคนิคที่ใช้ได้ดีกับการศึกษาทั่วไป ซึ่งเทคนิคการทำภาพเคลื่อนไหว หรือ แอนิเมชัน เป็นเทคนิคภาพที่ได้รับความนิยมอย่างสูงในปัจจุบัน สอดคล้องกับ ธรรมศักดิ์ เอื้อรักสกุล (2547) ที่กล่าวว่า สื่อแอนิเมชันสามารถดึงดูดความสนใจของผู้เรียนทำให้เข้าใจในบทเรียนได้ง่าย และเข้าใจได้ตรงกัน เนื่องจากเห็นภาพเคลื่อนไหวในบทเรียนนั้นได้ชัดเจนมากกว่าจะเป็นเพียงตัวหนังสือหรือภาพนิ่ง

สื่อแอนิเมชัน คือ “การสร้างภาพเคลื่อนไหว” ด้วยการนำภาพนิ่งมาเรียงลำดับกัน และแสดงผลอย่างต่อเนื่องทำให้ดวงตาเห็นภาพที่มีการเคลื่อนไหวในลักษณะภาพติดตา (ทวีศักดิ์ กาญจนสุวรรณ, 2552) ดังนั้นหากนำสื่อแอนิเมชันมาประยุกต์ใช้เป็นสื่อการสอนจะเป็นวิธีหนึ่งที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้เรียนรู้เนื้อหาในส่วนที่เป็นนามธรรมให้เป็นรูปธรรมมากขึ้น ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาในส่วนที่ยากให้เข้าใจง่ายขึ้น รวมถึงจะช่วยฝึกประสบการณ์ที่สัมพันธ์กับชีวิตจริงให้เห็นภาพชัดเจนมากขึ้น ได้ฝึกฝนทักษะการแสวงหาความรู้ ทักษะการจัดการกับความรู้ ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป และทักษะการทดลอง วิธีนี้จัดว่าเป็นวิธีเรียนที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมกับการเรียนการสอนที่มีคุณภาพได้อีกวิธีหนึ่ง จึงนับว่าเป็นวิธีที่ควรนำมาใช้อย่างยิ่งกับการเรียนการสอนในปัจจุบันเพื่อให้การเรียนรู้ของนักเรียนเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งในการจัดการเรียนการสอนนั้น สื่อแอนิเมชันประเภท 2 มิติ เป็นสื่อที่ได้รับความนิยมอย่างมาก สามารถจัดทำได้ด้วยตัวเอง และที่สำคัญจะทำให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้สิ่งต่าง ๆ ได้ดีกว่าการเรียนรู้แบบบรรยายเพียงอย่างเดียว นอกจากนี้ยังสามารถพัฒนาสื่อให้เหมาะสมกับผู้เรียน เชื่อมโยงกับเนื้อหาบทเรียน และประยุกต์ใช้ได้กับวิธีการสอนที่หลากหลาย เพื่อให้ผู้เรียนมีประสิทธิภาพในการเรียนรู้สูงสุด (จิรพันธุ์ ศรีสมพันธุ์, 2557)

นอกจากนั้นจากการศึกษางานวิจัยของ ชุติมา เจริญผล (2560) ได้ทำการพัฒนาชุดการสอนวิทยาศาสตร์เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน คณารักษ์ โชติจันทึก (2553) ได้พัฒนาสื่อการเรียนการสอนเรื่องอัตราของปฏิกิริยาเคมี และการไทเทรตกรด-เบส ในวิชาปฏิบัติการเคมีทั่วไป เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติของนักศึกษาที่มีต่อการเรียนหลังใช้สื่อการเรียนการสอน จิตต์วิสุทธิ์ วิมุตติปัญญา และธีรพัฒน์ จันษร (2559) ได้พัฒนาสื่อแอนิเมชันประกอบการเรียนเรื่อง โครงสร้างอะตอม สำหรับนักศึกษาสาขาวิทยาศาสตร์ทั่วไป ชั้นปีที่ 3 เพื่อศึกษาความรู้ความเข้าใจของนักศึกษาหลังได้รับการเรียนรู้ด้วยสื่อแอนิเมชันประกอบการเรียนนี้ พบว่าผู้เรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้สื่อการสอนแอนิเมชันมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุม และยังพบว่า

นักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงมากขึ้น รวมถึงนักเรียนมีเจตคติที่ดีต่อวิชาวิทยาศาสตร์สูงขึ้นอีกด้วย

จากเหตุผลดังกล่าวผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะสร้างสื่อการสอนแอนิเมชันประกอบการเรียนมาใช้ในการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง คลื่นและแสง เพื่อที่จะเปลี่ยนเนื้อหาจากนามธรรมให้มีความเป็นรูปธรรมทำให้ผู้เรียนเห็นภาพที่ถูกต้องและตรงกัน ลดความซับซ้อน เข้าใจเนื้อหาได้ง่ายขึ้นและสามารถที่จะพัฒนาความเข้าใจในการเรียนวิทยาศาสตร์ และส่งผลให้นักเรียนสนุกกับการเรียน ไม่เบื่อหน่าย ฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในด้านต่าง ๆ ซึ่งจะส่งผลดีต่อการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ในระดับที่สูงขึ้นของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนวัดท้องคุ้ง “ไพโรจน์ประชาสรรค์”

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อสร้างสื่อแอนิเมชันประกอบการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง คลื่นและแสง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ให้มีประสิทธิภาพ E_1/ E_2 ตามเกณฑ์ 80/80

2. เพื่อศึกษาความเข้าใจในการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง คลื่นและแสง โดยการใช้สื่อแอนิเมชันประกอบการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

3. เพื่อศึกษาระดับความพึงพอใจต่อสื่อแอนิเมชันประกอบการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง คลื่นและแสง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

สมมติฐานของการวิจัย

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า การใช้สื่อการสอนแอนิเมชันมีผลต่อการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เช่น ชุติมา เจริญผล (2560) ได้พัฒนาชุดการสอนวิทยาศาสตร์เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่สอนด้วยชุดการสอนก่อนเรียนและหลังเรียน และศึกษาความคงทนในการเรียนรู้ของนักเรียน ผลการวิจัยพบว่า ชุดการสอนที่พัฒนาขึ้นที่ประสิทธิภาพ 82.43/80.44 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดคือ 80/80 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และนักเรียนที่ได้รับการสอนด้วยชุดการสอนนี้มีความคงทนในการเรียนรู้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ตั้งสมมติฐาน 1 ข้อ ดังนี้

1. ความเข้าใจในการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง คลื่นและแสง โดยการใช้สื่อแอนิเมชันประกอบการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

1. ได้สื่อแอนิเมชันประกอบการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง คลื่นและแสง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่มีประสิทธิภาพซึ่งจะช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจในการเรียนวิทยาศาสตร์สูงขึ้น

2. เป็นแนวทางสำหรับครูผู้สอนในการพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนด้วยสื่อแอนิเมชันประกอบการเรียน

3. เป็นแนวทางในการพัฒนาสื่อแอนิเมชันประกอบการเรียน เพื่อการจัดการเรียนการสอนในรายวิชา และในระดับชั้นอื่น ๆ ต่อไป

ขอบเขตของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขตการวิจัยไว้ดังนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1.1 ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนวัดท้องคุ้ง “ไพโรจน์ประชาสรรค์” ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 จำนวน 4 ห้องเรียน จำนวน 160 คน โดยคละความสามารถในการเรียน เก่ง ปานกลาง อ่อน ของนักเรียน ห้องละเท่า ๆ กัน

1.2 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนวัดท้องคุ้ง “ไพโรจน์ประชาสรรค์” ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 จำนวน 1 ห้องเรียน โดยการสุ่มห้องเรียนด้วยวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) จำนวน 40 คน

2. ตัวแปรที่ศึกษา

2.1 ตัวแปรอิสระ คือ การจัดการเรียนการสอนโดยใช้สื่อแอนิเมชันประกอบการเรียน

2.2 ตัวแปรตาม คือ ความเข้าใจในการเรียนวิทยาศาสตร์และความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อสื่อแอนิเมชันประกอบการเรียน

3. เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ได้แก่ วิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง คลื่นและแสง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยประกอบด้วยเนื้อหาย่อยตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) ดังนี้

3.1 คลื่นกล

3.2 คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

3.3 การสะท้อนของแสง

3.4 การหักเหของแสง

3.5 ความสว่าง

4. ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

วิจัยครั้งนี้ดำเนินการในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 ใช้เวลาในการทดลอง 20 ชั่วโมง โดยทำการทดสอบก่อนเรียน 1 ชั่วโมงและทดสอบหลังเรียน 1 ชั่วโมง รวม 22 ชั่วโมง ซึ่งผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการวิจัยเอง

กรอบแนวคิดการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการพัฒนาสื่อแอนิเมชันประกอบการเรียนเพื่อพัฒนาความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์และความพึงพอใจของผู้เรียนในรายวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง คลื่นและแสง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยผู้วิจัยได้ยึดการออกแบบตามทฤษฎี ADDIE MODLE เป็นกรอบแนวคิดในการวิจัยดังภาพที่ 1

ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. สื่อแอนิเมชันประกอบการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง คลื่นและแสง หมายถึง การสร้างสรรค์ลายเส้นรูปทรงต่าง ๆ ให้เกิดการเคลื่อนไหวแบบ 2 มิติ ตามความคิดหรือจินตนาการของผู้สร้าง ซึ่งมีเนื้อเรื่องอยู่ภายใต้ขอบเขตเนื้อหาวิทยาศาสตร์ เรื่อง คลื่นและแสง ซึ่งสร้างจากโปรแกรม Adobe Photoshop เป็นโปรแกรมสำหรับสร้างตัวละครที่ใช้ในการสร้างสื่อแอนิเมชัน และโปรแกรม Adobe Premiere Pro เป็นโปรแกรมสำหรับซ้อนภาพแอนิเมชัน โดยการประเมินคุณภาพสื่อแอนิเมชันประกอบการเรียนจากแบบประเมินคุณภาพ แบบมาตราประมาณค่า 5 ระดับ ตามวิธีของลิเคอร์ท

2. การจัดการเรียนรู้ด้วยสื่อแอนิเมชัน หมายถึง การนำเทคนิคภาพเคลื่อนไหวประเภทแอนิเมชัน มาประกอบการเรียนตามเนื้อหาที่กำหนดไว้ และผู้สอนยังสามารถพัฒนาสื่อแอนิเมชันให้เหมาะกับผู้เรียนและเนื้อหา รวมถึงสามารถนำสื่อแอนิเมชันนี้ไปประยุกต์ใช้กับวิธีการสอนได้หลากหลายรูปแบบ ซึ่งในการวิจัยนี้จะนำสื่อแอนิเมชันไปใช้ร่วมกับการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน (5E) โดยสื่อแอนิเมชันจะถูกนำเสนอได้ในหลายขั้นตอนของการสอนขึ้นอยู่กับบริบทที่เหมาะสมกับเนื้อหานั้น ๆ ซึ่งขั้นตอนที่ใช้ในการนำเสนอสื่อแอนิเมชัน ได้แก่ ขั้นสร้างความสนใจ ขั้นสำรวจและค้นหา และขั้นขยายความรู้

3. ประสิทธิภาพของสื่อแอนิเมชันประกอบการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง คลื่นและแสง หมายถึง การหาประสิทธิภาพตัวสื่อแอนิเมชัน เป็นการหาประสิทธิภาพและการนำมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์ ซึ่งจะช่วยให้ผู้ใช้สื่อมีความมั่นใจว่าจะเกิดประโยชน์ต่อผู้เรียนจริงเมื่อใช้สื่อนั้นแล้ว การหาประสิทธิภาพของสื่อแอนิเมชันประกอบการเรียน (E) หาจาก E_1/E_2 ที่ต้องมีค่าประสิทธิภาพของกระบวนการต่อประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80

โดย E_1 หมายถึง ค่าประสิทธิภาพของกระบวนการเรียนรู้

E_2 หมายถึง ค่าประสิทธิภาพของผลลัพธ์การเรียนรู้

$$E_1 = \frac{\frac{\Sigma X_1}{N}}{A} \times 100$$

$$E_2 = \frac{\frac{\Sigma X_2}{N}}{B} \times 100$$

เมื่อ E_1 หมายถึง ค่าประสิทธิภาพของกระบวนการเรียนรู้ (Efficiency of Process)

E_2 หมายถึง ค่าประสิทธิภาพของผลลัพธ์การเรียนรู้ (Efficiency of Product)

ΣX_1 หมายถึง คะแนนรวมจากการทำกิจกรรมระหว่างเรียนของผู้เรียนทุกคน

ΣX_2 หมายถึง คะแนนรวมจากการทำแบบทดสอบหลังเรียนของผู้เรียนทุกคน

N หมายถึง จำนวนผู้เรียน

A หมายถึง คะแนนเต็มของแบบฝึกหัดระหว่างเรียน

B หมายถึง คะแนนเต็มของแบบทดสอบหลังเรียน

4. ความเข้าใจในการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง คลื่นและแสง หมายถึง ความสามารถของผู้เรียนที่จะอธิบาย ขยายความหรือเขียนเรื่องราวเกี่ยวกับเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง คลื่นและแสง โดยการใช้ถ้อยคำที่เป็นภาษาของตนเอง และสามารถที่จะแปลความหมาย ตีความหมาย หรือขยายความหมายข้อมูล จากเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง คลื่นและแสง ที่ได้รับมา ตัวอย่างเช่น แปลความหมายภาพปรากฏการณ์ การอธิบายความหมายของบทนิยามต่าง ๆ เป็นต้น ซึ่งความเข้าใจทางการเรียนวิทยาศาสตร์สามารถวัดได้จากแบบทดสอบชนิดเลือกตอบ 2 ชั้น โดยชั้นที่ 1 คือด้านการตีความ เป็นการเลือกตอบแบบปรนัย และชั้นที่ 2 คือด้านการขยายความ เป็นแบบอัตนัยคือการให้เหตุผลในการตอบข้อนั้น ๆ จำนวน 20 ข้อ

5. ความพึงพอใจของนักเรียนต่อสื่อแอนิเมชันประกอบการเรียน หมายถึง ความรู้สึกนึกคิดของนักเรียนในด้านความพอใจหรือทัศนคติของนักเรียนที่มีต่อสื่อแอนิเมชันประกอบการเรียน ซึ่งสามารถเป็นไปได้ทั้งทางบวกและทางลบ ถ้าเป็นไปในทางบวกก็จะทำให้เกิดผลดี แต่ถ้าเป็นไปในทางลบก็จะส่งผลเสียต่อสื่อแอนิเมชันประกอบการเรียน ซึ่งในการวัดความพึงพอใจจะทำการวัดทั้งหมด 3 ด้าน ได้แก่ ด้านเนื้อหา ด้านการออกแบบสื่อ และด้านภาพและเสียง โดยแบบวัดความพึงพอใจจะเป็นแบบมาตราประมาณค่า 5 ระดับ ตามวิธีของลิเคอร์ท จำนวน 16 ข้อ

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่อง การสร้างสื่อแอนิเมชันประกอบการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง คลื่นและแสง เพื่อพัฒนาความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ดังนี้

1. กรอบสาระการเรียนรู้ วิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน เรื่อง คลื่นและแสง
2. ทฤษฎีการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้อง
3. สื่อแอนิเมชันประกอบการเรียน
4. ความเข้าใจในการเรียนรู้
5. ความพึงพอใจในการเรียนรู้
6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กรอบสาระการเรียนรู้ วิชาวิทยาศาสตร์ พื้นฐาน เรื่อง คลื่นและแสง

หลักสูตรสถานศึกษา โรงเรียนวัดท้องคุ้ง “ไพโรจน์ประชาสรรค์” ได้กำหนดกรอบสาระการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์โดยอ้างอิงตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ซึ่งประกอบไปด้วยสาระการเรียนรู้ 4 สาระ ดังนี้

สาระที่ 1 วิทยาศาสตร์ชีวภาพ

สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ

สาระที่ 3 วิทยาศาสตร์โลกและอวกาศ

สาระที่ 4 เทคโนโลยี

มีสาระเพิ่มเติม 4 สาระ ดังนี้ สาระชีววิทยา สาระเคมี สาระวิทยาศาสตร์ และสาระโลกดาราศาสตร์ และอวกาศ

ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยมีความต้องการที่จะพัฒนาความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้สื่อแอนิเมชันประกอบการเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง คลื่นและแสง

1.1 คำอธิบายรายวิชา

สร้างแบบจำลองที่อธิบายการเกิดคลื่นและบรรยายส่วนประกอบของคลื่น รวมทั้งอธิบายคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากข้อมูลที่รวบรวมได้ ออกแบบการทดลองและดำเนินการทดลองด้วยวิธีที่เหมาะสมในการอธิบายกฎการสะท้อนของแสง รวมถึงการเขียนแผนภาพการเคลื่อนที่ของแสง แสดงการเกิดภาพจากกระจกเงา อธิบายการหักเหของแสงเมื่อผ่านตัวกลางโปร่งใสที่ต่างกัน และอธิบายการกระจายของแสงขาวเมื่อผ่านปริซึมจากหลักฐานเชิงประจักษ์ รวมทั้งเขียนแผนภาพการเคลื่อนที่ของแสง แสดงการเกิดภาพจากเลนส์บาง และอธิบายปรากฏการณ์ที่เกี่ยวกับแสง และการทำงานของ

ทัศนอุปกรณ์จากข้อมูลที่รวบรวมได้ และเขียนแผนภาพการเคลื่อนที่ของแสง แสดงการเกิดภาพของทัศนอุปกรณ์และเลนส์ตา

โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การสืบค้นข้อมูล การสำรวจตรวจสอบเพื่อให้เกิดความรู้ ความเข้าใจ ความคิด มีความสามารถในการสื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ การตัดสินใจ การนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวัน

เพื่อให้เกิดความรู้ ความคิด ความเข้าใจ สามารถสื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ มีความสามารถในการตัดสินใจ นำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวัน มีจิตวิทยาศาสตร์ จริยธรรม คุณธรรม และค่านิยมที่เหมาะสม โดยศึกษาโครงสร้างรายวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 โครงสร้างรายวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

หน่วยการเรียนรู้	มาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัด	เวลา (คาบ)
1. พันธุศาสตร์	**มาตรฐาน ว 1.3** เข้าใจกระบวนการและความสำคัญของการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม สารพันธุกรรมการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมที่มีผลต่อสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายทางชีวภาพและวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ **ตัวชี้วัด ม.3/1** อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างยีน ดีเอ็นเอ และโครโมโซม โดยใช้แบบจำลอง **ตัวชี้วัด ม.3/2** อธิบายการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมจากการผสมโดยพิจารณาลักษณะเดียว ที่แอลลีลเด่นข่มแอลลีลด้อยอย่างสมบูรณ์ **ตัวชี้วัด ม.3/3** อธิบายการเกิดจีโนไทป์และฟีโนไทป์ของลูก และคำนวณอัตราส่วนการเกิดจีโนไทป์และฟีโนไทป์ของรุ่นลูก **ตัวชี้วัด ม.3/4** อธิบายความแตกต่างของการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสและไมโอซิส **ตัวชี้วัด ม.3/5** บอกได้ว่าการเปลี่ยนแปลงของยีนหรือโครโมโซม อาจทำให้เกิดโรคทางพันธุกรรมพร้อมทั้งยกตัวอย่างโรคทางพันธุกรรม	18

ตารางที่ 1 (ต่อ)

หน่วยการเรียนรู้	มาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัด	เวลา (คาบ)
	ตัวชี้วัด ม.3/6 ตระหนักถึงประโยชน์ของความรู้เรื่องโรคทางพันธุกรรม โดยรู้ว่าก่อนแต่งงานควรปรึกษาแพทย์เพื่อตรวจและวินิจฉัยภาวะเสี่ยงของลูกที่อาจเกิดโรคทางพันธุกรรม **ตัวชี้วัด ม.3/7** อธิบายการใช้ประโยชน์จากสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม และผลกระทบที่อาจมีต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อมโดยใช้ข้อมูลที่รวบรวมได้ **ตัวชี้วัด ม.3/8** ตระหนักถึงประโยชน์และผลกระทบของสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมที่อาจมีต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม โดยการเผยแพร่ความรู้ที่ได้จากการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีข้อมูลสนับสนุน	
2. คลื่นและแสง	**มาตรฐาน ว 2.3** เข้าใจความหมายของพลังงาน การเปลี่ยนแปลงและการถ่ายโอนพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสสารและพลังงาน พลังงานในชีวิตประจำวัน ธรรมชาติของคลื่น ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเสียง แสง และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ **ตัวชี้วัด ม.3/10** สร้างแบบจำลองที่อธิบายการเกิดคลื่นและบรรยายส่วนประกอบของคลื่น **ตัวชี้วัด ม.3/11** อธิบายคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและสเปกตรัมคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากข้อมูลที่รวบรวมได้ **ตัวชี้วัด ม.3/12** ตระหนักถึงประโยชน์และอันตรายจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าโดยนำเสนอการใช้ประโยชน์ ในด้านต่าง ๆ และอันตรายจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในชีวิตประจำวัน **ตัวชี้วัด ม.3/13** ออกแบบการทดลองและดำเนินการทดลองด้วยวิธีที่เหมาะสมในการอธิบายกฎการสะท้อนของแสง **ตัวชี้วัด ม.3/14** เขียนแผนภาพการเคลื่อนที่ของแสงแสดงการเกิดภาพจากกระจกเงา	20

ตารางที่ 1 (ต่อ)

หน่วยการเรียนรู้	มาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัด	เวลา (คาบ)
	ตัวชี้วัด ม.3/15 อธิบายการหักเหของแสงเมื่อผ่านตัวกลางโปร่งใสที่แตกต่างกัน และอธิบายการกระจายแสงของแสงขาวเมื่อผ่านปริซึมจากหลักฐานเชิงประจักษ์ **ตัวชี้วัด ม.3/16** เขียนแผนภาพการเคลื่อนที่ของแสงแสดงการเกิดภาพจากเลนส์บาง **ตัวชี้วัด ม.3/17** อธิบายปรากฏการณ์ที่เกี่ยวกับแสง และการทำงานของทัศนอุปกรณ์จากข้อมูลที่รวบรวมได้ **ตัวชี้วัด ม.3/18** เขียนแผนภาพการเคลื่อนที่ของแสงแสดงการเกิดภาพของทัศนอุปกรณ์และเลนส์ตา **ตัวชี้วัด ม.3/19** อธิบายผลของความสว่างที่มีต่อดวงตาจากข้อมูลที่ได้จากการสืบค้น **ตัวชี้วัด ม.3/20** วัดความสว่างของแสงโดยใช้อุปกรณ์วัดความสว่างของแสง **ตัวชี้วัด ม.3/21** ตระหนักในคุณค่าของความรู้เรื่อง ความสว่างของแสงที่มีต่อดวงตา โดยวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาและเสนอแนะการจัดความสว่างให้เหมาะสมในการทำกิจกรรมต่าง ๆ	
3. ระบบสุริยะของเรา	**มาตรฐาน ว 2.3** เข้าใจองค์ประกอบ ลักษณะ กระบวนการเกิด และวิวัฒนาการของเอกภพ กาแล็กซี ดาวฤกษ์ และระบบสุริยะ รวมทั้งปฏิสัมพันธ์ภายในระบบสุริยะที่ส่งผลต่อสิ่งมีชีวิต และการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอวกาศ	16
	ตัวชี้วัด ม.3/1 อธิบายการโคจรของดาวเคราะห์รอบดวงอาทิตย์ด้วยแรงโน้มถ่วงจากสมการ $F = (Gm_1m_2) / r^2$ **ตัวชี้วัด ม.3/2** สร้างแบบจำลองที่อธิบายการเกิดฤดู และการเคลื่อนที่ปรากฏของดวงอาทิตย์ **ตัวชี้วัด ม.3/3** สร้างแบบจำลองที่อธิบายการเกิดข้างขึ้นข้างแรม การเปลี่ยนแปลงเวลา การขึ้นและตกของดวงจันทร์ และการเกิดน้ำขึ้นน้ำลง	

ตารางที่ 1 (ต่อ)

หน่วยการเรียนรู้	มาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัด	เวลา (คาบ)
	ตัวชี้วัด ม.3/4 อธิบายการใช้ประโยชน์ของเทคโนโลยีอวกาศและยกตัวอย่างความก้าวหน้าของโครงการสำรวจอวกาศ จากข้อมูลที่รวบรวมได้	
	สอบกลางภาค	3
	สอบปลายภาค	3
	รวม	60

งานวิจัยนี้ผู้วิจัยมีความต้องการที่จะพัฒนาความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้สื่อแอนิเมชันประกอบการเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง คลื่นและแสง เนื่องจากเนื้อหาในเรื่องคลื่นและแสง มีความเป็นนามธรรมสูง เนื้อหาส่วนใหญ่เป็นเชิงทฤษฎี และปรากฏการณ์ต่าง ๆ ทำให้ผู้เรียนต้องใช้จินตนาการในการคิดให้เกิดภาพ ซึ่งบางครั้งผู้เรียนอาจเกิดความเข้าใจผิดในภาพที่ผู้เรียนจินตนาการขึ้นมา รวมถึงผู้เรียนบางคนไม่สามารถจินตนาการภาพจากบทเรียนได้ส่งผลให้ผู้เรียนไม่เข้าใจและไม่สนใจในบทเรียน ในภาคเรียนที่ 2 จำนวน 20 ชั่วโมง โดยมีผลการเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ วัตถุประสงค์การเรียนรู้ และจำนวนเวลาเรียน ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 วิเคราะห์มาตรฐานและตัวชี้วัด สาระการเรียนรู้ วัตถุประสงค์การเรียนรู้ และจำนวนเวลาเรียน เรื่อง คลื่นและแสง

มาตรฐานการเรียนรู้	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้	วัตถุประสงค์การเรียนรู้	เวลาเรียน (คาบ)
มาตรฐาน ว 2.3 เข้าใจความหมายของพลังงาน การเปลี่ยนแปลงและการถ่ายโอนพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสสารและพลังงาน พลังงานในชีวิตประจำวัน ธรรมชาติของคลื่น ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเสียง แสง และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์	**ตัวชี้วัด ม.3/10** สร้างแบบจำลองที่อธิบายการเกิดคลื่นและบรรยายส่วนประกอบของคลื่น	คลื่นกล	1. สร้างแบบจำลองการเกิดคลื่นกล 2. บรรยายส่วนประกอบของคลื่นกล	3
	ตัวชี้วัด ม.3/11 อธิบายคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและสเปกตรัมคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากข้อมูลที่รวบรวมได้ **ตัวชี้วัด ม.3/12** ตระหนักถึงประโยชน์และอันตรายจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าโดยนำเสนอการใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ และอันตรายจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในชีวิตประจำวัน	คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า	3. บอกความหมายแม่เหล็กไฟฟ้าและสเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า 4. นำเสนอการใช้ประโยชน์และอันตราจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในชีวิตประจำวัน	3
	ตัวชี้วัด ม.3/13 ออกแบบการทดลองและดำเนินการทดลองด้วยวิธีที่เหมาะสมในการอธิบายกฎการสะท้อนของแสง **ตัวชี้วัด ม.3/14** เขียนแผนภาพการเคลื่อนที่ของแสง แสดงการเกิดภาพจากกระจกเงา	การสะท้อนของแสง	5. อธิบายกฎการสะท้อนของแสง 6.เขียนแผนภาพส่วนประกอบรังสีของแสง 7.เขียนภาพที่เกิดจากกระจกเงาราบและกระจกเงาโค้ง	6

ตารางที่ 2 (ต่อ)

มาตรฐานการเรียนรู้	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้	วัตถุประสงค์การเรียนรู้	เวลาเรียน (คาบ)
มาตรฐาน ว 2.3 เข้าใจความหมายของพลังงาน การเปลี่ยนแปลงและการถ่ายโอนพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสสารและพลังงาน พลังงานในชีวิตประจำวัน ธรรมชาติของคลื่น ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเสียง แสง และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์	**ตัวชี้วัด ม.3/15** อธิบายการหักเหของแสงเมื่อผ่านตัวกลางโปร่งใสที่แตกต่างกัน และอธิบายการกระจายแสงของแสงขาวเมื่อผ่านปริซึมจากหลักฐานเชิงประจักษ์ **ตัวชี้วัด ม.3/16** เขียนแผนภาพการเคลื่อนที่ของแสงแสดงการเกิดภาพจากเลนส์บาง **ตัวชี้วัด ม.3/17** อธิบายปรากฏการณ์ที่เกี่ยวกับแสง และการทำงานของทัศนอุปกรณ์จากข้อมูลที่รวบรวมได้ **ตัวชี้วัด ม.3/18** เขียนแผนภาพการเคลื่อนที่ของแสง แสดงการเกิดภาพของทัศนอุปกรณ์และเลนส์ตา	การหักเหของแสง	8. อธิบายการหักเหของแสงเมื่อผ่านตัวกลางต่าง ๆ 9. เขียนภาพการเคลื่อนที่ของแสงผ่านเลนส์บาง 10.อธิบายปรากฏการณ์เกี่ยวกับแสงและการทำงานของทัศนอุปกรณ์	6

	ตัวชี้วัด ม.3/19 อธิบายผลของความสว่างที่มีต่อดวงตาจากข้อมูลที่ได้จากการสืบค้น	ความสว่าง	11.อธิบายผลของความสว่างที่มีต่อดวงตา	2

ตารางที่ 2 (ต่อ)

มาตรฐานการเรียนรู้	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้	วัตถุประสงค์การเรียนรู้	เวลาเรียน (คาบ)
มาตรฐาน ว 2.3 เข้าใจความหมายของพลังงาน การเปลี่ยนแปลงและการถ่ายโอนพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสสารและพลังงาน พลังงานในชีวิตประจำวัน ธรรมชาติของคลื่น ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเสียง แสง และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์	**ตัวชี้วัด ม.3/20** วัดความสว่างของแสงโดยใช้อุปกรณ์วัดความสว่างของแสง **ตัวชี้วัด ม.3/21** ตระหนักในคุณค่าของความรู้เรื่อง ความสว่างของแสงที่มีต่อดวงตา โดยวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาและเสนอแนะการจัดความสว่างให้เหมาะสมในการทำกิจกรรมต่าง ๆ	ความสว่าง	12. วิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาและวิธีการจัดการความสว่างของสถานที่ต่าง ๆ ให้เหมาะสมกับกิจกรรม	
		รวม		20

1.2 สาระสำคัญของวิชา วิทยาศาสตร์ พื้นฐาน

1. พันธุศาสตร์

สิ่งมีชีวิตมีการถ่ายทอดลักษณะจากรุ่นหนึ่งไปยังอีกรุ่นหนึ่งได้ ลักษณะที่ถ่ายทอดนี้เรียกว่าลักษณะทางพันธุกรรม การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมเกี่ยวข้องกับดีเอ็นเอ ซึ่งเป็นสารพันธุกรรมที่อยู่ในนิวเคลียสของเซลล์

ดีเอ็นเอมีลักษณะเป็นสายยาวพันอยู่รอบโปรตีนที่มีลักษณะเป็นก้อนกลม สายของดีเอ็นเอและโปรตีนก่อนระยะการแบ่งเซลล์จะมีลักษณะเป็นเส้นใยเล็ก ๆ ยาวพันกันอยู่ในนิวเคลียสของเซลล์ เรียกว่า โครมาทิน เมื่อเข้าสู่ระยะการแบ่งเซลล์ โครมาทินจะขดตัวสั้นลง เรียกว่า โครโมโซม ส่วนบางช่วงของสายดีเอ็นเอที่กำหนดลักษณะของสิ่งมีชีวิต เรียกว่า ยีน

เมนเดลค้นพบการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมในถั่วลันเตา ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญเกี่ยวกับการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิต เมนเดลพบว่าสิ่งมีชีวิตมีหน่วยควบคุมลักษณะ เรียกว่า แฟกเตอร์ ซึ่งมีอยู่เป็นคู่ แฟกเตอร์หนึ่งมาจากพ่อและอีกแฟกเตอร์หนึ่งมาจากแม่ เมื่อมีการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ แฟกเตอร์ที่อยู่เป็นคู่จะแยกจากกันเป็นรุ่นลูกมีแฟกเตอร์ที่อยู่เป็นคู่เช่นเดิมอีก ซึ่งในปัจจุบันแฟกเตอร์นี้ เรียกว่า ยีน

ยีนที่ควบคุมลักษณะใดลักษณะหนึ่งจะอยู่กันเป็นคู่กันบนฮอมอโลกัสโครโมโซมซึ่งอาจมีรูปแบบเหมือนกันหรือแตกต่างกันก็ได้ รูปแบบที่แตกต่างกันของยีน เรียกว่า แอลลีล

การหาจีโนไทป์และฟีโนไทป์สามารถใช้วิธีการเขียนแผนภาพการผสมพันธุ์ แล้วนำผลที่ได้มาคำนวณหาอัตราส่วนของจีโนไทป์และฟีโนไทป์ของรุ่นลูกที่เกิดขึ้น

สิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดมีจำนวนโครโมโซมที่คงที่ มนุษย์มีจำนวนโครโมโซม 23 คู่ เป็นออโต้โซม 22 คู่ และโครโมโซมเพศ 1 คู่ เพศหญิงมีโครโมโซมเพศเป็น XX ส่วนเพศชายเป็น XY

การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส เป็นการแบ่งเซลล์เพื่อเพิ่มจำนวนเซลล์ร่างกาย ผลจากการแบ่งเซลล์จะได้เซลล์ใหม่ 2 เซลล์ที่มีลักษณะและจำนวนโครโมโซมเหมือนเซลล์ตั้งต้น ส่วนการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส เป็นการแบ่งเซลล์เพื่อสร้างเซลล์สืบพันธุ์ ผลจากการแบ่งเซลล์จะได้เซลล์ใหม่ 4 เซลล์ที่มีจำนวนโครโมโซมเป็นครึ่งหนึ่งของเซลล์ตั้งต้น เมื่อเกิดการปฏิสนธิของเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้และเศเมีย ลูกจะได้รับการถ่ายทอดโครโมโซมชุดหนึ่งจากพ่อและอีกชุดหนึ่งจากแม่ จึงเป็นผลให้รุ่นลูกมีจำนวนโครโมโซมเท่ากับรุ่นพ่อแม่และจะคงที่ในทุก ๆ รุ่น

การเปลี่ยนแปลงของยีนหรือโครโมโซม อาจส่งผลให้เกิดโรคทางพันธุกรรม เช่น กลุ่มอาการดาวน์ เกิดจากการเปลี่ยนแปลงจำนวนโครโมโซม โรคธาลัสซีเมียเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของยีน โรคทางพันธุกรรมสามารถถ่ายทอดจากพ่อแม่ไปสู่ลูกได้ ดังนั้นก่อนแต่งงานและมีบุตรตึงควรป้องกันโดยการตรวจและวินิจฉัยภาวะเสี่ยงจากการถ่ายทอดโรคทางพันธุกรรม

มนุษย์สามารถเปลี่ยนแปลงพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตเพื่อให้ได้สิ่งมีชีวิตที่มีลักษณะตามที่ต้องการ เรียกสิ่งมีชีวิตที่เกิดขึ้นนี้ว่า สิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม อย่างไรก็ตามแม้ว่าสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมจะมีข้อดีหลายประการ แต่สังคมก็ยังมีความกังวลเกี่ยวกับผลกระทบที่ต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม

2. คลื่น

คลื่นเกิดจากการส่งผ่านพลังงานจากบริเวณหนึ่งไปยังอีกบริเวณหนึ่งโดยอาศัยตัวกลางหรือไม่อาศัยตัวกลางก็ได้สำหรับคลื่นกล พลังงานกลจะถูกส่งผ่านตัวกลางโดยอนุภาคของตัวกลางไม่เคลื่อนที่ไปกับคลื่น คลื่นแผ่ออกมาจากแหล่งกำเนิดคลื่นอย่างต่อเนื่องและมีรูปแบบที่ซ้ำกัน บรรยายได้ด้วยสันคลื่น ท้องคลื่น ความยาวคลื่น ความถี่ แอมพลิจูด

คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นคลื่นที่ไม่อาศัยตัวกลางในการส่งผ่านพลังงาน มีความถี่ต่อเนื่องเป็นช่วงกว้างมากเคลื่อนที่ในสุญญากาศด้วยอัตราความเร็วเท่ากัน แต่จะเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วต่างกันในตัวกลางอื่น คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นออกเป็นช่วงความถี่ต่าง ๆ เรียกว่า สเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า แต่ละช่วงความถี่มีชื่อเรียกแตกตจ่างกัน ได้แก่ คลื่นวิทยุ ไมโครเวฟ อินฟราเรด แสง อัลตราไวโอเลต รังสีเอกซ์ และรังสีแกมมา ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้แตกต่างกัน

คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้านอกจากจะสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้แล้ว ยังมีอันตรายต่อมนุษย์ด้วย เช่น ถ้ามนุษย์ได้รับรังสีอัลตราไวโอเลตมากเกินไปอาจจะทำให้เกิดมะเร็งผิวหนังได้ หรือถ้ารับแสงแกมมาซึ่งเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีพลังงานสูงและสามารถทะลุผ่านเซลล์ เนื้อเยื่อ และอวัยวะได้จะทำให้เกิดความเสียหายต่อเนื้อเยื่อหรืออาจทำให้เสียชีวิตได้เมื่อได้รับรังสีแกมมาในปริมาณสูง

แสงเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่อยู่ในช่วงความถี่ที่เราสามารถมองเห็นได้และทำให้มองเห็นวัตถุได้เมื่อมีแสงจากวัตถุนั้น ๆ เข้าตา

แสงเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงในตัวกลางเดียวกัน เมื่อแสงตกกระทบวัตถุจะเกิดการสะท้อนซึ่งเป็นไปตามกฎการสะท้อนของแสง การสะท้อนของแสงทำให้เกิดภาพได้โดยภาพเกิดจากการรวมกันของแสงสะท้อน ถ้าแสงสะท้อนรวมกันจริงทำให้เกิดภาพจริง แต่ถ้าแสงสะท้อนไม่รวมกันแต่เสมือนว่ารวมกันจะเกิดภาพเสมือน

เมื่อแสงเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางที่แตกต่างกัน เช่น อากาศและน้ำ อากาศและแก้ว จะเกิดการหักเหที่บริเวณรอยต่อระหว่างสองตัวกลางนั้นเนื่องจากอัตราเร็วของแสงเปลี่ยนไป ในบางกรณีอาจเกิดการสะท้อนกลับหมดในตัวกลางที่แสงตกกระทบ การหักเหของแสงผ่านเลนส์ทำให้เกิดภาพ ซึ่งภาพจากเลนส์เกิดจากแสงหักเหไปรวมกัน ถ้าแสงรวมกันจริงจะเกิดภาพจริง แต่ถ้ารังสีหักเหไม่รวมกันแต่เสมือนว่ารวมกันจะเกิดภาพเสมือน

เมื่อแสงเคลื่อนที่จากอากาศผ่านปริซึมจะเกิดการกระจายของแสงเป็นแสงสีต่าง ๆ เรียกว่า สเปกตรัมของแสง เนื่องจากแสงแต่ละสีเคลื่อนที่ในปริซึมด้วยอัตราเร็วที่แตกต่างกัน จึงมลทำให้หักเหได้ไม่เท่ากันและแยกออกจากกัน

การสะท้อนและการหักเหของแสงนำไปใช้อธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับแสง เช่น รุ้ง มิราจ และอธิบายการทำงานของทัศนอุปกรณ์ เช่น แว่นขยาย กระจกเงาโค้งจราจร กล้องโทรทัศน์ กล้องจุลทรรศน์ แว่นสายตา

เมื่อแสงตกกระทบพื้นผิวหนึ่ง ๆ จะเกิดความสว่างบนพื้นผิวนั้น ความสว่างมีหน่วยเป็นลักซ์ โดยความสว่างมีผลต่อดวงตามนุษย์ การใช้สายตาในสภาพแวดล้อมที่มีความสว่างไม่เหมาะสมจะเป็นอันตรายต่อดวงตา เช่น การดูวัตถุในที่มีความสว่างมากหรือน้อยเกินไป การจ้องดูหน้าจอภาพเป็นเวลานาน ความรู้เกี่ยวกับความสว่างสามารถนำมาใช้จัดความสว่างให้เหมาะสมกับการทำกิจกรรมต่าง ๆ เช่น การจัดความสว่างที่เหมาะสมสำหรับการอ่านหนังสือหรือห้องผ่าตัด เป็นต้น

3. ระบบสุริยะของเรา

วัตถุในระบบสุริยะของเราต่างโคจรรอบดวงอาทิตย์ด้วยแรงโน้มถ่วงระหว่างดวงอาทิตย์และวัตถุเหล่านั้น แรงโน้มถ่วงเป็นแรงดึงดูดระหว่างวัตถุที่มีมวล ขนาดของแรงโน้มถ่วงมีความสัมพันธ์กับขนยาดของมวลทั้งสองของวัตถุ และกำลังสองของระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางมวลของวัตถุทั้งสอง ดาวเคราะห์โคจรรอบดวงอาทิตย์โดยมีวงโคจรเป็นรูปวงรี

โลกหมุนรอบตัวเองโดยแกนหมุนของโลกเอียง ขณะเดียวกันก็โคจรรอบดวงอาทิตย์ในลักษณะที่แกนหมุนของโลกเอียงคงที่ เมื่อโลกโคจรไปที่ตำแหน่งต่าง ๆ รอบดวงอาทิตย์ที่จะทำให้บริเวณต่าง ๆ บนโลกได้รับปริมาณแสงจากดวงอาทิตย์แตกต่างกัน เกิดเป็นฤดูของโลก และการที่แกนหมุนของโลกเอียงยังทำให้เกิดปรากฏการณ์การเปลี่ยนแปลงตำแหน่งการขึ้นและตกของดวงอาทิตย์ที่ขอบฟ้า ดังนั้นเส้นทางการขึ้นและตกของดวงอาทิตย์จึงเปลี่ยนแปลงไปทุกวัน นอกจากนี้ยังทำให้ระยะเวลากลางวันกลางคืนเกือบทั้งปียาวไม่เท่ากันซึ่งส่งผลต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตบนโลก

ในขณะที่โลกโคจรรอบดวงอาทิตย์ ดวงจันทร์ก็โคจรรอบโลกไปด้วย การที่ดวงจันทร์โคจรรอบโลกทำให้คนบนโลกมองเห็นส่วนของแสงสว่างของดวงจันทร์แตกต่างกันในแต่ละวัน โดยเห็นรูปร่างของดวงจันทร์เป็นเสี้ยว ครึ่งดวง ค่อนดวง และเต็มดวง เกิดปรากฏการณ์ข้างขึ้น ข้างแรม ดวงจันทร์ซึ่งเป็นทรงกลมจะรับแสงจากดวงอาทิตย์ครึ่งดวงเสมอไม่ว่าจะโคจรอยู่ที่ตำแหน่งใด และยังเห็นดวงจันทร์ขึ้นช้าไปในแต่ละวัน นอกจากนี้ยังเกิดปรากฏการณ์น้ำขึ้น น้ำลง ซึ่งเป็นผลมาจากแรงโน้มถ่วงระหว่างโลก ดวงจันทร์และดวงอาทิตย์อีกด้วย

เทคโนโลยีอวกาศมีบทบาทต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ โดยมนุษย์ได้ใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีอวกาศในด้านต่าง ๆ เช่น ด้านการสื่อสาร ด้านอุตุนิยมวิทยา ปัจจุบันเทคโนโลยีอวกาศ

ยังคงมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องไม่หยุดยั้ง นอกจากนี้โครงการสำรวจอวกาศทำให้เราทราบข้อมูลเพื่อเพิ่มพูนความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับวัตถุต่าง ๆ ในระบบสุริยะ รวมถึงการสังเกตสิ่งที่จะเป็นภัยต่อโลก เช่น ภัยจากพายุสุริยะ ภัยจากดาวเคราะห์น้อยพุ่งชนโลกและอื่น ๆ

ทฤษฎีการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้อง

ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์

เพียเจต์ อธิบายว่า พัฒนาการทางเชาวน์ปัญญาของบุคคลมีการปรับตัวผ่านทางกระบวนการซึมซับหรือดูดซึม (assimilation) และกระบวนการปรับโครงสร้างทางปัญญา (accommodation) เกิดขึ้นเมื่อบุคคลรับและซึมซับข้อมูลหรือประสบการณ์ใหม่เข้าไป สัมพันธ์กับความรู้หรือโครงสร้างทางปัญญาที่มีอยู่เดิม หากไม่สามารถสัมพันธ์กันได้จะเกิดภาวะไม่สมดุลขึ้น (disequilibrium) บุคคลจะพยายามปรับสภาวะให้อยู่ในภาวะสมดุล (equilibrium) โดยใช้กระบวนการปรับ โครงสร้างทางปัญญาเพียเจต์เชื่อว่าคนทุกคนจะมีการพัฒนาปัญญาไปตามลำดับขั้นจากการมีปฏิสัมพันธ์และประสบการณ์กับสิ่งแวดล้อมตามธรรมชาติและประสบการณ์ที่เกี่ยวกับการคิดเชิงตรรกะและคณิตศาสตร์ (logico - mathematical experience) รวมทั้งการถ่ายทอดความรู้ทางสังคม (social transmission) วุฒิภาวะ (Maturity) และกระบวนการพัฒนาความสมดุล (equilibration) ของบุคคลนั้น

พรรณี ช. เจนจิต (2528) กล่าวว่า ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ เป็นทฤษฎีที่ศึกษาถึงกระบวนการคิดทางด้านสติปัญญาของเด็กจากแรกเกิดจนถึงวัยรุ่น ซึ่งทฤษฎีดังกล่าวมีอิทธิพลต่อความรู้ทางด้าน จิตวิทยาพัฒนาการอย่างมาก เพียเจต์ได้กระตุ้นให้นักวิชาการสนใจกับขั้นตอนของพัฒนาการ โดยเฉพาะในส่วนที่เกี่ยวกับความรู้ความเข้าใจ เพียเจต์มีความเชื่อว่าเป้าหมายของพัฒนาการของมนุษย์ คือ 1) ความสามารถที่จะคิดอย่างมีเหตุผลกับสิ่งที่เป็นนามธรรม 2) ความสามารถที่จะคิดตั้งสมมติฐานอย่างสมเหตุสมผล 3) ความสามารถที่จะตั้งกฎเกณฑ์และการแก้ปัญหา โดยเพียเจต์กล่าวว่า โดยธรรมชาติแล้วมนุษย์มีแนวโน้มพื้นฐานที่ติดตัวมาแต่กำเนิด 2 ลักษณะ คือ 1) การจัดระบบภายใน (organization) และ 2) การปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อม (adaptation) ซึ่ง การจัดระบบภายใน เป็นการจัดการภายในโดยวิธีรวมกระบวนการต่าง ๆ เข้าด้วยกันอย่างเป็นระบบอย่างต่อเนื่องกันเป็นเรื่องเป็นราว เช่น เด็กเล็กเห็นของแล้วคว้า ซึ่งกิจกรรมนี้ประกอบด้วย 2 กระบวนการ คือ เห็นและคว้า การที่เด็กสามารถทำกิจกรรม 2 อย่าง ได้ในเวลาเดียวกัน เรียกว่า เป็นการรวมกระบวนการเข้าเป็นระบบ ส่วนการปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อม หมายถึงการปรับตัวเข้ากับสิ่งแวดล้อมเป็นแนวโน้มที่มีแต่กำเนิด การที่มนุษย์มีการปรับตัว เนื่องจากการที่มีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม ซึ่งการปรับตัวนี้ประกอบด้วย 2 กระบวนการ คือ การดูดซับ (assimilation) และการปรับให้เหมาะ (accommodation) ผลจากการเปลี่ยนแปลงปรับปรุงจะ

ก่อให้เกิดพัฒนาการทางสติปัญญาจากขั้นหนึ่งไปสู่อีกขั้นหนึ่ง จนในที่สุดถึงขั้นที่เรียกว่า Operation ซึ่งหมายถึงความสามารถที่เด็กจะคิดย้อนกลับได้ ซึ่งถือว่าเป็นหัวใจสำคัญของพัฒนาการทางสติปัญญาตามความคิดของเพียเจต์

สุรางค์ โค้วตระกูล (2550) ได้อธิบายขั้นตอนของทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ไว้ ดังนี้

ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ เชื่อว่าสติปัญญาของบุคคลมีการพัฒนาเป็นลำดับขั้นตามวัย ดังนี้

(1) ขั้นตอนการรับรู้ด้วยประสาทสัมผัส (Sensori-Motor Period) เป็นขั้นพัฒนาการในวัย 0-2 ปี เด็กในวัยนี้มีความคิดตามการรับรู้และการกระทำ เด็กยึดตัวเองเป็นศูนย์กลาง และยังไม่สามารถเข้าใจความคิดเห็นของผู้อื่น

(2) ขั้นก่อนปฏิบัติการคิด (Pre-Operational Period) เป็นขั้นพัฒนาการในวัย 2-7 ปี ความคิดของเด็กยังขึ้นอยู่กับการรับรู้และการกระทำเป็นส่วนใหญ่ แต่เริ่มเรียนรู้สัญลักษณ์ และการใช้เหตุผลได้บ้าง

(3) ขั้นการคิดแบบรูปธรรม (Concrete Operational Period) เป็นขั้นพัฒนาการในวัย 7-11 ปี เด็กสามารถสร้างภาพในใจ คิดย้อนกลับ และเข้าใจความสัมพันธ์ของตัวเลขและสิ่งต่าง ๆ ได้มากขึ้น

(4) ขั้นการคิดแบบนามธรรม (Formal Operational Period) เป็นขั้นพัฒนาการในช่วง 11-15 ปี เด็กสามารถคิดสิ่งที่เป็นนามธรรมและคิดตั้งสมมติฐานได้และใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้

ดังนั้นจากแนวคิดของเพียเจต์สามารถสรุปได้ว่า พัฒนาการทางสติปัญญาของบุคคลจะเป็นไปตามวัย 4 วัย ได้แก่ ขั้นรับรู้ด้วยประสารทสัมผัส (0-2 ปี) ขั้นก่อนปฏิบัติการการคิด (2-7 ปี) ขั้นการคิดแบบรูปธรรม (7-11 ปี) และขั้นการคิดแบบนามธรรม (11-15 ปี) และกระบวนการทางสติปัญญาจะแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ 1) การซึมซับหรือการดูดซับ (Assimilation) คือการรับข้อมูลใหม่และจดจำไว้ใช้ประโยชน์ต่อไป 2) การปรับและการจัดระบบ (Accommodation) คือการปรับประสบการณ์ใหม่ให้เข้ากับประสบการณ์เดิมเพื่อทำให้เกิดสมดุลทางปัญญา ซึ่งถ้าทั้งสองกระบวนการนี้รวมกันได้ จะก่อให้เกิดการเรียนรู้แต่หากรวมกันไม่ได้ก็จะไม่เกิดการเรียนรู้

ทฤษฎีการเรียนรู้ของบรูนเนอร์

บรูนเนอร์ ได้ให้ชื่อการเรียนรู้ของท่านว่า “Discovery Approach” หรือการเรียนรู้โดยการค้นพบ บรูนเนอร์เชื่อว่าการเรียนรู้จะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อผู้เรียนได้มีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม ซึ่งนำไปสู่การค้นพบการแก้ปัญหา ผู้เรียนจะประมวลข้อมูลข่าวสารจากการมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมและจะรับรู้สิ่งที่ตนเองเลือก หรือสิ่งที่ใส่ใจ การเรียนรู้แบบนี้จะช่วยให้เกิดการค้นพบ เนื่องจากผู้เรียน

มีความอยากรู้อยากเห็น ซึ่งจะเป็นแรงผลักดันที่ทำให้สำรวจสิ่งแวดล้อม และทำให้เกิดการเรียนรู้โดยการค้นพบ โดยมีแนวคิดที่เป็นพื้นฐาน ดังนี้

1. การเรียนรู้เป็นกระบวนการที่ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมด้วยตนเอง

2. ผู้เรียนแต่ละคนจะมีประสบการณ์และพื้นฐานความรู้ที่แตกต่างกัน การเรียนรู้จะเกิดจากการที่ผู้เรียนสร้างความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่พบใหม่กับความรู้เดิมแล้วนำมาสร้างเป็นความหมายใหม่

3. พัฒนาการทางเชาว์ปัญญาจะเห็นได้ชัดโดยที่ผู้เรียนสามารถรับสิ่งเร้าที่ให้เลือกได้หลายอย่างพร้อม ๆ กัน

ทฤษฎีการเรียนรู้โดยการค้นพบเน้นที่พัฒนาการเกี่ยวกับความสามารถในการรับรู้และความเข้าใจของผู้เรียนโดยนำหลักการพัฒนาทางสติปัญญาของเพียเจต์ มาเป็นพื้นฐานในการพัฒนาของตนเอง บรูเนอร์ เชื่อว่า ครูสามารถช่วยพัฒนาให้ผู้เรียนเกิดความพร้อมได้ โดยไม่ต้องรอเวลา ซึ่งสามารถที่จะสอนได้ในทุกช่วงของอายุ ขั้นตอนพัฒนาการทางปัญญาของบรูเนอร์ มี 3 ขั้นตอน ดังนี้

1. เอนแอคทีฟ (Enactive mode) วิธีการเรียนรู้ในขั้นนี้จะเป็นวิธีที่มีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม โดยการสัมผัสจับต้องด้วยมือ ผลัก ดึง รวมถึงการใช้ปากกับวัตถุสิ่งของที่อยู่รอบ ๆ ตัว สิ่งที่สำคัญที่สุด คือ เด็กจะต้องลงมือกระทำด้วยตนเอง เช่น การเลียนแบบ หรือการลงมือกระทำกับวัตถุสิ่งของ ส่วนผู้ใหญ่จะใช้ทักษะทางการที่ซับซ้อน เช่น ทักษะการขี่จักรยาน เล่นเทนนิส เป็นต้น

2. ไอคอนนิค (Iconic mode) เมื่อเด็กสามารถที่จะสร้างจินตนาการหรือมโนภาพ (Imagery) ขึ้นในใจได้ เด็กจะสามารถเรียนรู้สิ่งต่าง ๆ ในโลกได้ด้วย Iconic mode ดังนั้นในการเรียนการสอนเด็กสามารถที่จะเรียนรู้โดยการใช้ภาพแทนของการสัมผัสจากของจริง เพื่อที่จะช่วยขยายการเรียนรู้ที่เพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะความคิดรวบยอด กฎ และหลักการ ซึ่งไม่สามารถแสดงให้เห็นได้ บรูเนอร์ได้เสนอแนะให้นำโสตทัศนวัสดุมาใช้ในการสอน ได้แก่ ภาพนิ่ง โทรทัศน์ หรืออื่น ๆ เพื่อที่จะช่วยให้เด็กเกิดจินตนาการประสบการณ์ที่เพิ่มขึ้น เด็กประมาณ 5-8 ปี จะใช้ Iconic mode

3. วิธีการที่ใช้สัญลักษณ์ หรือ Symbolic mode วิธีการนี้ผู้เรียนจะใช้ในการเรียนได้ เมื่อผู้เรียนมีความสามารถที่จะเข้าใจในสิ่งที่เป็นนามธรรม หรือความคิดรวบยอดที่ซับซ้อน จึงสามารถที่จะสร้างสมมุติฐานและพิสูจน์ว่าสมมุติฐานถูกหรือผิดได้

สรุปได้ว่าบรูเนอร์ กล่าวว่า คนทุกคนมีพัฒนาการทางความรู้ความเข้าใจ หรือการรู้คิด โดยผ่านกระบวนการที่เรียกว่า Acting, Imagine และ Symbolizing ซึ่งอยู่ใน ขั้นพัฒนาการทางปัญญา คือ Enactive, Iconic และ Symbolic representation ซึ่งเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นตลอดชีวิต มิใช่เกิดขึ้นช่วงใดช่วงหนึ่งของชีวิตเท่านั้น (Brunner, 1969)

ทฤษฎีการเรียนรู้ของบลูม

Bloom's Taxonomy กล่าวถึงการจำแนกการเรียนรู้ตามทฤษฎีของบลูม ซึ่งแบ่งเป็น 3 ด้าน คือ ด้านพุทธิพิสัย ด้านจิตพิสัย และด้านทักษะพิสัย โดยในแต่ละด้านจะมีการจำแนกระดับความสามารถจากต่ำสุดไปถึงสูงสุด เช่น ด้านพุทธพิสัย เริ่มจากความรู้ ความเข้าใจ การนำไปใช้ การวิเคราะห์ การสังเคราะห์ การประเมิน นอกจากนี้ยังนำเสนอระดับความสามารถที่มีการปรับปรุงใหม่ตามแนวคิดของ Anderson and Krathwohl (2001) เป็น การจำ (Remembering) การเข้าใจ (Understanding) การประยุกต์ใช้ (Applying) การวิเคราะห์ (Analysing) การประเมินผล (Evaluating) และการสร้างสรรค์ (Creating) ด้านจิตพิสัย จำแนกเป็น การรับรู้ การตอบสนอง การสร้างค่านิยม การจัดระบบ และการสร้างคุณลักษณะจากค่านิยม ด้านทักษะพิสัย จำแนกเป็นทักษะการเคลื่อนไหวของร่างกาย ทักษะการเคลื่อนไหวอวัยวะสองส่วนหรือมากกว่าพร้อม ๆ กัน ทักษะการสื่อสารโดยใช้ท่าทาง และทักษะการแสดงพฤติกรรมทางการพูด

บลูม (Bloom.1956 ; อ้างถึงในจิตราพร ลีละวัฒน์ 2556 :6-8) ได้จำแนกจุดมุ่งหมายการเรียนรู้ออกเป็น 3 ด้าน คือ ด้านพุทธพิสัย (Cognitive Domain) ด้านจิตพิสัย (Affective Domain) ด้านทักษะพิสัย (Psychomotor Domain) ดังรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ด้านพุทธิพิสัย (Cognitive Domain) พฤติกรรมด้านสมองเป็นพฤติกรรมเกี่ยวกับสติปัญญา ความรู้ความคิด ความเฉลียวฉลาด ความสามารถในการคิดเรื่องราวต่าง ๆ อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งเป็นความสามารถทางสติปัญญา พฤติกรรมทางพุทธิพิสัย 6 ระดับ ได้แก่

1.1 ความรู้ความจำ (Remembering) ความสามารถในการเก็บรักษามวลประสบการณ์ต่าง ๆ จากการที่ได้รับรู้ไว้และระลึกสิ่งนั้นได้เมื่อต้องการเปรียบดังเทปบันทึกเสียงหรือวิดีทัศน์ที่สามารถเก็บเสียงและภาพของเรื่องราวต่าง ๆ ได้สามารถเปิดฟังหรือดูภาพเหล่านั้นได้เมื่อต้องการ

1.2 ความเข้าใจ (Understanding) เป็นความสามารถในการจับใจความสำคัญของสื่อและสามารถแสดงออกมาในรูปของการแปลความ คาดคะเน ขยายความ หรือการกระทำอื่น ๆ

1.3 การนำความรู้ไปใช้ (Applying) เป็นขั้นที่ผู้เรียนสามารถนาความรู้ประสบการณ์ไปใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้ซึ่งจะต้องอาศัยความรู้ความเข้าใจ จึงจะสามารถนาไปใช้ได้

1.4 การวิเคราะห์ (Analyzing) ผู้เรียนสามารถคิดหรือแยกแยะเรื่องราวสิ่งต่าง ๆ ออกเป็นส่วนย่อยเป็นองค์ประกอบที่สำคัญได้และมองเห็นความสัมพันธ์ของส่วนที่เกี่ยวข้องกัน ความสามารถในการวิเคราะห์จะแตกต่างกันไปแล้วแต่ความคิดของแต่ละคน

1.5 การสังเคราะห์ (Synthesis) ความสามารถในการที่ผสมผสานส่วนย่อย ๆ เข้าเป็นเรื่องราวเดียวกันอย่างมีระบบเพื่อให้เกิดสิ่งใหม่ที่สมบูรณ์และดีกว่าเดิมอาจเป็นการถ่ายทอดความคิดออกมาให้ผู้อื่นเข้าใจได้ง่าย การกำหนดวางแผนวิธีการดำเนินงานขึ้นใหม่หรืออาจจะเกิดความคิดในอันที่จะสร้างความสัมพันธ์ของสิ่งที่เป็นนามธรรมขึ้นมาในรูปแบบหรือแนวคิดใหม่

1.6 การประเมินค่า (Evaluation) เป็นความสามารถในการตัดสินตีราคาหรือสรุปเกี่ยวกับคุณค่าของสิ่งต่าง ๆ ออกมาในรูปของคุณธรรมอย่างมีกฎเกณฑ์ที่เหมาะสมซึ่งอาจเป็นไปตามเนื้อหาสาระในเรื่องนั้น ๆ หรืออาจเป็นกฎเกณฑ์ที่สังคมยอมรับก็ได้

2. ด้านจิตพิสัย (Affective Domain) พฤติกรรมด้านจิตใจค่านิยม ความรู้สึก ความซาบซึ้ง ทัศนคติ ความเชื่อ ความสนใจและคุณธรรม พฤติกรรมด้านนี้อาจไม่เกิดขึ้นทันที ดังนั้นการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยจัดสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมและสอดแทรกสิ่งที่ดีงามอยู่ตลอดเวลาจะทำให้พฤติกรรมของผู้เรียนเปลี่ยนไปในแนวทางที่พึงประสงค์ได้ ด้านจิตพิสัยจะประกอบด้วยพฤติกรรมย่อย ๆ 5 ระดับ ได้แก่

2.1 การรับรู้ (Receive) เป็นความรู้สึกที่เกิดขึ้นต่อปรากฏการณ์หรือสิ่งเร้าอย่างใด อย่างหนึ่ง ซึ่งเป็นไปในลักษณะของการแปลความหมายของสิ่งเร้านั้นว่าคืออะไรแล้วจะแสดงออกมาในรูปของความรู้สึกที่เกิดขึ้น

2.2 การตอบสนอง (Respond) เป็นการกระทำที่แสดงออกมาในรูปของความเต็มใจยินยอมและพอใจต่อสิ่งเร้านั้น ซึ่งเป็นการตอบสนองที่เกิดจากการเลือกสรรแล้ว

2.3 การเกิดค่านิยม (Value) การเลือกปฏิบัติในสิ่งที่เป็นที่ยอมรับกันในสังคม การยอมรับนับถือในคุณค่านั้น ๆ หรือปฏิบัติตามในเรื่องใดเรื่องหนึ่งจนกลายเป็นความเชื่อแล้วจึงเกิดทัศนคติที่ดีในสิ่งนั้น

2.4 การจัดระบบ (Organize) การสร้างแนวคิด จัดระบบของค่านิยมที่เกิดขึ้น โดยอาศัยความสัมพันธ์ ถ้าเข้ากันได้ก็จะยึดถือต่อไปแต่ถ้าขัดกันอาจไม่ยอมรับอาจจะยอมรับค่านิยมใหม่โดยยกเลิกค่านิยมเก่า

2.5 บุคลิกภาพ (Characterize) การนำค่านิยมที่ยึดถือมาแสดงพฤติกรรมที่เป็นนิสัยประจำตัว ให้ประพฤติปฏิบัติแต่สิ่งที่ถูกต้องดีงามพฤติกรรมด้านนี้จะเกี่ยวกับความรู้สึกและจิตใจซึ่งจะเริ่มจากการได้รับรู้จากสิ่งแวดล้อมแล้วจึงเกิดปฏิกิริยาโต้ตอบขยายกลายเป็นความรู้สึกจนกลายเป็นค่านิยมและยังพัฒนาต่อไปเป็นความคิดอุดมคติซึ่งจะเป็นควบคุมทิศทางพฤติกรรมของคนคนจะรู้ดีรู้ชั่วอย่างไรนั้น ก็เป็นผลของพฤติกรรมด้านนี้

3. ด้านทักษะพิสัย (Psychomotor Domain) พฤติกรรมด้านกล้ามเนื้อประสาท พฤติกรรมที่บ่งถึงความสามารถในการปฏิบัติงานได้อย่างคล่องแคล่วชำนาญ ซึ่งแสดงออกมาได้ โดยตรงโดยมีเวลาและคุณภาพของงานเป็นตัวชี้ระดับของทักษะพฤติกรรมด้านทักษะพิสัย ประกอบด้วยพฤติกรรมย่อย ๆ 5 ขั้น ดังนี้

3.1 การรับรู้ (Imitation) เป็นการให้ผู้เรียนได้รับรู้หลักการปฏิบัติที่ถูกต้อง หรือเป็นการเลือกหาตัวแบบที่สนใจ

3.2 การกระทำตามแบบหรือเครื่องชี้แนะ (Manipulation) เป็นพฤติกรรมที่ผู้เรียนพยายามฝึกตามแบบที่ตนสนใจและพยายามทำซ้ำเพื่อที่จะให้เกิดทักษะตามแบบที่ตนสนใจ ให้ได้หรือสามารถปฏิบัติงานได้ตามข้อแนะนำ

3.3 การหาความถูกต้อง (Precision) พฤติกรรมสามารถปฏิบัติได้ด้วยตนเอง โดยไม่ต้องอาศัยเครื่องชี้แนะ เมื่อได้กระทำซ้ำแล้วก็พยายามหาความถูกต้องในการปฏิบัติ

3.4 การกระทำอย่างต่อเนื่อง (Articulation) หลังจากตัดสินใจเลือกรูปแบบที่เป็นของตัวเองจะกระทำตามรูปแบบนั้นอย่างต่อเนื่องจนปฏิบัติงานที่ยุ่งยากซับซ้อนได้อย่างรวดเร็ว ถูกต้องคล่องแคล่ว การที่ผู้เรียนเกิดทักษะได้ต้องอาศัยการฝึกฝนและกระทำอย่างสม่ำเสมอ

3.5 การกระทำได้อย่างเป็นธรรมชาติ (Naturalization) พฤติกรรมที่ได้จากการฝึกอย่างต่อเนื่องจนสามารถปฏิบัติได้คล่องแคล่วว่องไวโดยอัตโนมัติเป็นไปอย่างธรรมชาติซึ่งถือเป็นความสามารถของการปฏิบัติในระดับสูง

พฤติกรรมการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัยตามแนวคิดของบลูม

ชวาล แพรัตกุล (2525) ได้เขียนควาสัมพันธ์ของพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัยทั้ง 6 ประเภท แยกออกเป็นชนิดย่อยได้ 21 ชนิด โดยแต่ละชนิดไม่ได้เป็นอิสระจากกัน แต่จะเกี่ยวเนื่องตลอดทั้งระบบและจะเรียนจากชนิดที่ใช้ความคิดสามัญแบบง่าย ๆ ไปหาแบบยากที่คิดลึกซึ้งมากขึ้น ๆ ตามลำดับ

สุวัฒก์ นิยมค้า (2531) กล่าวว่า สมรรถภาพทางพุทธิพิสัยหรือความสามารถในด้านความรู้และความคิดตามแนวของบลูม หมายถึงความสามารถในการระลึกได้และจำได้ในความรู้ทั้งหลายที่เรียนมาแล้ว ความสามารถในการอธิบายและยกตัวอย่างประกอบได้ ความสามารถในการนำความรู้ไปใช้ในการแก้ปัญหาและใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้ ความสามารถในการแยกแยะสิ่งต่าง ๆ การรวบรวมกและประมวลข้อมูลต่าง ๆ เข้าเป็นความรู้ใหม่ รวมทั้งการวินิจฉัยและชั่งใจว่าจะตัดสินใจเรื่องใด อย่างไร เพราะอะไร จะเห็นว่าความสามามรถด้านความรู้ความคิดนี้ จะเกี่ยวข้องกับความสามารถของสมองล้วน ๆ

วรัญญา วิศาลาภรณ์ (2533) ได้กล่าวว่าพฤติกรรมทางด้านพุทธิพิสัย เป็นควาสามารถทางด้านการคิด และความสามารถทางปัญญาจากที่กล่าวมาข้างต้น พฤติกรรมทางด้านพุทธิพิสัยทั้ง 6 ด้าน ตามแนวคิดของบลูมนั้น หมายถึง ความสามารถด้านการคิด ซึ่งมีความสำคัญต่อตัวผู้เรียนและทางด้านการศึกษา ผู้เรียนทุกคนจะต้องมีเพื่อพัฒนาสติปัญญาของตัวผู้เรียนเอง

สรุปได้ว่า พฤติกรรมทางด้านพุทธิพิสัย ได้แก่ ความรู้ความจำ (Knowledge) ความเข้าใจ (Comprehension) การนำไปใช้ (Application) การวิเคราะห์ (Analysis) การสังเคราะห์ (Synthesis) และการประเมินค่า (Evaluation) เป็นความสามารถทางด้านการคิด และความสามารถทางปัญญา ซึ่งผู้เรียนทุกคนจะต้องมีเพื่อพัฒนาสติปัญญาของตัวผู้เรียนเอง และสามารถนำความรู้ไปใช้ในการแก้ปัญหาและใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้

ทฤษฎีการเรียนรู้อย่างมีความหมายของออซูเบล

ทฤษฎีของออซูเบลเป็นทฤษฎีที่หาหลักการอธิบายการเรียนรู้ที่เรียกว่า "Meaningful Verbal Learning" เท่านั้น โดยเฉพาะการเชื่อมโยงความรู้ที่ปรากฏในหนังสือที่โรงเรียนใช้กับความรู้เดิมที่อยู่ในสมองของผู้เรียนในโครงสร้างสติปัญญา (Cognitive Structure) หรือการสอนโดยวิธีการให้ข้อมูลข่าวสารด้วยถ้อยคำ ทฤษฎีของออซูเบลเน้นความสำคัญของการเรียนรู้อย่างมีความเข้าใจและมีความหมาย การเรียนรู้เกิดขึ้นเมื่อผู้เรียนได้เรียนรวมหรือเชื่อมโยง (Subsumme) สิ่งที่เรียนรู้ใหม่หรือข้อมูลใหม่ ซึ่งอาจจะเป็นความคิดรวบยอด (Concept) หรือ ความรู้ที่ได้รับใหม่ในโครงสร้างสติปัญญากับความรู้เดิมที่อยู่ในสมองของผู้เรียนอยู่แล้ว ทฤษฎีของออซูเบลบางครั้งเรียกว่า "Subsumption Theory" การเรียนรู้อย่างมีความหมาย นั่นคือ ผู้เรียนได้เชื่อมโยง (Subsumme) สิ่งที่จะต้องเรียนรู้ใหม่ หรือข้อมูลใหม่กับความรู้เดิมที่มีมาก่อนที่มีในโครงสร้างในสติปัญญาของผู้เรียนมาแล้ว

ออซูเบล (Ausubel, 1968) กล่าวว่า ผู้เรียนอาจเรียนรู้ด้วยการรับหรือด้วยการค้นพบและวิธีที่เลือกเรียนอาจจะเป็นการเรียนรู้ด้วยความเข้าใจอย่างมีความหมายหรือเป็นการเรียนรู้ด้วยการท่องจำโดยไม่คิดก็ได้ ออซูเบลจึงแบ่งการเรียนรู้ออกเป็น 4 ประเภท คือ

1) การเรียนรู้ด้วยการรับอย่างมีความหมาย
2) การเรียนรู้ด้วยการรับแบบท่องจำโดยไม่คิด หรือแบบนกแก้วนกขุนทอง
3) การเรียนรู้ด้วยการค้นพบอย่างมีควาหมาย
4) การเรียนรู้ด้วยการค้นพบแบบท่องจำโดยไม่คิด หรือแบบนกแก้วนกขุนทอง

ออซูเบลและโรบินสัน (Ausubel and Robinson, 1969) อธิบายว่า เป็นการเรียนรู้ที่ผู้เรียนได้รับมาจากผู้สอนอธิบายสิ่งที่จะต้องรู้ให้ผู้เรียนฟังและผู้เรียนรับฟังด้วยความเข้าใจ โดยผู้เรียนมองเห็นความสัมพันธ์ของโครงสร้างความรู้ที่เก็บไว้ในความทรงจำและจะสามารถนำไปใช้ในอนาคต ซึ่งตัวแปรที่สำคัญในการเรียนรู้ด้วยการรับอย่างมีความหมายมี 3 ประการ คือ 1) สิ่งที่เรียนรู้จะต้องมีความหมาย 2) ผู้เรียนจะต้องมีการเชื่อมโยงความคิดซึ่งมีความสัมพันธ์กับสิ่งที่จะเรียนรู้ 3) ผู้เรียนจะต้องมีความตั้งใจที่จะเชื่อมโยงความคิดเหล่านี้กับสิ่งที่เคยเรียนรู้และเก็บไว้ในโครงสร้างความรู้

สรุปได้ว่าแนวคิดทฤษฎีของออซูเบลเป็นทฤษฎีที่หาหลักการอธิบายการเรียนรู้ที่เรียกว่า "Meaningful Verbal Learning" เท่านั้น โดยเฉพาะการเชื่อมโยงความรู้ที่ปรากฏในหนังสือที่โรงเรียนใช้กับความรู้เดิมที่อยู่ในสมองของผู้เรียนในโครงสร้างสติปัญญา (Cognitive Structure) หรือการสอนโดยวิธีการให้ข้อมูลข่าวสาร ด้วยถ้อยคำ นอกจากนี้ออซูเบลได้อธิบายเพิ่มไว้ว่าเทคนิค Advance Organization เป็นเทคนิคที่ช่วยให้ผู้เรียนได้เรียนรู้อย่างมีความหมายจากการสอนของผู้สอนโดยสร้างความเชื่อมโยงระหว่างความรู้ที่มีมาก่อนกับข้อมูลใหม่ที่จะต้องเรียน จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมายโดยที่ไม่ต้องท่องจำ

จากการศึกษาทฤษฎีการเรียนรู้ การพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์จะกล่าวถึงพัฒนาการทางสติปัญญาของช่วงวัยต่าง ๆ ซึ่งในช่วงวัย 7 ปีเป็นต้นไป คือวัยที่จะมีการคิดหรือพัฒนาความคิดแบบรูปธรรมและนามธรรมได้ซึ่งจะสอดคล้องกับการได้พัฒนาความคิดผ่านกระบวนการเรียนรู้ด้วยสื่อแอนิเมชันประกอบการเรียน ทฤษฎีการการเรียนรู้ของบรูนเนอร์ คือการที่คนทุกคนมีการพัฒนาความรู้ความเข้าใจด้วยกระบวนการต่าง ๆ เช่น ไอคอนนิค ซึ่งเป็นการจินตนาการภาพถึงเนื้อหาที่มีความเป็นนามธรรม ทั้งนี้บรูนเนอร์ได้เสนอด้วยว่าให้มีการนำสื่อการสอนมาช่วยเช่น ภาพเคลื่อนไหว เป็นต้น เพื่อเป็นการกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความรู้ ความเข้าใจที่ชัดเจนยิ่งขึ้น และทฤษฎีการเรียนรู้ของบลูม ที่กล่าวถึงพฤติกรรมการเรียนรู้ของแต่ละบุคคล ซึ่งบลูมได้พูดถึงความเข้าใจในพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัยซึ่งเป็นขั้นที่เป็นพื้นฐานทางด้านความคิด ซึ่งจะช่วยพัฒนาให้ผู้เรียนนำความรู้ที่ได้นั้นไปพัฒนาให้เกิดประโยชน์สูงสุด รวมถึงทฤษฎีการเรียนรู้อย่างมีความหมายของออซูเบลที่กล่าวถึง การเชื่อมโยงความรู้จากสิ่งที่ได้รับและเชื่อมโยงกับความรู้ที่ได้รับมาก่อนหน้าอย่างเข้าใจและมีความหมาย คือกระบวนการที่ผู้เรียนจะเกิดความเข้าใจอย่างแท้จริงในการเรียนรู้

สื่อแอนิเมชันประกอบการเรียน

ความหมายของสื่อแอนิเมชัน

Paul Wells (1998) ให้ความหมายไว้ว่า Animation Animate และ animator มาจากรากศัพท์ละติน “animare” มีความหมายว่า ทาให้มีชีวิต ภาพยนตร์แอนิเมชันจึง หมายถึง กาสร้างสรรค์ลายเส้นและรูปทรงไม่มีชีวิตให้เคลื่อนไหวเกิดมีชีวิตขึ้นมาได้

ทวีศักดิ์ กาญจนสุวรรณ (2552) กล่าวว่า แอนิเมชัน หมายถึง “การสร้าง ภาพเคลื่อนไหว” ด้วยการนำภาพนิ่งมาเรียงลาดับกัน และแสดงผลอย่างต่อเนื่องทำให้ดวงตาเห็นภาพที่มีการเคลื่อนไหวในลักษณะภาพติดตา (Persistence of Vision) เมื่อตามนุษย์มองเห็นภาพที่ฉาย อย่างต่อเนื่อง แม้ว่าแอนิเมชันจะใช้หลักการเดียวกับวิดีโอ แต่แอนิเมชันสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับงานต่าง ๆ ได้มากมาย เช่น งานภาพยนตร์ งานพัฒนาเกมส์ งานด้านวิทยาศาสตร์ งานพัฒนาเว็บไซต์ หรืองานด้านการเรียนการสอน เป็นต้น

สรุปได้ว่า แอนิเมชัน (Animation) หมายถึง สื่อที่เกิดจากการวาดภาพหรือรูปทรงต่าง ๆ ตามความคิดหรือจินตนาการแล้วนำมาสร้าง ภาพเคลื่อนไหวด้วยการนำภาพนิ่งมาเรียงลำดับกันเพื่อให้เกิดชีวิตของตัวละคร จนเกิดเรื่องราวต่าง ๆ ตามแต่จินตนาการของผู้สร้าง และยังสามารถประยุกต์ใช้ได้กับงานด้านต่าง ๆ มากมาย

สื่อแอนิเมชันกับการจัดการเรียนการสอน

กิดานันท์ มลิทอง (2548) กล่าวว่า สื่อการเรียนการสอนเป็นสิ่งที่มีบทบาทอย่างมากในการเรียนการสอน เป็นตัวช่วยให้เกิดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ เพราะช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาบทเรียนที่ยุ่งยากซับซ้อนได้ง่ายขึ้นในระยะเวลาอันสั้นและช่วยให้เกิดความคิดรวบยอดในเรื่องนั้นได้อย่างถูกต้องและรวดเร็ว ขณะเดียวกันยังช่วยกระตุ้นและสร้างความสนใจให้กับผู้เรียน ทำให้เกิดความสนุกสนานกับการเรียน นอกจากนี้ยังช่วยให้ผู้เรียนมีความเข้าใจตรงกันในกรณีที่สอนในเนื้อหาที่มีความเป็นนามธรรมและยากต่อความเข้าใจ ทำให้ผู้เรียนเกิดประสบการณ์ร่วมกันในวิชาเรียน

วิภา อุตมฉันท์ (2538) กล่าวว่า การใช้สื่อแอนิเมชันที่มีเทคนิคภาพที่ดีจะส่งผลถึงผลลัพธ์ที่ดี อีกทั้งยังใช้ได้ดีกับเด็กเล็กในการดึงดูดความสนใจ เช่นเดียวกับการนำใช้ในการจัดการเรียนการสอนเพื่อดึงดูดผู้เรียน เรียกได้ว่า สื่อแอนิเมชันใช้ได้ดีกับการศึกษาทั่วไปและได้รับความนิยมอย่างมาก

ธรรมศักดิ์ เอื้อรักสกุล (2547) กล่าวว่า สื่อแอนิเมชันสามารถดึงดูดความสนใจของผู้เรียนทำให้เข้าใจในบทเรียนได้ง่าย และเข้าใจได้ตรงกันเนื่องจากเห็นภาพเคลื่อนไหวในบทเรียนนั้นได้ชัดเจนมากกว่าที่เป็นเพียงตัวหนังสือหรือภาพนิ่ง

พัชรี เมืองมุสิก, ธันว์รัชต์ สินธนะกุล และจิรพันธุ์ ศรีสมพันธุ์ (2557) กล่าวว่า การจัดการเรียนการสอนด้วยสื่อแอนิเมชัน 2 มิติ ทำให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้สิ่งต่าง ๆ ได้ดีกว่าการเรียนรู้แบบบรรยายเพียงอย่างเดียว นอกจากนี้ยังสามารถพัฒนาสื่อให้เหมาะสมกับผู้เรียน เชื่อมโยงกับเนื้อหาบทเรียน และประยุกต์ใช้ได้กับวิธีการสอนที่หลากหลาย เพื่อให้ผู้เรียนมีประสิทธิภาพในการเรียนรู้สูงสุด

สรุปได้ว่า สื่อแอนิเมชันเป็นตัวช่วยในการจัดการเรียนการสอนได้ดี ทำให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาที่มีความยุ่งยากซับซ้อน และยังเป็นตัวกระตุ้นให้ผู้เรียนสนใจในบทเรียนได้มากขึ้น อีกทั้งผู้สอนยังสามารถพัฒนาสื่อแอนิเมชันให้เหมาะกับผู้เรียนและเนื้อหา รวมถึงสามารถนำสื่อแอนิเมชันนี้ไปประยุกต์ใช้กับวิธีการสอนได้หลากหลายรูปแบบ

ประเภทของสื่อแอนิเมชัน

ชนะพัฒน์ พนมวัน ณ อยุธยา แบ่งประเภทของสื่อแอนิเมชันตามวิธีการสร้างผลงานได้ 2 ประเภท ดังนี้

1. Traditional Animation หมายถึง การสร้างแอนิเมชันโดยใช้เครื่องมือตามธรรมดา ยังไม่มีการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการสร้างเทคนิค แบ่งออกเป็นดังนี้

1.1) 2D Animation การวาดภาพที่มีการเคลื่อนไหวเทคนิค 2 มิติ โดยวาดภาพที่มีการเคลื่อนไหวต่อเนื่องกัน ไม่ว่าจะเป็นการวาดด้วยมือบนกระดาษ การวาดบนแผ่นใส หรือคือแอนิเมชันที่เกิดจากการวาด ภาพหลาย ๆ พันภาพ แต่การฉายภาพเหล่านั้นผ่านกล้องอาจใช้เวลาไม่กี่นาที ข้อดี

ของการทำแอนิเมชันชนิดนี้ คือ มีความเป็นศิลปะ สวยงาม น่าดูชม แต่ข้อเสีย คือ ต้องใช้เวลาในการผลิตมาก ต้องใช้แอนิเมเตอร์จำนวนมากและต้นทุนก็สูงตามไปด้วย

1.2) Cut-Out Animation คือการสร้างภาพเคลื่อนไหว 2 มิติ ด้วยเทคนิคการตัดกระดาษให้เป็น รูปทรงหรือตัวการ์ตูนต่าง ๆ และใช้กล้องถ่ายทีละภาพ เมื่อมีการขยับหรือเปลี่ยนแปลง เคลื่อนย้ายตำแหน่งของรูปทรงในภาพ

1.3) Clay Animation-Stop Motion หรือ Model Animation คือ การปั้น การสร้างโมเดลโดยใช้ดิน น้ำมัน หรือวัสดุใด ๆ ก็ตามในการสร้างและทำการขยับทีละนิดเพื่อให้เกิดการเคลื่อนไหวและใช้กล้องบันทึกภาพทุกขณะที่ทำการขยับหรือเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของวัตถุ

2. Digital Computer Animation หมายถึง การสร้างงานแอนิเมชันด้วยระบบดิจิตอล โดยใช้โปรแกรมกราฟิกต่าง ๆ ทั้ง 2 มิติ หรือ 3 มิติ ในปัจจุบันมีซอฟท์ที่สามารถช่วยให้การทำแอนิเมชันง่ายขึ้น เช่น โปรแกรม Maya, Macromedia และ Adobe After Effects เป็นต้น วิธีนี้เป็นวิธีที่ประหยัดเวลาการผลิตและประหยัดต้นทุนเป็นอย่างมาก

กิตติ์ชญาห์ เมธาวรารักษ์ (2561) แบ่งประเภทของสื่อแอนิเมชันตามมิติที่มองเห็นได้ 2 ประเภท ได้แก่

2.1) 2D Animation คือ ภาพเคลื่อนไหว แบบ 2 มิติ มองเห็นได้ทั้งความสูงและความกว้าง ซึ่งจะมีความเหมือนจริงพอสมควรและการสร้างจะไม่สลับซับซ้อนมากนัก เช่น ภาพเคลื่อนไหวที่ปรากฏตามเว็บต่าง ๆ รวมทั้ง Gif Animation

2.2) 3D Animation คือ ภาพเคลื่อนไหว แบบ 3 มิติ มองเห็นได้ทั้งความสูง ความกว้างและความลึก ภาพที่เห็นจะมีความสมจริงมากถึงมากที่สุด เช่น ภาพยนตร์การ์ตูนเรื่อง NEMO เป็นต้น

ธรรมปพน ลีอำนวยโชค (2550) แบ่งประเภทของสื่อแอนิเมชันได้ 3 ประเภท ซึ่งแต่ละประเภทมีผลการทำให้ผลงานมีความแตกต่างกันออกไป ได้แก่

1. แอนิเมชันที่เกิดจากภาพวาด (Drawn Animation) คือ แอนิเมชันที่เกิดจากการวาดภาพทีละภาพ ๆ หลายหลายพันภาพ แต่การฉายภาพเหล่านั้นผ่านกล้องอาจใช้เวลาไม่กี่นาที

2. แอนิเมชันที่เกิดจากการถ่ายภาพทีละภาพ (Stop Motion) หรือเรียกว่าการถ่ายภาพแต่ละคณะของหุ่นจำลองที่ค่อย ๆ ขยับ อาจจะเป็นของเล่น หรืออาจจะเป็นการสร้างตัวละครจากดิน น้ำมัน โดยโมเดลที่สร้างขึ้นสามารถใช้ได้หลายครั้ง และยังสามารถผลิตได้หลายตัว ทำให้สามารถถ่ายทำได้หลายฉากในเวลาเดียวกัน แต่การเคลื่อนไหวแบบ Stop Motion นั้น ต้องอาศัยเวลา และความทุ่มเทมาก วิธีนี้จึงเป็นงานที่อาศัยความอดทนอย่างมาก

3. แอนิเมชันที่สร้างขึ้นโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (Computer Animation) ปัจจุบันซอฟต์แวร์ที่สามารถช่วยทำให้แอนิเมชันสร้างง่ายขึ้น วิธีนี้เป็นอีกวิธีที่ประหยัดเวลาการผลิตและประหยัดต้นทุนเป็นอย่างมาก

สรุปได้ว่า สื่อแอนิเมชันสามารถแบ่งได้หลายประเภท ขึ้นอยู่กับบุคคลว่าจะแบ่งตามอะไร อาจแบ่งตามวิธีการสร้าง หรือแบ่งตามมิติที่มองเห็น หากแบ่งตามวิธีการสร้างโดยทั่วไปจะแบ่งการสร้างแอนิเมชันโดยการวาด การปั้น หรือสร้างจากคอมพิวเตอร์ แต่หากแบ่งตามมิติที่มองเห็นจะแบ่งได้ 2 ประเภทคือ 2 มิติ และ 3 มิติ ทั้งนี้การเลือกใช้สื่อแอนิเมชันแต่ละแบบมีข้อดีและข้อจำกัดที่ต่างกัน ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมในการใช้งานของแต่ละบุคคล โดยสื่อแอนิเมชันที่สร้างได้ง่ายและหลากหลายวิธีนั้นคือสื่อแอนิเมชันแบบ 2 มิติ เหมาะสำหรับการสร้างขึ้นเพื่อใช้ในจัดการเรียนการสอน

วิธีการสร้างสื่อแอนิเมชัน

ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยสนใจสื่อแอนิเมชันประเภท Computer Animation แบบ 2 มิติ

ทวีศักดิ์ กาญจนสุวรรณ (2546) กล่าวถึงหลักการเบื้องต้นในการสร้างแอนิเมชันแบบ 2 มิติ ว่าเป็นการสร้างภาพเคลื่อนไหวในแต่ละเฟรมด้วยวิธีการร่างภาพแบบเซลล์มี รายละเอียดดังนี้

1. Frame by Frame เป็นการนำภาพมาใส่ไว้ในแต่ละเฟรม และทำการกำหนดคีย์เฟรม (เฟรมที่ถูกกำหนดให้มีการเปลี่ยนแปลงของวัตถุเพื่อสร้างการเคลื่อนไหว) ถ้ากำหนดให้คีย์เฟรมห่างกันเกินไป การเปลี่ยนภาพจะช้าลงเกิดการกระตุกได้

2. Tween Animation เป็นการกำหนดคีย์เฟรมเริ่มต้น และเฟรมสุดท้ายจากนั้นโปรแกรมจะทำการเปลี่ยนแปลงให้โดยอัตโนมัติ แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ Motion Tween กำหนดการเคลื่อนที่ หมุน ย่อ ขยาย โดยไม่เปลี่ยนรูปทรงวัตถุ และ Shape Tween เปลี่ยนแปลงรูปทรงของวัตถุ จากรูปทรงหนึ่งไปอีกรูปทรงหนึ่ง โดยใช้การกำหนดตำแหน่ง ขนาด ทิศทาง และสีของวัตถุในแต่ละช่วงเวลา

3. Action Script เป็นภาษาที่นำมาเพิ่มประสิทธิภาพการทางานของระบบ สามารถ Interactive กับผู้ใช้ได้ เมื่อมีการกระทำ (Event) เกิดขึ้นเช่น การคลิกเมาส์

ซึ่งในการสร้างสื่อแอนิเมชันประเภท Computer Animation แบบ 2 มิติ สามารถสร้างได้จากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ตัวอย่างเช่น

3D Studio Max เป็นโปรแกรมสาหรับสร้างแอนิเมชันและกราฟฟิก 3 มิติ นิยมใช้ในการสร้างสื่อมัลติมีเดีย และงานภาพยนตร์

Adobe Flash เป็นโปรแกรมที่ช่วยในการสร้างแอนิเมชันและกราฟฟิกสาหรับมัลติมีเดียบน เว็บ

Adobe After effect เป็นโปรแกรมสาหรับซ้อนภาพแอนิเมชัน หรืองานภาพยนตร์ และสร้างงานแอนิเมชันรูปแบบ 2 มิติ และกึ่ง 3มิติ

Adobe Photoshop เป็นโปรแกรมสำหรับสร้างตัวละครที่ใช้ในการสร้างสื่อแอนิเมชัน

Adobe Premiere Pro เป็นโปรแกรมสาหรับซ้อนภาพแอนิเมชัน หรืองานภาพยนตร์ และ สร้างงานแอนิเมชันรูปแบบ 2 มิติ

สุรพงษ์ เวชสุวรรณมณี (2550) กล่าวถึงวิธีการผลิตการ์ตูนแอนิเมชันแบบ 2 มิติ แบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้

1. Pre-Production คือ ขั้นตอนเตรียมการผลิต หรือวางแผนงาน มีดังนี้

1) Story คือ เรื่องราวที่จะสร้างหรือนำเสนอ เป็นแนวไหนก็ได้ เช่น แนวตลก ผจญภัย เป็นต้น

2) Character Design คือ การออกแบบตัวละครในเนื้อเรื่องเป็นการวาดตัวละครเหล่านั้นเพื่อถ่ายทอดจินตนาการเหล่านั้นออกมาเป็นรูปธรรมให้ทุกคนได้เข้าใจตรงกันอย่างชัดเจนยิ่งขึ้น

3) Dialogue การพากย์เสียงขั้นตอนนี้เป็นการนาเสียงพากย์ของแต่ละตัวละคร โดยการเขียนบทการแสดงในเนื้อเรื่องที่เตรียมไว้มาพากย์โดยใช้เสียงใกล้เคียงหรือใช้เสียงชั่วคราวก่อนยังไม่ต้องใช้ผู้พากย์จริงของแต่ละตัวละคร ขั้นตอนนี้เป็นขั้นทดลองเพื่อจับเวลาในการแสดงในแต่ละฉากจะได้ง่ายต่อการควบคุมเวลาในการแสดงทั้งหมดและที่สำคัญต้องนาเสียงพากย์ชั่วคราวนี้ไปประกอบการทา Story Reel และ Animatric

4) Beat Boart เป็นขั้นตอนที่ต้องวาดภาพประกอบในเนื้อหาที่สำคัญ ๆ เพียงไม่กี่ภาพเท่านั้น แต่สามารถเล่าเรื่องราวได้หมด เช่น ความยาวของหนัง 15 นาที แต่เล่าเรื่องจากภาพใน 16 ภาพได้ ที่เนื้อหาสำคัญ ๆ ยังไม่หายไป

5) Thumbnail Board หลังจากได้ภาพเรื่องที่สำคัญแล้ว ก็สามารถวาดภาพใน เนื้อเรื่องที่วางแฟนไว้ได้เต็มที่ ไม่ต้องมีรูปอะไรมาก แต่ต้องไม่หนีจากขั้นตอนเนื้อหาที่สำคัญของ Thumbnail Board ที่ล็อคไว้

6) Storyboard เป็นภาพประกอบเรื่องราวในเรื่องราวในแต่ละฉากอย่างละเอียด โดยมีการกำหนดเสียงที่จะพูด เสียงเอฟเฟค เวลาในการแสดงที่แน่นอนทั้งหมด รวมทั้งกำหนดฉาก หลังทั้งหมดจนจบเรื่อง

7) Story Reel คือ ภาพประกอบเสียง โดยนำ Thumbnail Board ที่คัดเลือกฉากที่คิดว่าดีที่สุดแล้วมาเรียบเรียงและนำเสียงพากย์ชั่วคราวมาประกอบกัน เพื่อเห็นภาพรวมทั้งหมด Story Reel จะเป็นภาพนิ่งๆ และมีประกอบเท่านั้น

8) Animation คือเรื่องราวทั้งหมด นำมาร้อยเรียงภาพและเสียงที่ค่อนข้างสมบูรณ์มีการเคลื่อนไหว โดยให้รู้ว่าตัวละครกำลังเดินไปไหน กำลังทำอะไร พูดว่าอะไร ในช่วงเวลา ไหน บรรยากาศเป็นเช่นไร ฉากหลังหรือส่วนประกอบฉากเป็นแบบไหน และมีเสียงเพลงเข้ามาประกอบ สิ่งสำคัญคือเวลาค่อนข้างตรงตามความจริงของเรื่องที่เสร็จสมบูรณ์

2. Production คือขั้นตอนผลิตงานหรือสร้างงานที่วางแผนไว้แล้วมีขั้นตอนดังนี้

1) วาง Key Breakdown และ Inbetween คือการจัดวางให้ได้ท่าหลัก ๆ (Key) แล้ววาดแทรกท่าเชื่อมต่อให้สมบูรณ์ ในช่วงระหว่างกลาง

2) Pencil Test ทดสอบลายเส้น นำงานลายเส้นมาทดสอบว่าตรงตามท่าทางหรือนำไปทดสอบกับการถ่ายกล้อง VDO หรือ Scanner โดยไม่เน้นคุณภาพที่สวยงามเพียงแต่ตรวจสอบก่อนขั้นตอนการผลิตจริงเท่านั้น

3) Clean up เป็นการเริ่มงานผลิตคือนำงานที่วาดที่ Key Breakdown และ Inbetween นำมาตัดเส้นให้สวยงาม

4) ส่งงานเข้า Scanner หลังงานตัดเส้นให้สวยงามแล้วนาเข้าเครื่องสแกน

5) Manager จัดวาง X Sheet คือแผนการวางตารางการเคลื่อนไหว ใช้โปรแกรมเฉพาะ 2D Animation มาแทนการวาดหรือกำหนดด้วยมือทำให้สะดวกและแก้ไขง่าย

6) Ink & Paint เส้นและลงสี การลงสีในคอมพิวเตอร์ช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายและ เวลาอย่างมาก ปัจจุบันได้ใช้โปรแกรมเฉพาะทให้สะดวกและแก้ไขง่าย

7) Camera การวางมุมกล้อง ใช้คอมพิวเตอร์ในโปรแกรมเฉพาะในการควบคุม

8) FX การทำเทคนิคพิเศษประกอบ เช่น แสงเงา เรืองแสง น้าหนักเงาหรือสายฝน

9) Composit การประมวลผลและส่งงานออก เป็นขั้นตอนที่นำงานที่เสร็จถ่ายโอนออกเป็นรูปแบบสื่อที่จะนำไปตัดต่อ เช่น ส่งออกไปเป็นรูปต่อรูปเป็น File ของนามสกุล TGA เป็นต้น

3. Post-Production คือขั้นตอนการตัดต่อและแปลงเป็นสื่อเป็นขั้นตอนสุดท้ายเพื่อนำไปตัดต่อร้อยเรียงให้สมบูรณ์ของการ์ตูน ซึ่งจะมีการใส่เทคนิคพิเศษ เช่น ภาพจะค่อยๆ จางหายจากฉากหนึ่งไปอีกฉากหนึ่ง เสียงพูดรวมทั้งนำเสียงประกอบเข้าให้สมบูรณ์ เช่น เสียงเดิน เสียงลมพัด เสียงปืน เสียงดนตรี ฯลฯ และสุดท้ายแปลงงานออกเป็นสื่อต่าง ๆ ตามต้องการ

กิตติ์ชญาห์ เมธาวรารักษ์ (2561) กล่าวว่า การสร้างแอนิเมชันไม่ว่าจะเป็นประเภทใดสามารถแบ่งขั้นตอนการทาได้ 3 ขั้นตอนใหญ่ ๆ คือ

1. ขั้นตอนเตรียมการก่อนการทำ (Preproduction)

เป็นหัวใจสำคัญสาหรับการสร้างเนื้อหาของภาพยนตร์แอนิเมชันเรื่องนั้น ๆ ความสนุกตื่นเต้น และอารมณ์ของตัวละครทั้งหลาย จะถูกกำหนดในขั้นตอนนี้ทั้งหมด ดังนั้นในส่วนนี้จึงมีหลายขั้นตอนและค่อนข้างซับซ้อน หลายคนจึงมักกล่าวว่า หากเสร็จงานในขั้นตอนเตรียมการนี้แล้ว ก็เสมือนทำงานเสร็จไปครึ่งหนึ่งแล้ว ในขั้นตอนนี้จะแบ่งเป็น 4 ขั้นตอนย่อยด้วยกัน โดยเรียงตามลาดับดังนี้ คือ

1.1 เขียนเรื่องหรือบท (story) เป็นสิ่งแรกเริ่มที่สำคัญที่สุดในการผลิตชิ้นงานแอนิเมชันและภาพยนตร์ทุกเรื่องแอนิเมชันจะสนุกหรือไม่ ล้วนขึ้นอยู่กับเรื่องหรือบท

1.2 ออกแบบภาพ (visual design) หลังจากได้เรื่องหรือบทมาแล้ว ก็จะคิดเกี่ยวกับตัวละครว่าควรมีลักษณะหน้าตาอย่างไร สูงเท่าใด ฉากควรจะมีลักษณะอย่างไร สีอะไร ใน ขั้นตอนนี้อาจทำก่อนหรือทำควบคู่ไปกับบทภาพ (storyboard) ก็ได้

1.3 ทำบทภาพ (storyboard) คือ การนำบทที่เขียนขึ้นนั้นมาทำการจำแนกมุมภาพต่าง ๆ โดยการร่างภาพลายเส้น ซึ่งแสดงถึงการดำเนินเรื่องพร้อมคำบรรยายอย่างคร่าว ๆ

1.4 ร่างช่วงภาพ (animatic) คือ การนำบทภาพทั้งหมดมาตัดต่อร้อยเรียงพร้อมใส่เสียงพากย์ของตัวละครทั้งหมด (นี่คือข้อแตกต่างระหว่างภาพยนตร์แอนิเมชันและภาพยนตร์ทั่วไป เพราะภาพยนตร์แอนิเมชันจาเป็นต้องตัดต่อก่อนที่จะผลิต เพื่อจะได้รู้เวลาและการเคลื่อนไหวในแต่ละช็อตภาพ (shot) อย่างแม่นยำ ส่วนภาพยนตร์ที่ใช้คนแสดงนั้นจะตัดต่อภายหลังการถ่ายทำ)

2. ขั้นตอนการทำ (Production)

เป็นขั้นตอนที่ทำให้ภาพตัวละครต่าง ๆ มีความสมบูรณ์แบบมากยิ่งขึ้น ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนสำคัญที่จะกำหนดว่าภาพยนตร์แอนิเมชันเรื่องนั้นจะสวยงามมากหรือน้อยเพียงใด ประกอบด้วย

2.1 วางผัง (layout) คือ การกำหนดมุมภาพและตำแหน่งของตัวละครอย่างละเอียด รวมทั้งวางแผนว่า ในแต่ละช็อตภาพนั้น ตัวละครจะต้องเคลื่อนไหวหรือแสดงสีหน้าอารมณ์อย่างไร ซึ่งหากทำภาพยนตร์แอนิเมชันกันเป็นทีมก็จะต้องประชุมร่วมกันว่าแต่ละฉากจะมีอะไรบ้าง เพื่อให้แบ่งงานกันได้อย่างถูกต้อง ซึ่งหลังจากเสร็จขั้นตอนนี้แล้ว จึงสามารถแบ่งงานให้แก่ทีมผู้ทำแอนิเมชันและทีมฉากแยกงานไปทำได้

2.2. ทำให้เคลื่อนไหว (animate) คือ การทำให้ตัวละครเคลื่อนไหวตามบทในแต่ละฉากนั้น ๆ ในขั้นตอนนี้สำคัญอย่างยิ่ง เปรียบเสมือนการกำกับนักแสดงว่าจะเล่นได้ดีหรือไม่ ซึ่งหากทำขั้นตอนนี้ได้ไม่ดีพอ ก็อาจทำให้ผู้ชมไม่รู้สึกมีอารมณ์ร่วมไปกับตัวละครด้วย ในการสร้างภาพการ์ตูนให้เคลื่อนไหว ผู้ทำแอนิเมชัน (animator) จะต้องกำหนดลงไปว่า ในแต่ละวินาที ตัวละครหรือสิ่งของในฉากหนึ่ง ๆ จะเปลี่ยนตำแหน่งหรืออิริยาบถไปอย่างไร ทั้งนี้ ผู้ทำแอนิเมชันจะต้องวาด หรือกำหนดอิริยาบถหลัก หรือคีย์ภาพ (key) ของ แต่ละวินาที หลังจากนั้นผู้ทำแอนิเมชันคนอื่น ๆ ก็จะวาดลำดับการเปลี่ยนแปลงอีกจานวนหนึ่ง (ซึ่ง โดยทั่วไปจะใช้ 24 ภาพ) เพื่อแสดงให้เห็นถึงการเคลื่อนไหวจากคีย์ภาพหนึ่ง ไปสู่อีกคีย์ภาพหนึ่ง ภาพวาดจำนวนมหาศาลระหว่างแต่ละคีย์ภาพเรียกว่า ภาพช่วงกลาง (in-betweens) ในการวาดภาพ การ์ตูน ผู้วาดภาพที่วาดคีย์ภาพต่าง ๆ เรียกว่า ผู้วาดภาพหลัก (key animator) ซึ่งต้องเป็นนักวาด ภาพที่มีฝีมือ ส่วนผู้วาดภาพอีกจำนวน

หนึ่งที่ทำหน้าที่วาดภาพระหว่างภาพหลักเรียกว่า ผู้วาดภาพ ช่วงกลาง (in-betweener) นอกจากผู้วาดภาพแล้ว ก็มีผู้ลงสี (painter) ซึ่งมีหน้าที่ลงสี หรือระบายสี ภาพให้สวยงาม

2.3. ฉากหลัง (background) ฝ่ายฉากเป็นฝ่ายที่สำคัญไม่น้อยไปกว่าฝ่ายอื่น ๆ เพราะฉากช่วยสื่ออารมณ์ได้เช่นเดียวกับตัวละคร เนื่องจากสีและแสงที่ต่างกันย่อมให้อารมณ์ที่ไม่เหมือนกัน และฉากยังช่วยเสริมอารมณ์ของผู้ชมได้มากขึ้น

3. ขั้นตอนหลังการทำ (Postproduction)

เป็นขั้นตอนปิดท้าย ได้แก่

3.1 การประกอบภาพรวม (compositing) คือ ขั้นตอนในการนาตัวละครและฉากหลังมารวมเป็นภาพเดียวกัน ซึ่งทั้งแอนิเมชันแบบภาพสองมิติและภาพสามมิติ ต่างต้องใช้กระบวนการนี้ทั้งสิ้น ในกระบวนการนี้ มีการปรับแสงและสีของภาพให้มีความกลมกลืนกัน ไม่ให้สีแตกต่างกัน

3.2 ดนตรีและเสียงประกอบ (music and sound effects) หมายถึง การเลือกเสียงดนตรีประกอบให้เข้ากับการดำเนินเรื่อง และฉากต่าง ๆ รวมทั้งเสียงประกอบสังเคราะห์ด้วย ซึ่งวิศวกรเสียงสามารถสร้างเสียงประกอบ ให้สอดคล้องกับการดำเนินเรื่องได้ โดยดูจากเค้าโครงเรื่อง ดังนั้นเค้าโครงเรื่องถือว่ามีความสำคัญอย่างยิ่ง ในปัจจุบัน ได้นำเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยในการสังเคราะห์เสียงให้ได้เหมือนจริง หรือเกินกว่าความเป็นจริง เช่น เสียงคลื่น เสียงพายุ เสียงระเบิด ซึ่งวิศวกรเสียงได้เข้ามามีบทบาทอย่างมาก ทั้งนี้ การ์ตูนภาพเดียวกันแต่เสียงประกอบต่างกัน เสียงประกอบที่ดีกว่า และเหมาะสมกว่า จะช่วยเพิ่มอารมณ์ ความรู้สึก ในการชมภาพยนตร์การ์ตูนแอนิเมชันมากขึ้น

สรุปได้ว่า ในการสร้างสื่อแอนิชันจะมี 3 ขั้นตอนหลักด้วยกัน ประกอบด้วย 1) Pre-production คือ ขั้นตอนเตรียมการก่อนการทำ จะเป็นส่วนที่วางแผนว่าจะเนื้อเรื่องและภาพจะเป็นอย่างไร 2) Production คือ ขั้นตอนการทำ เป็นส่วนที่ทำให้ภาพตัวละครต่าง ๆ สมบูรณ์มากขึ้น จะลงรายละเอียดในชิ้นงานมากขึ้น 3) Post-Production คือ ขั้นตอนหลังการทำ จะเป็นส่วนที่ประกอบภาพรวมกัน และใส่เสียงประกอบเพื่อให้ชิ้นงานสมบูรณ์ที่สุด

แบบประเมินคุณภาพสื่อแอนิเมชัน

การประเมินตัวสื่อมัลติมีเดีย สื่อมัลติมีเดียที่มีคุณภาพจะช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาได้เร็วขึ้น เร้าความสนใจ ง่ายต่อการใช้ และผู้เรียนได้เรียนตามระดับความสามารถของตนเอง นอกจากนี้ด้านเทคนิคการแสดงผลทางหน้าจอ สี เสียง ภาพ เคลื่อนไหว จะต้องมีความเหมาะสม รวมทั้งจะต้องได้รับการตรวจสอบประสิทธิภาพของสื่อให้อยู่ในระดับที่ต้องการก่อนจะนำไปใช้ ดังนั้นการประเมินตัวสื่อมัลติมีเดียว่ามีคุณภาพเพียงไร สื่อมัลติมีเดียเพื่อการศึกษาควรจะได้รับการประเมินทั้ง

คุณภาพของสื่อที่มีต่อการเรียนการสอน การออกแบบหน้าจอ การใช้งาน และประสิทธิภาพของสื่อมัลติมีเดียนั้นด้วย (กรมวิชาการ, 2544)

การประเมินคุณภาพตัวสื่อมัลติมีเดีย ต้องกำหนดตัวบ่งชี้เกณฑ์ และมาตรฐานที่เหมาะสมกับสื่อมัลติมีเดีย และการกำหนดประเด็น องค์ประกอบ หรือหัวข้อการประเมินจะต้องพิจารณาจากส่วนสำคัญ 3 ส่วน ได้แก่ คุณภาพด้านการออกแบบการเรียนการสอน การออกแบบหน้าจอ และการใช้งาน

(1) ด้านการออกแบบการสอน การออกแบบการสอนที่ดีจะจูงใจผู้เรียนหรือให้ความรู้แก่ผู้เรียนตามวัตถุประสงค์ของการเรียน ในการประเมินคุณภาพของการออกแบบการสอนใช้เครื่องมือ เช่น แบบสอบถาม แบบทดสอบ ข้อเขียนปรนัย อัตนัย แบบทดสอบภาคปฏิบัติ

(2) การออกแบบหน้าจอ การประเมินคุณภาพการออกแบบหน้าจอ จะประเมินองค์ประกอบด้านข้อความ ภาพ และกราฟิก เสียง และการควบคุมหน้าจอว่าได้คุณภาพระดับใด

(3) การประเมินการใช้งาน การประเมินการใช้งานเป็นการพิจารณาว่าสื่อมัลติมีเดียมีลักษณะสำคัญที่ดีดังต่อไปนี้หรือไม่

เครื่องมือที่ใช้ประเมินคุณภาพการใช้งาน เช่น แบบสอบถามความคิดเห็น แบบสังเกต แบบสัมภาษณ์

นอกจากประเมินคุณภาพตัวสื่อมัลติมีเดียแล้ว ยังสามารถหาประสิทธิภาพของสื่อมัลติมีเดียเพื่อพัฒนาการเรียนการสอนต่อไปด้วย

การหาประสิทธิภาพตัวสื่อมัลติมีเดีย

กรมวิชาการ (2544) กล่าวว่า การหาประสิทธิภาพตัวสื่อมัลติมีเดีย เป็นการหาประสิทธิภาพและการนำมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์ ซึ่งจะช่วยให้ผู้ใช้สื่อมีความมั่นใจว่าจะเกิดประโยชน์ต่อผู้เรียนจริงเมื่อใช้สื่อนั้นแล้ว การหาประสิทธิภาพของสื่ออแอนิเมชันประกอบการเรียน (E) หาจากอัตราส่วนของประสิทธิภาพของกิจกรรมหรืองานที่ได้รับมอบหมาย (E_1) ต่อประสิทธิภาพของผลลัพธ์โดยพิจารณาจากผลการสอบ (E_2) หรือ $E = E_1 : E_2$

E_1 หมายถึง การประเมินพฤติกรรมต่อเนื่องของการทำกิจกรรม หรือความรู้ที่เกิดขึ้นระหว่างการเรียน

E_2 หมายถึง การประเมินพฤติกรรมขั้นสุดท้ายโดยพิจารณาจาก คะแนนสอบหลังการใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

ระดับประสิทธิภาพ จะช่วยให้ผู้เรียนได้รับความรู้จากการใช้สื่อมัลติมีเดียที่มีประสิทธิภาพถึงระดับที่ผู้สร้างตั้งใจ หรือเรียกว่า มีเกณฑ์ประสิทธิภาพ การกำหนด E1 : E2 ให้มีค่าเท่าใดนั้น ผู้สร้างเป็นผู้พิจารณาตามความเหมาะสม โดยปกติวิชาประเภทเนื้อหามักจะกำหนดเป็น

80 : 80 ถึง 90 : 90 ส่วนวิชาประเภททักษะจะกำหนดเป็น 75 : 75 แต่ไม่ควรตั้งเกณฑ์ไว้ต่ำ เพราะตั้งไว้เท่าใดมักจะได้ผลเท่านั้น

ชัยยงค์ พรหมวงศ์ (2520) ได้เสนอแนวคิดการทดสอบประสิทธิภาพนวัตกรรมตามเกณฑ์ประสิทธิภาพที่กำหนด เพื่อหาประสิทธิภาพของชุดการสอน และสื่อการสอนประเภทต่าง ๆ ยกเว้นบทเรียนโปรแกรม ซึ่งมีความเชื่อว่า “การเรียนรู้เป็นระบบและกระบวนการต่อเนื่อง” การกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพจึงจำเป็นต้องกำหนดจากผลการประเมินพฤติกรรมต่อเนื่อง ซึ่งถือว่าเป็นกระบวนการและพฤติกรรมขั้นสุดท้าย ซึ่งถือว่าเป็นผลลัพธ์ที่เกิดจากการเรียน

สูตรในการทดสอบประสิทธิภาพตามเกณฑ์กำหนด

$$E_1 = \frac{\frac{\Sigma X_1}{N}}{A} \times 100$$

$$E_2 = \frac{\frac{\Sigma X_2}{N}}{B} \times 100$$

เมื่อ E_1 หมายถึง ค่าประสิทธิภาพของกระบวนการเรียนรู้ (Efficiency of Process)

E_2 หมายถึง ค่าประสิทธิภาพของผลลัพธ์การเรียนรู้ (Efficiency of Product)

ΣX_1 หมายถึง คะแนนรวมจากการทำกิจกรรมระหว่างเรียนของผู้เรียนทุกคน

ΣX_2 หมายถึง คะแนนรวมจากการทำแบบทดสอบหลังเรียนของผู้เรียนทุกคน

N หมายถึง จำนวนผู้เรียน

A หมายถึง คะแนนเต็มของกิจกรรมระหว่างเรียน

B หมายถึง คะแนนเต็มของแบบทดสอบหลังเรียน

ชัยยงค์ พรหมวงศ์ (2545) ได้กล่าวไว้ว่า การประเมินสื่อ มักจะควบคู่ไปกับวิธีการประเมินไปด้วย การประเมินสื่อเป็นการพิจารณาประสิทธิภาพและคุณภาพของสื่อ ดังนั้น การประเมินสื่อจึงเริ่มด้วยการกำหนดปัญหาหรือคำถาม

การประเมินสื่ออาจทำได้หลายวิธี ที่นิยมกันมี 5 วิธี คือ

1. การประเมินโดยผู้สอน ผู้สอนที่ควรจะได้รับคัดเลือกให้เป็นผู้ประเมินสื่อ ควรเป็นผู้ที่มีประสบการณ์ในการสอน เคยรับการฝึกอบรมจนมีความรู้ความชำนาญเกี่ยวกับการผลิต และ การใช้สื่อและมีประสบการณ์ในการใช้สื่อการเรียนการสอนเป็นอย่างดี ผู้สอนที่มีความเชี่ยวชาญ เกี่ยวกับสื่อและวิธีการสอน อาจจัดเป็นผู้ชำนาญได้

2. การประเมินโดยผู้ชำนาญ ผู้ชำนาญในที่นี้ หมายถึง ผู้ชำนาญด้านสื่อการเรียนการสอน และมีประสบการณ์ด้านการประเมินด้วย ดังนั้น ผู้ชำนาญอาจเป็นผู้สอน เป็นอาจารย์ในมหาวิทยาลัย ที่สอนในสาขาวิชาสื่อและเทคโนโลยีการศึกษา รวมทั้งเป็นอาจารย์ด้านการวัดผล และการประเมินผล ที่มีความรู้ความสามารถด้านสื่อการเรียนการสอน เป็นต้น

3. การประเมินโดยคณะกรรมการเฉพาะกิจคณะกรรมการเฉพาะกิจเพื่อประเมินสื่อการ สอน เป็นกลุ่มบุคคลที่หน่วยงานแต่งตั้งขึ้นมาเพื่อประเมินสื่อ ลักษณะของกรรมการชุดนี้คล้ายคลึง กับคณะกรรมการตรวจรับวัสดุครุภัณฑ์ซึ่งจะมุ่งประเมินเฉพาะด้านกายภาพ ที่กำหนดขึ้นมาก่อน การจัดซื้อ แต่กรรมการประเมินสื่อจะประเมินคุณลักษณะ ประสิทธิภาพการใช้และคุณลักษณะด้านอื่น ๆ ของสื่อการเรียนการสอนด้วย

4. การประเมินโดยผู้เรียน ผู้เรียนเป็นผู้รับรู้และเรียนรู้จากสื่อ ดังนั้น การให้ผู้เรียนได้มีโอกาสประเมินสื่อ จึงช่วยให้ได้ข้อคิดในการปรับปรุงสื่ออย่างเหมาะสมกับผู้เรียน การประเมินสื่อ โดยผู้เรียนควรจัดทำขึ้นทันที เมื่อใช้สื่อแล้ว และให้ประเมินเฉพาะสื่อ ไม่ให้เอาวิธีสอนของผู้สอนเข้ามาเกี่ยวข้อง อย่างไรก็ตาม การประเมินสื่อโดยผู้เรียนอาจมีปัญหาอยู่บ้างในแง่ของผู้เรียนมีประสบการณ์น้อย ผู้สอนควรชี้แจงเกณฑ์หรือหัวข้อการประเมินให้ผู้เรียนได้เข้าใจก่อนที่จะให้ประเมิน

5. การประเมินประสิทธิภาพของสื่อ การประเมินสื่ออีกวิธีหนึ่ง เป็นการประเมินประสิทธิภาพของสื่อ สื่อที่จะต้องได้รับการประเมินประสิทธิภาพ ส่วนใหญ่จะเป็นสื่อที่ผลิตขึ้นมาตามหลักการของการสอนแบบโปรแกรม เช่น บทเรียนโปรแกรมชุดการสอน โมดุลและ โสตทัศนูปกรณ์โปรแกรม เป็นต้น การประเมินสื่อโดยวิธีนี้ จะคำนึงจุดมุ่งหมายของสื่อการเรียน การสอน และวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน ภายหลังจากการเรียนสื่อนั้นแล้ว

สุดารัตน์ วงศ์คาพา (2554) ออกแบบและสร้างแบบประเมิน โดยเป็นแบบวัดคุณภาพและผู้ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งแบบประเมินมี 3 ด้าน ประกอบด้วยด้านเนื้อหา ด้านการนาเสนอสื่อ และด้านภาพเคลื่อนไหวและเสียง ซึ่งผู้วิจัยได้กาหนดเกณฑ์ ลักษณะเป็นแบบมาตราส่วนค่า (Rating Scale) เป็น 5 ระดับ ตามวิธีของลิเคริ์ท (Likert) โดยปรับปรุงมาจากแนวคิดของ (บุญชม ศรีสะอาด, 2556) มี เกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

คะแนน		ระดับคุณภาพ
5	หมายถึง	ดีมาก
4	หมายถึง	ดี
3	หมายถึง	ปานกลาง
2	หมายถึง	พอใช้
1	หมายถึง	ควรปรับปรุง

ได้แบ่งหัวข้อการประเมินออกเป็น 3 ด้าน ดังนี้

1) ด้านเนื้อหามีประเด็นดังนี้ความถูกต้องของเนื้อหาความเหมาะสมกับกลุ่มเป้าหมาย ความครบถ้วนตรงตามวัตถุประสงค์ ความต่อเนื่อง และเนื้อหาส่งเสริมให้เกิดการเรียนรู้ศิลปะพื้นบ้านอีสาน เป็นต้น

2) ด้านการนำเสนอสื่อ มีประเด็นดังนี้ ตัวละคร ฉาก การเลือกใช้ สี ตัวอักษรและข้อความบรรยาย และโดยภาพรวมในด้านเนื้อหามีความเหมาะสม เป็นต้น

3) ด้านภาพเคลื่อนไหวมีประเด็นดังนี้การเคลื่อนไหวของตัว ละครมีความต่อเนื่อง มุมกล้องและการตัดต่อภาพ การใช้เสียงบรรยายและเสียงประกอบมีความชัดเจน ความคมชัดของภาพ และภาพโดยรวมในด้านภาพเคลื่อนไหวและเสียง เป็นต้น

สรุปได้ว่า ในการประเมินสื่อแอนิเมชันจะประกอบไปด้วยหัวข้อสำคัญในการประเมิน 3 ด้าน คือ การประเมินด้านเนื้อหา ด้านการนำเสนอ และด้านภาพเคลื่อนไหว ซึ่งผู้ที่จะทำการประเมินสื่อแอนิเมชันนี้ ต้องมีความเชี่ยวชาญในแต่ละด้านอย่างเฉพาะเจาะจง ในการวัดคุณภาพสื่อนิยมใช้แบบประเมินคุณภาพสื่อแบบมาตราประมาณค่า 5 ระดับ ของลิเคอร์ท ซึ่งนอกจากการหาคุณภาพสื่อแล้วควรหาประสิทธิภาพของสื่อด้วย เพื่อนำไปพัฒนาการเรียนการสอนต่อไป

ความเข้าใจในการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง คลื่นและแสง

ความหมายของความเข้าใจ

Bloom (1956) ได้อธิบายว่า ความเข้าใจ (Understanding) เป็นพฤติกรรมทางพุทธิพิสัยด้านหนึ่ง เป็นพฤติกรรมเกี่ยวกับสติปัญญา ความรู้ความคิด ความเฉลียวฉลาด ความสามารในการคิดเรื่องราวต่าง ๆ อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งได้ให้ความหมายของความเข้าใจไว้ว่า เป็นความสามารถในการจับใจความสำคัญของสื่อ และสามารถแสดงออกมาในรูปของการแปลความ คาดคะเน ขยายความ หรือการกระทำอื่น ๆ

ชวาล แพรัตกุล (2525) กล่าวว่าความเข้าใจ หมายถึง ความสามารถในการนำเอาความรู้ความจำ ไปดัดแปลง ปรับปรุง หรือเสริมแต่งให้มีรูปลักษณะใหม่ เพื่อนำไปใช้กับสถานการณ์อื่นใหม่ที่แปลกออกไป แต่ยังมีบางสิ่งบางอย่างที่คล้ายกับของเดิมอยู่บ้าง ดังนั้นผู้จะมีความสามารถเช่นนี้ได้จะต้องรู้ความหมายและรายละเอียดย่อย ๆ ของเรื่องนั้นมาก่อน รู้ความเกี่ยวข้องสัมพันธ์ระหว่างชิ้นความรู้ย่อย ๆ เหล่านั้น สามารถอธิบายสิ่งเหล่านั้นด้วยสำนวนภาษาใหม่ของตนเองได้ และเมื่อพบสิ่งใดที่สภาพทำนองเดียวกับที่เคยเรียนมาแล้วก็สามารถตอบและอธิบายได้ แบ่งออกเป็น 3 ชนิด คือ

1. ด้านการแปลความ ได้แก่ คำถามที่ให้อธิบายความตามลักษณะและนัยของเรื่องราวต่าง ๆ โดยให้แปลเรื่องราวต่าง ๆ โดยให้แปลเรื่องราวเดิมออกมาเป็นคำพูดใหม่ ลักษณะใหม่ตามนัยเดิม

2. ด้านการตีความ เป็นการเอาความหมายจากการแปลความทั้งหมดมารวมกันแล้วสรุปหรือขยายความนั้นตามแนวใหม่ ทัศนะใหม่ เพื่อให้ได้ผลลัพธ์แปลกใหม่จากเดิม

3. ด้านการขยายความ เป็นการถามความสามารถในการใช้ข้อเท็จจริง หรือสภาพปัจจุบันไปพยากรณ์หรือขยายความคิด คาดคะเนข้อเท็จจริง หรือเรื่องราวต่าง ๆ ที่ไกลจากที่เป็นอยู่อย่างสมเหตุสมผลมีหลักษณะคล้ายกับการสร้างจินตนาการโดยใช้ข้อเท็จจริงเป็นหลักนั่นเอง กาตั้งคำถามวัดความเข้าใจในแง่การขยายความอาจจะให้เรื่องราวเหตุการณ์หรือข้อเท็จจริง

ไพศาล หวังพานิช (2526) กล่าวว่า เป็นความสามารถในการนำความรู้ความจำไปดัดแปลงปรับปรุง เพื่อให้สามารถจับใจความอธิบายเปรียบเทียบเรื่องราวความคิดข้อเท็จจริงต่าง ๆ เป็นทำนองเดียวกับของเดิม ได้บุคคลที่มีความเข้าใจในสิ่งใดที่สามารถแปลความหมาย ตีความ หรือขยายความกับสิ่งนั้นได้

ภัทรา นิคมานนท์ (2538) กล่าวว่า ความเข้าใจตามความหมายของบลูม คือ ความสามารในการแปลความ ตีความ และขยายความ

1. การแปลความ เป็นความสามารถในการสื่อความหมายจากกภาษาหนึ่ง หรือแบบฟอร์มหนึ่งไปสู่อีกภาษหนึ่งหรืออีกแบบฟอร์มหนึ่ง

2. การตีความ เป็นการเอาผลจากการแปลหลาย ๆ สิ่งมาผสมสัมพันธ์กัน แล้วมาสรุปเป็นผลลัพธ์ใหม่ในแง่มุมต่าง ๆ กันอย่างมีความหมาย

3. การขยายความ เป็นการขยายแนวความคิดให้กว้างไกลไปจากข้อมูลออกไปอีกเพื่อทำให้สามารถกำหนดความหมาย คาดคะเนผลที่ตามมาได้อย่างมีเหตุผลถูกต้องตามหลักเกณฑ์ ใช่การเดาส่งเดช

อัญชัน ธรรมสิทธิ์ (2541) กล่าวว่า ความเข้าใจเป็นสมรรถภาพขั้นแรกของตัวปัญญา เป็นการนำเอาความรู้ที่มีอยู่เดิมไปใช้ในการดัดแปลง ปรับปรุง เพื่อเสริมแต่งความรู้เดิมให้มีลักษณะใหม่อย่างสมเหตุสมผลแต่ยังคงความหมายเดิมไว้

จากที่กล่าวมาข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า ความเข้าใจเป็นความสามารถในการแปลความ ตีความ ขยายความ สิ่งต่าง ๆ ได้ โดยยังคงความหมายไว้ในความหมายเดิม หรือเป็นการที่ผู้เรียนแสดงออกในลักษณะของการนำความรู้ ความจำในความรู้ต่าง ๆ ที่มีอยู่แล้วไปใช้ในการดัดแปลงปรับปรุง เพื่อเสริมแต่งความรู้เดิมให้มีลักษณะใหม่อย่างสมเหตุสมผลแต่ยังคงความหมายเดิมไว้

ความหมายของความเข้าใจในการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง คลื่นและแสง

ความเข้าใจในการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง คลื่นและแสง เป็นความสามารถของผู้เรียนในการแปลความจากเรื่องราวของการชน การดลและการเปลี่ยนคลื่นและแสง ออกมาเป็นความหมายของตัวเองอย่างถูกต้อง และความสามารถของผู้เรียนในการตีความหมายของความสัมพันธ์ต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นความสัมพันธ์ระหว่างมวลของวัตถุและความเร็วของวัตถุ เป็นต้น รวมทั้งความสามารถของผู้เรียนในการขยายความหมายของบทนิยามต่าง ๆ หรือเป็นการให้เหตุผลประกอบในการตอบคำถาม

แบบวัดความเข้าใจในการเรียน

พิมพันธ์ เตชะคุปต์ (2548) กล่าวว่า การวัดความเข้าใจมักจะวัดในรูปแบบของแบบทดสอบ ซึ่งลักษณะของคำถามจะถามให้นักเรียนอธิบายหรือบรรยายความรู้ต่าง ๆ ด้วยคำพูดของตัวเอง หรือให้ระบุข้อเท็จจริง มโนทัศน์ หลักการ กฎ หรือทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ที่กำหนดให้ หรือให้แปลความหมายสถานการณ์ ที่กำหนดให้ซึ่งอาจอยู่ในรูปของข้อความ สัญลักษณ์ รูปภาพ หรือแผนภาพ เป็นต้น

สุทธิรักษ์ นิลาลาด (2562) กล่าวถึงวิธีการวัดความใจทางการเรียนวิทยาศาสตร์ว่า วิธีการวัดความใจทางการเรียนวิทยาศาสตร์มีหลายวิธีด้วยกัน เช่น การสัมภาษณ์ การใช้แบบทดสอบแบบเลือกตอบ การใช้แบบทดสอบแบบคำถามปลายเปิด การใช้แผนผังความคิด เป็นต้น

- การสัมภาษณ์ เป็นวิธีการเปิดโอกาสให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นด้วยภาษาและความคิดของตนเองเพื่อสำรวจความคิดความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับสิ่งของและปรากฏการณ์ธรรมชาติโดยไม่ได้หวังว่าแนวคิดของนักเรียนนั้นจะเป็นที่ยอมรับในเชิงวิทยาศาสตร์หรือไม่ วิธีการสัมภาษณ์เพื่อต้องการรู้ความเข้าใจของนักเรียนที่นิยมใช้กันคือ การสัมภาษณ์เกี่ยวกับสิ่งต่าง ๆ โดยใช้วัตถุจริงและการสัมภาษณ์เกี่ยวกับเหตุการณ์โดยการนำเสนอสถานการณ์โดยการใช้ของจริงหรือการสาธิต หรือการใช้แผนภาพ แล้วถามถึงการเปลี่ยนแปลงของสถานการณ์ต่าง ๆ ที่อาจเกิดขึ้นและให้นักเรียนบอกถึงสาเหตุของการเปลี่ยนแปลง วิธีนี้เหมาะสำหรับการนำเข้าสู่บทเรียนและใช้ในขณะทำกิจกรรมการเรียนรู้

- แบบทดสอบวัดความเข้าใจแบบเลือกตอบ ใช้สำรวจความเข้าใจของนักเรียนโดยอาจพัฒนามาจากแบบสัมภาษณ์หรือคำถามปลายเปิดเพื่อให้ได้ตัวเลือกที่ใกล้เคียงกับคำตอบของนักเรียนมากที่สุดและสามารถนำไปใช้ได้กับนักเรียนจำนวนมาก สะดวกสำหรับครูในการสำรวจแนวคิด เช่น แบบทดสอบชนิดเลือก 2 ทาง ซึ่งส่วนแรกเป็นคำถามเกี่ยวกับเนื้อหาความรู้โดยมีตัวเลือก 2 3 หรือ 4 ตัวเลือก ส่วนหลังจะเป็นการให้เหตุผลของนักเรียนเพื่อสนับสนุนคำตอบที่เลือก

- แบบทดสอบแบบคำถามปลายเปิดหรือแบบทดสอบอัตนัย ถูกนำมาใช้ในการวัดผลการเรียนรู้ของนักเรียน โดยผู้ตอบจะมีอิสระในการตอบคำถาม ได้คำตอบที่เป็นภาษาเขียนของนักเรียน มี

จุดประสงค์เพื่อต้องการทราบแนวคิดของเรียนว่ามีความคิดความเข้าใจเกี่ยวกับสิ่งนั้นอย่างไร โดยเปิดโอกาสให้นักเรียนตอบตรามความมิคิด ความเข้าใจของตนเอง

- แผนผังความคิด มีจุดประสงค์สำหรับใช้แทนความสัมพันธ์อันมีความหมายระหว่างแนวคิดต่าง ๆ โดยทำให้อยู่ในรูปของแนวคิดอย่างน้อย 2 แนวคิดที่แสดงออกมาด้วยภาษาและเชื่อมกันด้วยคำเชื่อม แผนผังแนวคิดจะทำให้เกิดความเข้าใจอันแจ่มแจ้งแก่นักเรียนและครูเกี่ยวกับความคิดสำคัญต่าง ๆ และยังให้บทสรุปเค้าโครงของสิ่งที่เรียนไปแล้วอีกด้วย

สรุปได้ว่า ในการวัดความเข้าใจในการเรียนสามารถวัดได้ด้วยวิธีที่หลากหลาย แต่สิ่งที่เป็นส่วนสำคัญในการวัดความเข้าใจก็คือ ข้อคำถามที่ใช้วัดจะต้องเป็นลักษณะที่ให้นักเรียนอธิบายหรือบรรยายความรู้ต่าง ๆ ด้วยคำพูดของตัวเอง หรือให้ระบุข้อเท็จจริง กฎ หรือทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ที่กำหนดให้ หรือให้แปลความหมายสถานการณ์ที่กำหนดให้ ซึ่งสอดคล้องกับแบบวัดความเข้าใจแบบเลือกตอบ 2 ทาง มากที่สุด

เกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดความเข้าใจในการเรียน

แบบทดสอบที่เหมาะกับการวัดความเข้าใจของผู้เรียนคือ แบบทดสอบชนิดเลือกตอบ 2 ชั้น ซึ่งจะข้อสอบจะแบ่งเป็น 2 ตอน คือ ตอนที่ 1 เป็นแบบปรนัย (ขั้นตีความ) และตอนที่ 2 เป็นแบบอัตนัย (ขั้นขยายความ) ซึ่งแต่ละตอนจะมีเกณฑ์การให้คะแนนที่แตกต่างกัน

ไชลัน สาและ (2557) การประเมินผลการเรียน สอนจำเป็นต้องมีเครื่องมือในการให้คะแนนเพื่ออธิบายผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียน ซึ่งปัจจุบันนักการศึกษาได้ให้ความสนใจอย่างมากกับ Rubics ทั้งนี้มาจากการวัดผลและประเมินผลกำลังเปลี่ยนแปลงสู่การประเมินตามจริงและการประเมินจะอิงการปฏิบัติมากขึ้น ทั้งนี้ผู้ประเมินควรจะกำหนดเกณฑ์ในการประเมิน และนักเรียนควรจะได้ทราบก่อนลงมือทำงาน เกณฑ์การประเมินนี้จะระบุคุณภาพที่ต้องการให้นักเรียนกระทำ แต่ละคะแนนบย Rubics ซึ่งสอดคล้องกับตัวอย่างการตอบสนองนั้น ๆ ดังนั้นการกำหนดเกณฑ์ การให้คะแนน จะทำให้นักเรียนได้รู้ว่าครูต้องการอะไร ละเข้าจะต้องทำอย่างไร เพื่อที่จะให้ผลงานของเขาได้คะแนนในระดับที่ต้องการ

ศิริชัย กาญจนวาสี (2544) กล่าวว่าสำหรับการตรวจแบบทดสอบการเรียนแบบปรนัยชนิดเลือกตอบหลายตัวเลือก มีเกณฑ์การให้คะแนนคือ ตอบถูกได้ 1 ตอบผิดได้ 0

บุญเรียง ขจรศิลป์ (2544) กล่าวว่าสำหรับการให้คะแนนแบบทดสอบแบบอัตนัยต้องให้ตามคุณลักษณะของงานในแต่ละระดับ ต้องให้คะแนนแบบครอบคลุมคุณภาพในระดับของตัวงาน แต่ต้องไม่ใช่สิ่งเพ้อฝัน เกินความเป็นจริงจนนักเรียนไม่สามารถที่จะปฏิบัติได้ โดยให้เกณฑ์การประเมินดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงเกณฑ์การประเมินข้อสอบอัตนัย

ระดับคะแนน	ลักษณะงาน
2	เขียนได้ตรงประเด็น และชัดเจน ให้เหตุผลได้สมบูรณ์
1	เขียนได้ตรงประเด็น ไม่ชัดเจน ให้เหตุผลค่อนข้างสับสน
0	ไม่เขียนเหตุผล เขียนไม่ตรงประเด็น ไม่ชัดเจน

สรุปได้ว่า ในการให้คะแนนแบบทดสอบวัดความเข้าใจแบบเลือกตอบ 2 ชั้น จะมีเกณฑ์การให้คะแนนที่แยกส่วนกัน โดยตอนที่ 1 แบบปรนัย(ขั้นตีความ) จะให้คะแนนแบบถูกได้ 1 ผิดได้ 0 และตอนที่ 2 (อัตนัย) จะให้คะแนนแบบการประเมินคำตอบของผู้ทำแบบทดสอบว่าเป็นไปในระดับใด

สำหรับเกณฑ์ที่ผู้วิจัยเลือกใช้จะอ้างอิงจากหลักการของความเข้าใจ คือผู้เรียนจะต้องแปลความจากโจทย์ และตีความเพื่อตอบข้อปรนัย จากนั้นจะขยายความคำตอบในข้ออัตนัย นั่นหมายความว่าหากผู้ทำแบบทดสอบแปลความผิดตั้งแต่แรกจะส่งผลให้ขั้นต่อ ๆ ไปผิดตามไปด้วย

ความพึงพอใจต่อสื่อแอนิเมชันประกอบการเรียน

ความหมายของความพึงพอใจ

กู๊ด (Good, 1973) กล่าวว่า ความพึงพอใจ หมายถึง สภาพ คุณภาพ หรือระดับความพึงพอใจ ซึ่งเป็นผลมาจาก ความสนใจต่าง ๆ และทัศนคติที่บุคคลนั้นมีต่อสิ่งนั้น

โอลิเวอร์ (Oliver, 1997) ได้ให้ความหมายของความพึงพอใจ คือการตอบสนองที่แสดงถึงความรู้ปะสงค์ของลูกค้าเป็นวิจารณญาณของลูกค้าที่มีต่อสินค้าและบริการ ความพึงพอใจมีมุมมองที่แตกต่างกันแล้วแต่มุมมองของแต่ละคน

โวลแมน (Wolman, 1973) กล่าวว่า ความพึงพอใจ หมายถึง ความรู้สึกที่มีความสุขเมื่อได้รับผลสาเร็จตามจุดมุ่งหมาย ความต้องการหรือแรงจูงใจ

เคลิร์ก (Quirk, 1987) ความพึงพอใจหมายถึงความรู้ที่มีความสุขหรือความพอใจเมื่อได้รับความสาเร็จ หรือได้รับสิ่งที่ต้องการ

ฮอร์นบี้ (Hornby, 2000) ความพึงพอใจหมายถึงความรู้สึกที่ดีเมื่อประสบความสำเร็จ หรือไต้รับสิ่งที่ต้องการให้เกิดขึ้นเป็นความรู้สึกที่พอใจ

วิรุฬ พรรณเทวี (2542) ได้ให้ความหมายความพึงพอใจ หมายถึง ความรู้สึก ภายในจิตใจของมนุษย์ที่ไม่เหมือนกันขึ้นอยู่กับแต่ละบุคคลว่าจะคาดหวังกับสิ่งหนึ่งอย่างไร ถ้าคาดหวังหรือมีความตั้งใจมากและได้รับการตอบสนองด้วยดีจะมีความพึงพอใจมาก แต่ในทางตรงกันข้ามอาจผิดหวังหรือไม่พึงพอใจเป้นอย่างยิ่งเมื่อไม่ได้รับการตอบสนองตามที่คาดหวังไว้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสิ่งที่ตนตั้งใจไว้ว่ามีมากหรือน้อย

สุริยะ วิริยะสวัสดิ์ (2530) ได้ให้ความหมายความพึงพอใจหลังการให้บริการของหน่วยงานของรัฐของเขาว่าระดับผลที่ได้จากการพบปะ สอดคล้องกับปัญหาที่มีอยู่หรือไม่ ส่งผลดีและสร้างความภูมิใจเพียงใด และสร้างความภูมิใจเพียงใด

เชลลี่ (Shelli, 1995) ได้ศึกษาแนวคิด เกี่ยวกับความพึงพอใจ สรุปได้ว่าเป็นความรู้สึกสองแบบของมนุษย์ คือความรู้สึกในทางบวกและ ความรู้สึกในทางลบ ความรู้สึกในทางบวกเป็นความรู้สึกที่เมื่อเกิดขึ้นแล้วทาให้ความรู้สึกที่มีระบบ ย้อนกลับและความสุขนี้สามารถทำให้เกิดความสุขหรือความรู้สึกทางบวกเพิ่มขึ้นได้อีก ดังนั้นจะเห็นได้ว่า ความสุขเป็นความรู้สึกที่สลับซับซ้อนและความสุขนี้จะมีผลต่อบุคคลมากกว่า ความรู้สึกในทางบวกอื่น ๆ ความรู้สึกทางลบ ความรู้สึกทางบวกและความสุขมีความสัมพันธ์กัน อย่างสลับซับซ้อนและระบบความสัมพันธ์ของความรู้สึกทั้งสามนี้เรียกว่าระบบความพึงพอใจ โดยความพึงพอใจจะเกิดขึ้นเมื่อระบบความพึงพอใจมีความรู้สึกทางบวกมากกว่าความรู้สึกทางลบ

ปรียาพร วงศ์อนุตรโรจน์ (2545) กล่าวว่า ความพึงพอใจในการเรียนรู้ของผู้เรียน หมายถึงความรู้สึกยินดี เจตคติที่ดีของผู้เรียนที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน เมื่อได้รับการตอบสนองความต้องการของตน ทำให้เกิดความรู้สึกดีในสิ่งนั้น ๆ

อดุลย์ศักดิ์ สุนทรโรจน์ (2546) ได้กล่าวว่า ความพึงพอใจในการเรียน หมายถึง ความรู้สึกชอบ หรือพอใจต่อองค์ประกอบและสิ่งจูงใจในการเรียน และผู้เรียนได้รับการตอบสนองความต้องการซึ่งมักจะมีผลทำให้ผู้เรียนยอมสละเวลา หรือหันมาสนใจในการเรียน

สรุปได้ว่า ความพึงพอใจ หมายถึง ความรู้สึกหรือทัศนคติที่เป็นไปตามที่คาดหวังไว้โดยเมื่อเป็นไปตามที่คาดหวังแล้ว จะมีการตอบสนองต่อสิ่วที่คาดหวัง เกิดความพึงพอใจและเกิดความกระตือรือร้นที่จะลงมือทำ เพื่อสร้างสรรค์สิ่งที่ดีขึ้น

ความพึงพอใจต่อสื่อแอนิเมชัน

จิตราภรณ์ ชั่งกริส (2559) ความพึงพอใจ หมายถึง ความรู้สึกหรือทัศนคติของบุคคลที่เกิดจากการได้รับการตอบสนองตามที่ตนเองต้องการก็จะเกิดความพึงพอใจในสิ่งนั้น แต่หากความต้องการไม่ได้รับการตอบสนอง ความไม่พึงพอใจก็จะเกิดขึ้น

อัจฉรา บุญวงศ์ (2557) อธิบายว่า ความพึงพอใจต่อสื่อการเรียนการสอน เป็นความรู้สึกของผู้เรียนที่มีต่อสื่อการเรียนการสอนมีได้ทั้งทางบวกและทางลบ ซึ่งได้แบ่งประเภทความพึงพอใจของผู้เรียนต่อสื่อการเรียนการสอนเป็น 5 ด้าน ดังนี้ ด้านการนำเสนอบทเรียน ด้านเนื้อหาและการดำเนินเรื่อง ด้านปฏิสัมพันธ์ของบทเรียน ด้านแบบฝึกหัดปละแบบทดสอบ และด้านมัลติมีเดีย

สันติภาพ วงศ์แก้วโพธิ์ทอง (2558) อธิบายว่า ความพึงพอใจ ชอบใจ มีความสุขที่เป้าหมายตั้งไว้บรรลุผลหรือสมหวัง สำหรับนักเรียนแล้วการใช้สื่อคอมพิวเตอร์ช่วยสอนส่วนใหญ่ย่อมเป็นความสมหวังของนักเรียน ซึ่งสื่อคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจะสามารถช่วยให้นักเรียนเข้าใจบทเรียนได้ดียิ่งขึ้น

อัจฉริยพงศ์ จันทร์คลัง (2562) ได้แบ่งหัวข้อการวัดความพึงพอใจของผู้เรียนต่อสื่อแอนิเมชันเป็น 3 ด้าน ดังนี้ ด้านเนื้อหา ด้านการออกแบบสื่อ ด้านภาพและเสียง ทั้งนี้ การแบ่งหัวข้อการวัดความพึงพอใจจะขึ้นอยู่กับหัวข้อในการวัดประเมินคุณภาพสื่อแอนิเมชันและความประสงค์ของผู้วิจัย

สรุปได้ว่า ความพึงพอใจต่อสื่อแอนิเมชัน คือความรู้สึกของผู้เรียนที่มีต่อสื่อแอนิเมชัน เป็นได้ทั้งทางบวกและทางลบ ซึ่งสามารถแบ่งองค์ประกอบความพึงพอใจต่อสื่อแอนิเมชันได้หลายด้านขึ้นอยู่กับความเหมาะสมและความต้องการของผู้วัด ซึ่งในงานวิจัยนี้จะทำการวัด 3 ด้าน ได้แก่ ด้านเนื้อหา ด้านการออกแบบสื่อ และด้านภาพและเสียง

การวัดความพึงพอใจของนักเรียนต่อสื่อแอนิเมชัน

ปริญญา จเรรัชต์ (2546) กล่าวว่ามาตราวัดความพึงพอใจสามารถกระทำได้หลายวิธี ได้แก่

1. การใช้แบบสอบถามโดยผู้สอบถามจะออกแบบสอบถามเพื่อต้องการทราบ ความคิดเห็นซึ่งสามารถทำได้ในลักษณะที่กำหนดคาตอบให้เลือก หรือตอบคำถามอิสระคำถามดังกล่าวอาจถามความพึงพอใจในด้านต่าง ๆ เช่นการบริการ การบริหาร และเงื่อนไขต่าง ๆ เป็นต้น

2. การสัมภาษณ์เป็นวิธีวัดความพึงพอใจทางตรงทางหนึ่งซึ่งต้องอาศัยเทคนิค และวิธีการที่ดีที่จะทำให้ได้ข้อมูลที่เป็นจริงได้

3. การสังเกตเป็นวิธีการวัดความพึงพอใจโดยสังเกตพฤติกรรมของบุคคลเป้าหมาย ไม่ว่าจะแสดงออกจากการพูดกิริยาท่าทางวิธีนี้จะต้องอาศัยการกระทาอย่างจริงจังและการสังเกตอย่างมีระเบียบแบบแผน

ภนิดา ชัยปัญญา (2541) กล่าวว่า มีวิธีที่สามารถวัดความพึงพอใจได้ดังนี้

1. การใช้แบบสอบถาม โดยผู้ออกแบบสอบถามจัดทำแบบสอบถามเพื่อต้องการทราบความคิดเห็น สามารถกระทำได้ในลักษณะกำหนดคำตอบให้เลือก หรือตอบคำถามอิสระ ซึ่งคำถามดังกล่าวจะเป็นการถามความพอใจในด้านต่าง ๆ

2. การสัมภาษณ์ เป็นวิธีวัดความพึงพอใจโดยตรงซึ่งต้องอาศัยเทคนิคและวิธีการที่ดีจึงจะได้ข้อมูลที่เป็นจริง

3. การสังเกต เป็นวิธีวัดความพึงพอใจโดยการสังเกตพฤติกรรมของบุคคลเป้าหมาย ไม่ว่าจะแสดงออกจากการพูดจา กริยา ท่าทาง วิธีนี้ต้องอาศัยการกระทำอย่างจริงจัง และสังเกตอย่างมีระเบียบแบบแผน

พัฒนา พรหมณีม ยุพิน พิทยาวัฒนชัน และ จีระศักดิ์ ทัพผา (2563) อธิบายไว้ว่า การประเมินความพึงพอใจมีการประเมินหลายวิธี ได้แก่ การสังเกต การสัมภาษณ์ และการใช้แบบสอบถาม ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. การสังเกต เป็นวิธีการสำหรับใช้ตรวจสอบบุคคลอื่นโดยการสังเกตพฤติกรรมและจดบันทึกความพึงพใจที่แสดงออกมาในประเด็นที่ต้องการประเมินอย่างมีแบบแผน โดยผู้สังเกตจะไม่มีการปฏิบัติการมีส่วนร่วมกับผู้ถูกสังเกต ต่อจากนั้นจึงนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ สรุปและตีความตามวัตถุประสงค์ของการประเมิน วิธีนี้เป็นการศึกษาที่เก่าแก่และเป็นที่นิยมใช้อย่างแพร่หลายที่ใช้สำหรับการศึกษาในกรณีศึกษาเท่านั้น

2. การสัมภาษณ์ เป็นวิธีการที่ผู้ประเมินจะต้องออกไปพูดคุยกับบุคคลนั้น ๆ โดยตรง มีการเตรียมแผนล่วงหน้า เป็นการถามให้ตอบปากเปล่า แต่อาจไม่ได้ข้อมูลที่แท้จริงจากผู้ตอบ เนื่องจากผู้ตอบอาจไม่รู้สึกอิสระในการตอบ หรือไม่คุ้นเคยกับผู้ถาม เพื่อให้ได้ข้อมูลที่เป็นจริงมากที่สุด ควรเตรียมตัวให้พร้อมก่อนดำเนินการสัมภาษณ์ ควรลงพื้นที่เพื่อทำความคุ้นเคยก่อนให้เกิดความสนิทสนม และความไว้เนื้อเชื่อใจ ซึ่งจะช่วยให้ได้ข้อมูลที่เป็นจนริงมากที่สุด

3. การใช้แบบสอบถามประมาณค่า เป็นการประเมินโดยใช้เครื่องมือที่เป็นการสร้างประโยคข้อความต่าง ๆ ทั้งที่เป็นข้อความทางบวกและข้อความทางลบที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรที่ต้องการประเมิน โดยให้ผู้ตอบแสดงความคิดเห็นว่าเห็นด้วยหรือไม่ด้วยกับข้อความแต่ละข้อนั้น โดยใช้มาตราประมาณค่า 5 ระดับ ตามวิธีของลิเคอร์ท เนื่องจากเป็นวิธีที่ง่ายและสะดวก สามารถเก็บข้อมูลได้รวดเร็ว

สรุปได้ว่า การวัดความพึงพอใจสามารถวัดได้ 3 แบบ คือ การสังเกต การสอบถาม และการสัมภาษณ์ แต่ละแบบจะมีการใช้งานที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ที่ผู้วัดต้องการจะวัดว่าเป็นแบบใด นอกจากนี้การวัดความพึงพอใจต่อสื่อแอนิเมชัน ทั้งนี้รวมถึงสื่ออื่น ๆ ด้วย จะต้องกำหนดหัวข้อในการวัดประเมิณ ซึ่งหัวข้อในการวัดความพึงพอใจนั้นจะสอดคล้องกับหัวข้อในการวัดคุณภาพของสื่อนั้น ๆ

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสื่อแอนิเมชันประกอบการเรียน

งานวิจัยภายในประเทศ

อนงค์ แซ่แต้ (2559) ได้สนใจศึกษาผลสัมฤทธิ์หลังจากการใช้สื่อแอนิเมชันร่วมกับเทคนิค Graphic Review ประกอบการสอนในรายวิชา พลังงานและสิ่งแวดล้อม ให้แก่นักศึกษาระดับ ปวช.2 โดยจากการศึกษาพบว่า ก่อนเรียนโดยใช้สื่อแอนิเมชันร่วมกับ Graphic Review นักศึกษากลุ่มตัวอย่างได้คะแนนเฉลี่ย 10.34 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ 3.57 เมื่อเทียบกับหลังการใช้สื่อ

แอนิเมชันและเทคนิคดังกล่าว ส่งผลให้คะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 20.44 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ที่ 3.57 ซึ่งนักศึกษามีผลสัมฤทธิ์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนที่ระดับนัยสำคัญที่ .05

ชัชฎา ชวรางกูร (2551) ได้ทำการพัฒนาและหาประสิทธิภาพ สื่อวิดีทัศน์แอนิเมชันสามมิติ เรื่องระบบหมุนเวียนเลือด สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างกลุ่มที่ใช้สื่อวิดีทัศน์แอนิเมชันสามมิติ และกลุ่มควบคุมที่เรียนด้วยการเรียนปกติ ซึ่งในการวิจัยนี้ได้ผลว่า สื่อวิดีทัศน์แอนิเมชันสามมิติเรื่องระบบหมุนเวียนเลือดมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และความพึงพอใจของผู้เรียนที่ใช้สื่อแอนิเมชันสามมิติ เรื่อง ระบบหมุนเวียนเลือด อยู่ในเกณฑ์ดีมาก

ชุติมา เจริญผล (2560) ได้พัฒนาชุดการสอนวิทยาศาสตร์เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่สอนด้วยชุดการสอนก่อนเรียนและหลังเรียน และศึกษาความคงทนในการเรียนรู้ของนักเรียน ผลการวิจัยพบว่า ชุดการสอนที่พัฒนาขึ้นที่ประสิทธิภาพ 82.43/80.44 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดคือ 80/80 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และนักเรียนที่ได้รับการสอนด้วยชุดการสอนนี้มีความคงทนในการเรียนรู้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

คณารักษ์ โชติจันทึก (2553) ได้พัฒนาสื่อการเรียนการสอนเรื่องอัตราของปฏิกิริยาเคมี และการไทเทรตกรด-เบส ในวิชาปฏิบัติการเคมีทั่วไป เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติของนักศึกษาที่มีต่อการเรียนหลังใช้สื่อการเรียนการสอน ซึ่งจากผลการวิจัยทำให้ทราบว่า สื่อการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 ค่าเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนของกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และนักศึกษามีเจตคติต่อการเรียนหลังใช้สื่อการเรียนการสอนในระดับดี

ชัชวาล ศรีภักดี (2555) ได้สร้างสื่อการสอนแอนิเมชันแบบเรียลไทม์เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์ 1 สำหรับวิศวกร ด้วยโปรแกรมประยุกต์ตระกูล Adobe โดยเลือกเนื้อหาที่นักศึกษาส่วนมากมีปัญหาสอบได้คะแนนต่ำ และเนื้อหาบทเรียนที่ค่อนข้างเป็นนามธรรม ยากแก่การทำความเข้าใจ สื่อการสอนนี้จะถูกนำไปวางไว้ในเวบไซต์เพื่อในนักศึกษาได้เข้าไปศึกษา และจากการวิจัยพบว่า สื่อการเรียนการสอนมีความเหมาะสมโดยสามารถทำให้นักศึกษามีความเข้าใจเนื้อหารายวิชาได้อย่างลึกซึ้ง มีความสุขกับการเรียน และนำไปประยุกต์ใช้ต่อยอดในชีวิตประจำวันได้เป็นอย่างดี และมีเจตคติที่ดีต่อรายวิชานี้ยิ่งขึ้น

จิตต์วิสุทธิ์ วิมุตติปัญญา และธีรพัฒน์ จันษร (2559) ได้พัฒนาสื่อแอนิเมชันประกอบการเรียนเรื่อง โครงสร้างอะตอม สำหรับนักศึกษาสาขาวิทยาศาสตร์ทั่วไป ชั้นปีที่ 3 เพื่อศึกษาความรู้ความเข้าใจของนักศึกษาหลังได้รับการเรียนรู้ด้วยสื่อแอนิเมชันประกอบการเรียนนี้ จากผลการวิจัย

พบว่า ผลความรู้ความเข้าใจของนักศึกษาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

งานวิจัยต่างประเทศ

แคทเทอรีน (Katherine, 2016) ในช่วงหลายปีที่ผ่านมาเขาทำการศึกษานักเรียน และพบว่าพวกเขาชอบการบรรยายที่มีภาพเคลื่อนไหวสั้น ๆ เรียบง่าย เพื่อให้นักเรียนมีส่วนร่วมเธอจึงได้พัฒนาแอนิเมชันการสอนชุดเล็ก ๆ โดยใช้แพ็คเกจซอฟต์แวร์ PowerPoint และ Camtasia Studios การสำรวจนักเรียนที่เรียนรู้หัวข้อที่ยากสี่หัวข้อด้วยบทเรียนที่เป็นลายลักษณ์อักษรแบบดั้งเดิมและภาพเคลื่อนไหวเหล่านี้พบว่า 80% ของนักเรียนบอกว่าพวกเขาเรียนรู้ได้ดีขึ้นเมื่อมีภาพเคลื่อนไหวรวมอยู่ด้วย เนื่องจากส่วนใหญ่รายงานว่าการ์ตูนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ฉันจึงอยากแบ่งปันวิธีง่ายๆในการสร้างมันกับชุมชนการสอน

ฟิลลิป (Philip, 2019) การศึกษานี้สำรวจการใช้ชุดวิดีโอแอนิเมชันเพื่อสอนการบัญชีขั้นสูงที่มหาวิทยาลัยในออสเตรเลีย จากการตอบแบบสำรวจของนักศึกษาระดับปริญญาตรี 254 คนในสองภาคการศึกษาเราได้แสดงหลักฐานของช่องทางที่เฉพาะเจาะจงซึ่งวิดีโอการสอนแบบเคลื่อนไหวช่วยเพิ่มประสบการณ์การเรียนรู้ของนักเรียนรวมถึงการมีส่วนร่วมและความสนใจที่เพิ่มขึ้นความเข้าใจที่ดีขึ้นและความยืดหยุ่นในการเรียนรู้ด้วยตนเองมากขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าการออกแบบตัวละครการแสดงเสียงและบทสนทนาในวิดีโอแอนิเมชันมีความสำคัญต่อการปรับปรุงการมีส่วนร่วมของนักเรียน นอกจากนี้การศึกษานี้ยังนำเสนอข้อมูลเชิงลึกที่แปลกใหม่เกี่ยวกับวิธีที่นักเรียนจากกลุ่มประชากรต่าง ๆ สามารถได้รับประโยชน์ที่แตกต่างจากแอนิเมชัน การค้นพบเหล่านี้ทำให้ความเข้าใจที่มีอยู่ของเราลึกซึ้งยิ่งขึ้นเกี่ยวกับข้อได้เปรียบด้านการสอนของวิดีโอการเรียนการสอนแบบแอนิเมชันและให้คำแนะนำที่มีคุณค่าเพื่อให้นักการศึกษาในอนาคตใช้ประโยชน์จากพลังของเทคโนโลยีแอนิเมชันเพื่อสร้างแหล่งข้อมูลการสอนที่มีประสิทธิภาพ

โทมัส (Thomas, 2014) บทความนี้นำเสนอผลของการสอนแอนิเมชันและมัลติมีเดียที่มีต่อผลการเรียนของนักเรียนในสาขาวิทยาศาสตร์นักเรียน 100 คนได้รับการสุ่มเลือกจากโรงเรียนมัธยมศึกษา 4 แห่งในเขตการปกครองท้องถิ่น Ado Ekiti ของ Ekiti State การออกแบบการวิจัยที่ใช้สำหรับการศึกษานี้เป็นการออกแบบการวิจัยกึ่งทดลองของการทดสอบก่อนสองกลุ่มการออกแบบการควบคุมหลังการทดสอบ ผลการวิจัยพบว่า ผลการเรียนของนักเรียนที่ได้รับการสอนมัลติมีเดียในรูปแบบการ์ตูนและการเรียนการสอนตามอัตภาพมีค่าสูงกว่า ดังนั้นจึงแนะนำว่าควรส่งเสริมการใช้แอนิเมชันรูปแบบการ์ตูนและการสอนแบบมัลติมีเดียเพื่อเสริมวิธีการสอนวิทยาศาสตร์ในโรงเรียนและวิทยาลัยอื่น

สรุปจากการศึกษางานวิจัยทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ ผลที่ได้มีลักษณะที่สอดคล้องกัน คือ การสอนโดยใช้สื่อแอนิเมชันประกอบการเรียนนั้น ช่วยส่งผลให้นักเรียนมีความเข้าใจในการเรียน มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มีความพึงพอใจ เจตคติต่อวิชาต่าง ๆ สูงขึ้น ผู้เรียนมีความคงทนในการเรียนรู้ มีความสุขกับการเรียน สามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ต่อยอดในชีวิตประจำวันได้ และผู้เรียนยังให้ความร่วมมือและความสนใจในรายวิชามากขึ้น ซึ่งสนับสนุนว่าการเรียนการสอนโดยการใช้สื่อแอนิเมชันประกอบการเรียนนั้นสามารถนำมาใช้พัฒนาการเรียนด้านความรู้ ความเข้าใจ และพัฒนาเจตคติได้ดี

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยและพัฒนา (Research & Development) โดยผู้วิจัยได้ทำการสร้างสื่อแอนิเมชันประกอบการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง คลื่นและแสง เพื่อพัฒนาความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ผู้วิจัยใช้วิธีการดำเนินการตามรูปแบบใช้ ADDIE Models ซึ่งมี 5 ขั้นตอน แต่ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้หลอมรวมในขั้นการออกแบบและพัฒนาเป็นขั้นเดียวกัน ขั้นตอนในการดำเนินการวิจัยในครั้งนี้จึงมี 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. การวิเคราะห์ (Analysis : A)
2. การออกแบบและพัฒนา (Design & Development : D1 & D2)
3. การทดลองใช้ (Implementation : I)
4. การประเมินผล (Evaluation : E)

ขั้นตอนที่ 1 การวิเคราะห์ (Analysis : A)

วิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐาน เพื่อศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐาน เป็นขั้นตอนของการวิเคราะห์ความต้องการ ความจำเป็น โดยการสำรวจสภาพปัจจุบัน ปัญหาและความต้องการของผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้อง เพื่อให้ได้ข้อมูลที่จำเป็นสำหรับการนำมาใช้เป็นแนวทางในการกำหนด และตรวจสอบนิยาม ความสามารถ พฤติกรรมบ่งชี้และแนวทางการพัฒนาความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ผู้วิจัยได้ดำเนินการตาม ขั้นตอนดังนี้

1.1 ศึกษาสำรวจสภาพปัญหาของการจัดการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในด้านความเข้าใจในการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง คลื่นและแสง ด้วยการสัมภาษณ์ผู้สอนและผู้เรียน โดยใช้เครื่องมือการสัมภาษณ์แบบเจาะลึกที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นและดำเนินการสัมภาษณ์ด้วยตัวเอง ทำการศึกษาข้อมูลพื้นฐาน โดยวิเคราะห์ข้อมูลจากแหล่งข้อมูลเอกสารและข้อมูลบุคคลเกี่ยวกับพฤติกรรมที่แสดงถึงความเข้าใจในการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง คลื่นและแสง เพื่อกำหนดแนวทางการพัฒนาความเข้าใจในการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง คลื่นและแสง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ซึ่งจากการศึกษาและวิเคราะห์เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ทำให้ทราบถึงปัญหา คือ สภาพปัญหาในการสอนที่เป็นแบบบรรยายปกติ ทำให้ผู้เรียนมีปัญหาด้านความเข้าใจในการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง คลื่นและแสง เนื่องจากเนื้อหาในเรื่องคลื่นและแสงค่อนข้างเป็นหัวข้อที่ใหญ่และมีความเป็นนามธรรมสูง

1.2. ศึกษา แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการสร้างสื่อแอนิเมชันประกอบการเรียน มีรายละเอียด ดังนี้

1. ความหมายของสื่อแอนิเมชัน
2. สื่อแอนิเมชันกับการจัดการเรียนการสอน
3. ประเภทของสื่อแอนิเมชัน
4. วิธีการสร้างสื่อแอนิเมชัน
5. การวัดประเมินคุณภาพสื่อแอนิเมชัน
6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษาเอกสารข้างต้น ทำให้ทราบว่าสื่อแอนิเมชันเป็นสื่อการเรียนการสอนประเภทหนึ่งที่ช่วยในการแก้ปัญหาความเป็นนามธรรมของเนื้อหาให้เป็นรูปธรรม อีกทั้งยังช่วยดึงดูดผู้เรียนให้มีความสนใจในการเรียนมากขึ้น และช่วยให้ผู้เรียนทุกคนเห็นที่ตรงกันส่งผลให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจในการเรียนตรงกัน ผู้วิจัยจึงเลือกสื่อแอนิเมชันมาใช้ในงานวิจัยเพื่อส่งเสริมความเข้าใจในการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง คลื่นและแสง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ซึ่งรูปแบบสื่อแอนิเมชันที่ผู้วิจัยเลือกใช้คือ สื่อแอนิเมชันประเภท Computer Animation แบบ 2 มิติ ที่สร้างจากโปรแกรม Adobe Photoshop และ Adobe Premiere Pro โดยผู้วิจัยจะวัดคุณภาพสื่อแอนิเมชันประกอบการเรียนนี้ ด้วยแบบประเมินแบบมาตราประมาณค่า 5 ระดับ ตามวิธีของลิเคอร์ท ซึ่งจะแบ่งหัวข้อการประเมินเป็น 3 ด้าน คือ

1. ด้านเนื้อหา
2. ด้านการนำเสนอ
3. ด้านภาพเคลื่อนไหวและเสียง

และหาประสิทธิภาพของสื่อแอนิเมชันประกอบการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง คลื่นและแสง ให้ได้ตามเกณฑ์ 80/80

1.3 ศึกษาแนวคิดหลักในวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง คลื่นและแสง ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ซึ่งวิเคราะห์มาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด สาระการเรียนรู้ วัตถุประสงค์การเรียนรู้ และเวลาเรียน ได้ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 วิเคราะห์มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด สาระการเรียนรู้ วัตถุประสงค์การเรียนรู้ และจำนวนเวลาเรียน เรื่อง คลื่นและแสง

มาตรฐานการเรียนรู้	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้	วัตถุประสงค์การเรียนรู้	เวลาเรียน (คาบ)
มาตรฐาน ว 2.3 เข้าใจความหมายของพลังงาน การเปลี่ยนแปลงและการถ่ายโอนพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสสารและพลังงาน พลังงานในชีวิตประจำวัน ธรรมชาติของคลื่น ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเสียง แสง และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์	**ตัวชี้วัด ม.3/10** สร้างแบบจำลองที่อธิบายการเกิดคลื่นและบรรยายส่วนประกอบของคลื่น	คลื่นกล	1. สร้างแบบจำลองการเกิดคลื่นกล 2. บรรยายส่วนประกอบของคลื่นกล	3
	ตัวชี้วัด ม.3/11 อธิบายคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและสเปกตรัมคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากข้อมูลที่รวบรวมได้ **ตัวชี้วัด ม.3/12** ตระหนักถึงประโยชน์และอันตรายจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า โดยนำเสนอการใช้ประโยชน์ ในด้านต่าง ๆ และอันตรายจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในชีวิตประจำวัน	คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า	3. บอกความหมายแม่เหล็กไฟฟ้าและสเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า 4. นำเสนอการใช้ประโยชน์และอันตราจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในชีวิตประจำวัน	3
	ตัวชี้วัด ม.3/13 ออกแบบการทดลองและดำเนินการทดลองด้วยวิธีที่เหมาะสมในการอธิบายกฎการสะท้อนของแสง **ตัวชี้วัด ม.3/14** เขียนแผนภาพการเคลื่อนที่ของแสง แสดงการเกิดภาพจากกระจกเงา	การสะท้อนของแสง	5. อธิบายกฎการสะท้อนของแสง 6.เขียนแผนภาพส่วนประกอบรังสีของแสง 7.เขียนภาพที่เกิดจากกระจกเงาราบและกระจกเงาโค้ง	6

ตารางที่ 4 (ต่อ)

มาตรฐานการเรียนรู้	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้	วัตถุประสงค์การเรียนรู้	เวลาเรียน (คาบ)
	ตัวชี้วัด ม.3/15 อธิบายการหักเหของแสงเมื่อผ่านตัวกลางโปร่งใสที่แตกต่างกัน และอธิบายการกระจายแสงของแสงขาวเมื่อผ่านปริซึมจากหลักฐานเชิงประจักษ์ **ตัวชี้วัด ม.3/16** เขียนแผนภาพการเคลื่อนที่ของแสงแสดงการเกิดภาพจากเลนส์บาง **ตัวชี้วัด ม.3/17** อธิบายปรากฏการณ์ที่เกี่ยวกับแสง และการทำงานของทัศนอุปกรณ์จากข้อมูลที่รวบรวมได้ **ตัวชี้วัด ม.3/18** เขียนแผนภาพการเคลื่อนที่ของแสง แสดงการเกิดภาพของทัศนอุปกรณ์และเลนส์ตา	การหักเหของแสง	8. อธิบายการหักเหของแสงเมื่อผ่านตัวกลางต่าง ๆ 9. เขียนภาพการเคลื่อนที่ของแสงผ่านเลนส์บาง 10.อธิบายปรากฏการณ์เกี่ยวกับแสงและการทำงานของทัศนอุปกรณ์	6
	ตัวชี้วัด ม.3/19 อธิบายผลของความสว่างที่มีต่อดวงตาจากข้อมูลที่ได้จากการสืบค้น **ตัวชี้วัด ม.3/20** วัดความสว่างของแสงโดยใช้อุปกรณ์วัดความสว่างของแสง **ตัวชี้วัด ม.3/21** ตระหนักในคุณค่าของความรู้เรื่อง ความสว่างของแสงที่มีต่อดวงตา โดยวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาและเสนอแนะการจัดความสว่างให้เหมาะสมในการทำกิจกรรมต่าง ๆ	ความสว่าง	11.อธิบายผลของความสว่างที่มีต่อดวงตา 12. วิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาและวิธีการจัดการความสว่างของสถานที่ต่าง ๆ ให้เหมาะสมกับกิจกรรม	2
		รวม		20

ขั้นตอนที่ 2 การออกแบบและพัฒนา (Design & Development : D1 & D2)

การออกแบบสำหรับการสร้างสื่อแอนิเมชันประกอบการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง คลื่นและแสง เพื่อส่งเสริมความเข้าใจในการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ผู้วิจัยได้ดำเนินการ ดังนี้

2.1 การออกแบบสื่อแอนิเมชันประกอบการเรียนวิทยาศาสตร์เรื่อง คลื่นและแสง เพื่อส่งเสริมความเข้าใจในการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนวัดท้องคุ้ง “ไพโรจน์ประชาสรรค์” เพื่อกำหนดกรอบแนวคิดในการออกแบบและสร้างสื่อแอนิเมชันประกอบการเรียนวิทยาศาสตร์เรื่อง คลื่นและแสง ซึ่งมีรายละเอียดตามขั้นตอน ดังนี้

2.1.1 นำแนวคิดจากการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐาน ในขั้นตอนที่ 1 มากำหนดเป็นกรอบแนวคิดในการออกแบบสื่อแอนิเมชันประกอบการเรียนวิทยาศาสตร์เรื่อง คลื่นและแสง เพื่อส่งเสริมความเข้าใจในการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 วิเคราะห์ผลการเรียนรู้ แนวคิดหลัก และสื่อการเรียนการสอน เรื่อง คลื่นและแสง

มาตรฐานการเรียนรู้	ตัวชี้วัด	แนวคิดหลัก	สื่อการเรียนการสอน
มาตรฐาน ว 2.3 เข้าใจความหมายของพลังงาน การเปลี่ยนแปลงและการถ่ายโอนพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสสารและพลังงาน พลังงานในชีวิตประจำวัน ธรรมชาติของคลื่น ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเสียง แสง และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์	**ตัวชี้วัด ม.3/10** สร้างแบบจำลองที่อธิบายการเกิดคลื่นและบรรยายส่วนประกอบของคลื่น	คลื่นกล	Magic of mechanic wave
	ตัวชี้วัด ม.3/11 อธิบายคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและสเปกตรัมคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากข้อมูลที่รวบรวมได้ **ตัวชี้วัด ม.3/12** ตระหนักถึงประโยชน์และอันตรายจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าโดยนำเสนอการใช้ประโยชน์ ในด้านต่าง ๆ และอันตรายจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในชีวิตประจำวัน	คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า	สเปกตรัม 7 สี คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าส่องแสง
	ตัวชี้วัด ม.3/13 ออกแบบการทดลองและดำเนินการทดลองด้วยวิธีที่เหมาะสมในการอธิบายกฎการสะท้อนของแสง **ตัวชี้วัด ม.3/14** เขียนแผนภาพการเคลื่อนที่ของแสง แสดงการเกิดภาพจากกระจกเงา	การสะท้อนของแสง	How to reflection?

ตารางที่ 5 (ต่อ)

มาตรฐานการเรียนรู้	ตัวชี้วัด	แนวคิดหลัก	สื่อการเรียนการสอน
	ตัวชี้วัด ม.3/15 อธิบายการหักเหของแสงเมื่อผ่านตัวกลางโปร่งใสที่แตกต่างกัน และอธิบายการกระจายแสงของแสงขาวเมื่อผ่านปริซึมจากหลักฐานเชิงประจักษ์ **ตัวชี้วัด ม.3/16** เขียนแผนภาพการเคลื่อนที่ของแสงแสดงการเกิดภาพจากเลนส์บาง **ตัวชี้วัด ม.3/17** อธิบายปรากฏการณ์ที่เกี่ยวกับแสง และการทำงานของทัศนอุปกรณ์จากข้อมูลที่รวบรวมได้ **ตัวชี้วัด ม.3/18** เขียนแผนภาพการเคลื่อนที่ของแสง แสดงการเกิดภาพของทัศนอุปกรณ์และเลนส์ตา	การหักเหของแสง	How to refraction?
	ตัวชี้วัด ม.3/19 อธิบายผลของความสว่างที่มีต่อดวงตาจากข้อมูลที่ได้จากการสืบค้น **ตัวชี้วัด ม.3/20** วัดความสว่างของแสงโดยใช้อุปกรณ์วัดความสว่างของแสง **ตัวชี้วัด ม.3/21** ตระหนักในคุณค่าของความรู้เรื่อง ความสว่างของแสงที่มีต่อดวงตา โดยวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาและเสนอแนะการจัดความสว่างให้เหมาะสมในการทำกิจกรรมต่าง ๆ	ความสว่าง	Light and bright

2.1.2 ออกแบบสื่อแอนิเมชันประกอบการเรียนวิทยาศาสตร์เรื่อง คลื่นและแสง เพื่อส่งเสริมความเข้าใจในการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ตามกรอบแนวคิดในการออกแบบสื่อแอนิชันประกอบการเรียน

2.1.3 ออกแบบการวัดและประเมินผล แบบประเมินคุณภาพสื่อแอนิเมชันประกอบการเรียน โดยผู้วิจัยได้กำหนดสิ่งที่ต้องการวัดไว้ 3 ด้าน คือ

2.1.3.1 ด้านเนื้อหา

2.1.3.2 ด้านการนำเสนอสื่อ

2.1.3.3 ด้านภาพเคลื่อนไหวและเสียง

2.1.4 ดำเนินการสร้างแบบประเมินคุณภาพสื่อแอนิเมชันประกอบการเรียนตามหลักที่กำหนดไว้ โดยแจกแจงรายละเอียดให้ครอบคลุมสิ่งที่ต้องการวัด ซึ่งแบบประเมินคุณภาพสื่อแอนิเมชันประกอบการเรียนเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) เพื่อสอบถามความคิดเห็นและข้อเสนอแนะต่าง ๆ โดยกำหนดค่าคะแนนเป็น 5 ระดับ โดยมีเกณฑ์การให้น้ำหนักคะแนนดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2554)

5 คะแนน มีคุณภาพดีมาก

4 คะแนน มีคุณภาพดี

3 คะแนน มีคุณภาพปานกลาง

2 คะแนน มีคุณภาพพอใช้

1 คะแนน ควรปรับปรุงแก้ไข

ในการแปลผลผู้วิจัยได้ใช้เกณฑ์พิจารณาจากคะแนนเฉลี่ย ซึ่งมีการแปรผลค่าเฉลี่ย ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.51 – 5.00 มีคุณภาพระดับดีมาก

ค่าเฉลี่ย 3.51 – 4.50 มีคุณภาพระดับดี

ค่าเฉลี่ย 2.51 – 3.50 มีคุณภาพระดับปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.51 – 2.50 มีคุณภาพระดับพอใช้

ค่าเฉลี่ย 1.00 – 1.50 มีคุณภาพระดับปรับปรุงแก้ไข

2.1.5 นำแบบประเมินคุณภาพสื่อแอนิเมชันประกอบการเรียนที่สร้างขึ้นไปให้ผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ตรวจสอบความเที่ยงตรงตามเนื้อหาว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับคุณลักษณะสิ่งที่ต้องการประเมินหรือไม่ แล้วนำผลคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญมาหาดัชนีความสอดคล้องของข้อคำถามกับคุณลักษณะของสื่อแอนิเมชันประกอบการเรียน โดยใช้เทคนิคการหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้เชี่ยวชาญ โดยใช้สูตร IOC ในการคำนวณ โดยกำหนดคะแนนของผู้เชี่ยวชาญดังนี้

+1 หมายถึง ข้อคำถามสอดคล้องกับคุณลักษณะของสื่อแอนิเมชันประกอบการเรียนที่ต้องการประเมิน

0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าข้อคำถามสอดคล้องกับคุณลักษณะของสื่อแอนิเมชันประกอบการเรียน

-1 หมายถึง ข้อคำถามไม่สอดคล้องกับคุณลักษณะของสื่อแอนิเมชันประกอบการเรียนที่ต้องการประเมิน

จากนั้นนำคะแนนแต่ละข้อของแบบประเมินผลความสอดคล้องของข้อคำถามกับคุณลักษณะสื่อแอนิเมชันประกอบการเรียนที่ต้องการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด มาหาค่าเฉลี่ยและเทียบเกณฑ์ที่กำหนด ซึ่งเกณฑ์ที่จะทำการยอมรับ คือ 0.50 ขึ้นไป ซึ่งแบบประเมินผลความสอดคล้องของข้อคำถามกับคุณลักษณะสื่อแอนิเมชันประกอบการเรียนที่ได้มีค่าเฉลี่ยที่ 0.60 – 1.00

2.1.6 แก้ไขปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

2.1.6.1 แก้ไขรายการประเมินให้มีความสอดคล้องกับเนื้อหามากยิ่งขึ้น

2.1.6.2 แก้ไขหัวข้อในแบบประเมินให้มีความเหมาะสมมากยิ่งขึ้น

2.1.6.3 ลดจำนวนข้อแบบประเมินที่ไม่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาลง

2.1.6.4 แก้ไขข้อความที่ใช้ในการแบบประเมินให้มีความเหมาะสมมากยิ่งขึ้น

2.1.7 นำแบบประเมินคุณภาพสื่อแอนิเมชันที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วพร้อมด้วยสื่อแอนิเมชันประกอบการเรียน นำไปให้ผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ตรวจสอบคุณภาพในด้านเนื้อหา ด้านการนำเสนอ และด้านภาพเคลื่อนไหวและเสียง แล้วนำข้อเสนอแนะที่ได้มาปรับปรุงแก้ไขโดยใช้แบบประเมินคุณภาพแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ โดยกำหนดค่าคะแนนเป็น 5 ระดับ โดยมีเกณฑ์การให้น้ำหนักคะแนน ดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2554)

5 คะแนน มีคุณภาพดีมาก

4 คะแนน มีคุณภาพดี

3 คะแนน มีคุณภาพปานกลาง

2 คะแนน มีคุณภาพพอใช้

1 คะแนน ควรปรับปรุงแก้ไข

ในการแปลผลผู้วิจัยได้ใช้เกณฑ์พิจารณาจากคะแนนเฉลี่ย ซึ่งมีการแปลผลค่าเฉลี่ย ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.51 – 5.00 มีคุณภาพระดับดีมาก

ค่าเฉลี่ย 3.51 – 4.50 มีคุณภาพระดับดี

ค่าเฉลี่ย 2.51 – 3.50 มีคุณภาพระดับปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.51 – 2.50 มีคุณภาพระดับพอใช้

ค่าเฉลี่ย 1.00 – 1.50 มีคุณภาพระดับปรับปรุงแก้ไข

ซึ่งเกณฑ์ค่าเฉลี่ยจะผ่านการประเมินในแต่ละข้อ คือ 3.50 ขึ้นไป จึงจะถือว่าสื่อแอนิเมชันประกอบการเรียนมีคุณภาพดีและสามารถนำไปใช้ในการดำเนินการวิจัยได้ ซึ่งสื่อแอนิเมชันประกอบการเรียนที่ได้มีค่าเฉลี่ยการประเมินคุณภาพ 4.55 อยู่ในระดับดีมาก

2.1.8 แก้ไขปรับปรุงตามข้อเสนอแนะเพื่อให้สื่อแอนิเมชันประกอบการเรียนที่สมบูรณ์

2.1.8.1 แก้ไขด้านเนื้อหาโดยการเพิ่มตัวอย่างในแต่ละสื่อ

2.1.8.2 เพิ่มบทบรรยายในเนื้อหา

2.1.8.3 เพิ่มคำบรรยายช่วงที่มีการบรรยายในสื่อ

2.1.8.4 เพิ่มคำศัพท์ของตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหา

ขั้นตอนที่ 3 การทดลองใช้ (Implementation : I)

การทดลองใช้สื่อแอนิเมชันประกอบการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง คลื่นและแสง เพื่อส่งเสริมความเข้าใจในการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ผู้วิจัยนำสื่อแอนิเมชันประกอบการเรียนที่ผ่านการปรับปรุงและแก้ไขไปทดลองใช้กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง โดยผู้วิจัยดำเนินการดังนี้

3.1 ประชากรที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ นักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนวัดท้องคุ้ง “ไพโรจน์ประชาสรรค์” ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 จำนวน 4 ห้องเรียน จำนวน 160 คน โดยคละความสามารถในการเรียน เก่ง ปานกลาง อ่อน ของนักเรียน ห้องละเท่า ๆ กัน

กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนวัดท้องคุ้ง “ไพโรจน์ประชาสรรค์” ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 จำนวน 1 ห้อง จำนวน 40 คน โดยสุ่มห้องเรียนด้วยวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling)

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย มีดังนี้

3.2.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

1) สื่อแอนิเมชันประกอบการเรียน (ที่สร้างและผ่านการประเมินในขั้นตอนที่ 2 แล้ว)

2) แผนการจัดการเรียนรู้

3.2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

2) แบบทดสอบวัดความเข้าใจในการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง คลื่นและแสง

3) แบบประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนต่อสื่อแอนิเมชันประกอบการเรียน

3.3 การสร้างเครื่องมือวิจัย

3.3.1 แผนการจัดการเรียนรู้

1) ศึกษาเอกสารและคู่มือหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)

2) ศึกษาเอกสารหลักสูตรสถานศึกษาและแผนการจัดการเรียนรู้ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ของโรงเรียนวัดท้องคุ้ง “ไพโรจน์ประชาสรรค์” ออกแบบหน่วยการเรียนรู้ และกำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ตามตัวชี้วัดให้สอดคล้องตามหลักสูตรสถานศึกษาของโรงเรียน

3) ศึกษากรอบแนวคิดในการออกแบบสื่อแอนิเมชันประกอบการเรียนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

4) สร้างแผนการจัดการเรียนรู้ฉบับร่างจำนวน 5 แผน ประกอบด้วยเรื่อง

4.1) คลื่นกล

4.2) คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

4.3) การสะท้อนของแสง

4.4) การหักเหของแสง

4.5) ความสว่าง

ใช้เวลาสอนรวมทั้งหมด 20 ชั่วโมง

5) นำแบบร่างแผนการจัดการเรียนรู้เสนอผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมก่อนการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ฉบับสมบูรณ์ ตรวจสอบความเหมาะสมของตัวชี้วัด มีเกณฑ์การพิจารณา ดังนี้

5 คะแนน มีความเหมาะสมมากที่สุด

4 คะแนน มีความเหมาะสมมาก

3 คะแนน มีความเหมาะสมปานกลาง

2 คะแนน มีความเหมาะสมน้อย

1 คะแนน มีความเหมาะสมน้อยที่สุด

ในการแปลผลผู้วิจัยได้ใช้เกณฑ์พิจารณาจากคะแนนเฉลี่ย ซึ่งมีการแปลผลค่าเฉลี่ย ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.51 – 5.00 มีคุณภาพระดับดีมาก

ค่าเฉลี่ย 3.51 – 4.50 มีคุณภาพระดับดี
ค่าเฉลี่ย 2.51 – 3.50 มีคุณภาพระดับปานกลาง
ค่าเฉลี่ย 1.51 – 2.50 มีคุณภาพระดับพอใช้
ค่าเฉลี่ย 1.00 – 1.50 มีคุณภาพระดับปรับปรุงแก้ไข

ซึ่งเกณฑ์ค่าเฉลี่ยจะผ่านการประเมินในแต่ละข้อ คือ 3.50 ขึ้นไป จึงจะถือว่าแผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมและสามารถนำไปใช้ในการดำเนินการวิจัยได้ ซึ่งแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้มีค่าเฉลี่ยการประเมินความเหมาะสมเท่ากับ 4.84 อยู่ในระดับดีมาก

6) ปรับปรุงแก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญและสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ฉบับสมบูรณ์

6.1) เพิ่มเกณฑ์การประเมินผลงานนักเรียนในแผนให้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น

6.2) เพิ่มรายละเอียดของเวลาในการสอนในแต่ละขั้นให้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น

7) นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปใช้ในการทดลองต่อไป

3.3.2 แบบทดสอบวัดความเข้าใจในการเรียนวิทยาศาสตร์

1) ศึกษาวิธีสร้างแบบทดสอบแบบเลือกตอบ 2 ชั้น และระดับความสามารถทางพุทธิพิสัย ด้านความเข้าใจจากทฤษฎีของบลูม (Bloom and others, 1974)

2) ศึกษาวัตถุประสงค์การเรียนรู้ และสาระการเรียนรู้ วิชาวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่อง คลื่นและแสง เพื่อสร้างตารางวิเคราะห์ข้อสอบด้านความเข้าใจ ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 การกำหนดจำนวนแบบทดสอบที่ต้องการให้สอดคล้องระหว่างสาระการเรียนรู้และวัตถุประสงค์การเรียนรู้

สาระการเรียนรู้	วัตถุประสงค์การเรียนรู้	จำนวนข้อสอบวัดความเข้าใจ	ต้องการจริง
คลื่นกล	1. สร้างแบบจำลองการเกิดคลื่นกล	2	1
	2. บรรยายส่วนประกอบของคลื่นกล	2	1
คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า	3. บอกความหมายแม่เหล็กไฟฟ้าและสเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า	4	2
	4. นำเสนอการใช้ประโยชน์และอันตราจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในชีวิตประจำวัน	4	2
การสะท้อนของแสง	5. อธิบายกฎการสะท้อนของแสง	2	1
	6. เขียนแผนภาพส่วนประกอบรังสีของแสง	4	2
	7. เขียนภาพที่เกิดจากกระจกเงาราบและกระจกเงาโค้ง	4	2
การหักเหของแสง	8. อธิบายการหักเหของแสงเมื่อผ่านตัวกลางต่าง ๆ	2	1
	9. เขียนภาพการเคลื่อนที่ของแสงผ่านเลนส์บาง	4	2
	10. อธิบายปรากฏการณ์เกี่ยวกับแสงและการทำงานของทัศนอุปกรณ์	4	2
ความสว่าง	11. อธิบายผลของความสว่างที่มีต่อดวงตา	4	2
	12. วิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาและวิธีการจัดการความสว่างของสถานที่ต่าง ๆ ให้เหมาะสมกับกิจกรรม	4	2
	รวม	40	20

3) สร้างแบบทดสอบแบบลือกตอบ 2 ชั้น โดยชั้นที่ 1 เป็นปรนัย และชั้นที่ 2 เป็นอัตนัย จำนวน 40 ข้อ ต้องการใช้จริง 20 ข้อ ให้ครอบคลุมเนื้อหาและวัตถุประสงค์การเรียนรู้ โดยให้มีสัดส่วนจำนวนข้อในแต่ละวัตถุประสงค์การเรียนรู้ตรงตามตารางวิเคราะห์ โดยมีรายละเอียดเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

ระดับคะแนน	ลักษณะคำตอบ
3	ตอบถูกในชั้นที่ 1 และให้เหตุผลในชั้นที่ 2 ได้ตรงประเด็น ชัดเจนและสมบูรณ์
2	ตอบถูกในชั้นที่ 1 และให้เหตุผลในชั้นที่ 2 ได้ตรงประเด็น แต่ไม่ชัดเจนและไม่สมบูรณ์
1	ตอบถูกในชั้นที่ 1 แต่ไม่ให้เหตุผล หรือให้เหตุผลไม่ตรงประเด็น ไม่ชัดเจนและไม่สมบูรณ์
0	ตอบไม่ถูกในชั้นที่ 1

4) นำแบบทดสอบวัดความเข้าใจในการเรียนวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อตรวจสอบความเหมาะสมและความสอดคล้องของสาระเรียนรู้กับวัตถุประสงค์การเรียนรู้ กับพฤติกรรมที่ต้องการวัดของข้อคำถามในแต่ละข้อ รวมทั้งความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ แล้วจึงนำเสนอแนะไปปรับปรุงแก้ไข

5) นำแบบทดสอบวัดความเข้าใจในการเรียนวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้นเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน เพื่อประเมินค่าความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบแต่ละข้อกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้ โดยใช้แบบประเมินที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ซึ่งมีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

+1	หมายถึง	แน่ใจว่าแบบทดสอบตรงกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้ที่ต้องการวัด
0	หมายถึง	ไม่แน่ใจว่าแบบทดสอบตรงกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้ที่ต้องการวัด
-1	หมายถึง	แน่ใจว่าแบบทดสอบไม่ตรงกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้ที่ต้องการวัด

6) นำผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญมาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย แล้วพิจารณาเลือกแบบทดสอบที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องมากกว่าหรือเท่ากับ 0.50 (พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2543) ซึ่งถือว่าเป็นแบบทดสอบที่มีความสอดคล้องและความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา แต่หากมีค่าต่ำกว่าผู้วิจัยจะดำเนินการปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญเพื่อให้ได้ข้อสอบที่มีคุณภาพ ซึ่งแบบทดสอบวัดความเข้าใจในการเรียนวิทยาศาสตร์มีค่าความสอดคล้อง อยู่ระหว่าง 0.60 – 1.00

7) จัดพิมพ์แบบทดสอบวัดความเข้าใจในการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง คลื่นและแสง แล้วนำไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาที่ 3 โรงเรียนวัดท้องคุ้ง “ไพโรจน์ประชาสรรค์” ที่ผ่านการเรียน เรื่อง คลื่นและแสง ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างจำนวน 40 คน เพื่อหาคุณภาพของแบบทดสอบ

8) นำแบบทดสอบวัดความเข้าใจในการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง คลื่นและแสง มาตรวจสอบให้คะแนน และนำผลที่ได้ไปตรวจหาค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (r) โดยใช้หลักการของวิทนีย์ และซาเบอร์ (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2543) จากนั้นคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าความยากง่ายระหว่าง 0.20 - 0.80 และค่าอำนาจจำแนก 0.20 ขึ้นไป ไว้ 20 ข้อ จากการวิเคราะห์คุณภาพ พบว่า แบบทดสอบวัดความเข้าใจในการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง คลื่นและแสงมีค่าความยากง่าย (P) ตั้งแต่ 0.35 - 0.80 และค่าอำนาจจำแนก (r) ตั้งแต่ 0.20 – 0.40

9) นำแบบทดสอบที่คัดเลือกไว้ มาวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่น นำแบบทดสอบมาวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นตามวิธีการหาค่าสัมประสิทธิ์ของครอนบาค (Cronbach's Alpha Coefficient) โดยค่าความเชื่อมั่นควรมีค่ามากกว่า 0.70 ขึ้นไป จึงจะเป็นแบบทดสอบที่เชื่อมั่นได้ โดยแบบทดสอบมีค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับเท่ากับ 0.89

10) จัดพิมพ์แบบทดสอบวัดความเข้าใจในการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง คลื่นและแสง จำนวน 20 ข้อ เพื่อนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการศึกษาค้นคว้าต่อไป

3.3.3 แบบประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนต่อสื่อแอนิเมชันประกอบการเรียน

1) ศึกษาวิธีการสร้างแบบสอบถามวัดความพึงพอใจจากหนังสือ เอกสาร วารสาร และงานวิจัยต่าง ๆ เพื่อนำมาเป็นแนวทางในการสร้างแบบประเมินความพึงพอใจ

2) สร้างแบบประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนต่อสื่อแอนิเมชันประกอบการเรียน ซึ่งแบ่งเนื้อหาการประเมินได้ 3 ด้าน ได้แก่ ด้านเนื้อหา ด้านการออกแบบสื่อ และด้านภาพและเสียง ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 โครงสร้างการประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนต่อสื่อแอนิเมชัน

รายการประเมิน	จำนวนข้อ
1. ด้านเนื้อหา	5
2. ด้านการนำเสนอสื่อ	6
3. ด้านภาพและเสียง	5
รวม	16

โดยกำหนดองค์ประกอบการประเมินและคำอธิบายระดับคุณภาพ เป็นมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) โดยกำหนดค่าคะแนนเป็น 5 ระดับ ตามแนวคิดของลิเคอร์ท ซึ่งผู้วิจัยให้เกณฑ์พิจารณา ดังนี้

	คะแนน	ระดับความพึงพอใจ
5	คะแนน	มากที่สุด
4	คะแนน	มาก
3	คะแนน	ปานกลาง
2	คะแนน	น้อย
1	คะแนน	น้อยที่สุด

ในการแปลผลผู้วิจัยได้ใช้เกณฑ์พิจารณาจากคะแนนเฉลี่ย ซึ่งมีการแปลผลค่าเฉลี่ยดังนี้

ค่าเฉลี่ย	4.51 – 5.00	มีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด
ค่าเฉลี่ย	3.51 – 4.50	มีความพึงพอใจในระดับมาก
ค่าเฉลี่ย	2.51 – 3.00	มีความพึงพอใจในระดับปานกลาง
ค่าเฉลี่ย	1.51 – 2.50	มีความพึงพอใจในระดับน้อย
ค่าเฉลี่ย	1.00 – 1.50	มีความพึงพอใจในระดับน้อยที่สุด

3) นำแบบประเมินความพึงพอใจที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาและผู้เชี่ยวชาญ พิจารณาความถูกต้องและความเหมาะสม แล้วนำข้อเสนอแนะมาปรับปรุงแก้ไขเพื่อให้แบบประเมินความพึงพอใจมีความถูกต้องและสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น และเพื่อทำการตรวจสอบค่า IOC ว่ามีดัชนีความสอดคล้องระหว่างรายการประเมินความพึงพอใจกับเนื้อหาโดยให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาดังนี้

+1	หมายถึง	แน่ใจว่ารายการประเมินความพึงพอใจสอดคล้องกับเนื้อหา
0	หมายถึง	ไม่แน่ใจว่ารายการประเมินความพึงพอใจสอดคล้องกับเนื้อหา
-1	หมายถึง	แน่ใจว่ารายการประเมินความพึงพอใจไม่สอดคล้องกับเนื้อหา

4) นำผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญมาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย แล้วพิจารณาเลือกแบบประเมินความพึงพอใจที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องมากกว่าหรือเท่ากับ 0.50 (พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2543) ซึ่งถือว่าเป็นแบบประเมินความพึงพอใจที่มีความสอดคล้องและความเที่ยงตรง แต่หากมีค่าต่ำกว่าผู้วิจัยจะดำเนินการปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญเพื่อให้ได้ข้อสอบที่มีคุณภาพ ซึ่งแบบประเมินความพึงพอใจมีค่าความสอดคล้อง อยู่ระหว่าง 0.60 – 1.00

5) แก้ไขปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

5.1) แก้ไขข้อความของหัวข้อรายการให้มีความเหมาะสมมากยิ่งขึ้น

6) จัดพิมพ์แบบประเมินความพึงพอใจเพื่อนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างหลังจากได้เรียนโดยใช้สื่อแอนิเมชันประกอบการเรียน

3.3 วิธีการดำเนินการวิจัย

ผู้วิจัยดำเนินการโดยใช้ระเบียบวิธีวิจัยแบบการวิจัยทดลอง แบบทดสอบก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้

3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลจากการใช้สื่อแอนิเมชันประกอบการเรียนดังนี้

1. สุ่มนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 1 ห้องเรียน โดยการสุ่มห้องเรียนด้วยวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) จำนวน 40 คน เป็นกลุ่มทดลอง

2. แนะนำขั้นตอนการทำกิจกรรมและบทบาทของนักเรียนในการจัดการเรียนการสอน

3. ทดสอบก่อนเรียน (Pretest) โดยใช้แบบทดสอบวัดความเข้าใจในการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง คลื่นและแสง ที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพ ปรับปรุงและแก้ไขแล้ว ใช้ระยะเวลาในการทดสอบ 1 ชั่วโมง

4. ดำเนินการสอนโดยผู้วิจัยเป็นผู้สอนเอง ตามแผนการจัดการเรียนรู้ 5 แผน ร่วมกับการใช้สื่อแอนิเมชันประกอบการเรียน ในรายวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง คลื่นและแสง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ใช้ระยะเวลาในการจัดการเรียนรู้ 20 ชั่วโมง เมื่อผู้เรียนเรียนจบในแต่ละหน่วยแล้วให้ผู้เรียนทำแบบฝึกหัดหรือกิจกรรมท้ายหน่วยนั้น ๆ

5. ทดสอบหลังเรียน (Posttest) หลังจากที่ผู้เรียนเรียนครบทุกหน่วยแล้ว โดยใช้แบบทดสอบวัดความเข้าใจในการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง คลื่นและแสง ที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพ ปรับปรุงและแก้ไขแล้ว ซึ่งเป็นชุดเดียวกันกับแบบทดสอบก่อนเรียน ใช้ระยะเวลาในการทดสอบ 1 ชั่วโมง

6. ดำเนินการให้ผู้เรียนทำแบบประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนต่อสื่อแอนิเมชันประกอบการเรียนหลังจากเรียนจบทุกหน่วยแล้ว

7. นำผลคะแนนที่ได้จากการตรวจแบบทดสอบวัดความเข้าใจในการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง คลื่นและแสง และแบบประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนต่อสื่อแอนิเมชันประกอบการเรียนมาวิเคราะห์โดยวิธีการทางสถิติด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปเพื่อทดสอบสมมติฐานต่อไป

ขั้นตอนที่ 4 การประเมินผล (Evaluation : E)

หลังจากเสร็จสิ้นการทดลองการใช้สื่อแอนิเมชันประกอบการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง คลื่นและแสง ซึ่งสื่อแอนิเมชันประกอบการเรียนที่ใช้ได้ผ่านการประเมินคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญเรียบร้อยแล้ว ผู้วิจัยจึงทำการวิเคราะห์ข้อมูลในประเด็นต่าง ๆ ดังนี้

4.1 การประเมินประสิทธิภาพของสื่อแอนิเมชันประกอบการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง คลื่นและแสง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ใช้การหาประสิทธิภาพ E_1/E_2 (ชัยยงค์ พรหมวงศ์, 2520) ดังนี้

$$E_1 = \frac{\frac{\Sigma X_1}{N}}{A} \times 100$$

$$E_2 = \frac{\frac{\Sigma X_2}{N}}{B} \times 100$$

เมื่อ E_1 หมายถึง คะแนนที่แสดงถึงความสามารถของกระบวนการ ทำให้เกิดการเรียนรู้ได้จากค่าเฉลี่ยของคะแนนของผู้เรียนที่ได้จากการทำแบบฝึกหัดระหว่างเรียน หรือที่เรียกว่าประสิทธิภาพของกระบวนการ ซึ่งคะแนนดังกล่าวต้องไม่ต่ำกว่า 80% ของคะแนนเต็ม

E_2 หมายถึง คะแนนที่แสดงถึงความสามารถของกระบวนการ ทำให้เกิดการเรียนรู้ได้จากค่าเฉลี่ยของคะแนนผู้เรียนที่ได้จากการทำแบบทดสอบหลังเรียน หรือที่เรียกว่าประสิทธิภาพของผลลัพธ์ ซึ่งคะแนนดังกล่าวต้องไม่ต่ำกว่า 80% ของคะแนนเต็ม

ΣX_1 หมายถึง คะแนนรวมจากการทำแบบทดสอบก่อนเรียนของผู้เรียนทุกคน

ΣX_2 หมายถึง คะแนนรวมจากการทำแบบทดสอบหลังเรียนของผู้เรียนทุกคน

N หมายถึง จำนวนผู้เรียน

A หมายถึง คะแนนเต็มของแบบทดสอบก่อนเรียน

B หมายถึง คะแนนเต็มของแบบทดสอบหลังเรียน

4.2 การประเมินความเข้าใจในการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง คลื่นและแสง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เพื่อเปรียบเทียบผลความเข้าใจก่อนเรียนและหลังเรียน ใช้สถิติ t-test แบบ Dependent Sample (พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2543)

$$t = \frac{\Sigma D}{\sqrt{\frac{n\Sigma D^2 - (\Sigma D)^2}{n-1}}} \quad \text{และ} \quad df = n-1$$

เมื่อ t หมายถึง ค่าที่ใช้พิจารณาแจกแจงแบบ t

D หมายถึง ความแตกต่างของคะแนนแต่ละคู่

$\sum D$ หมายถึง ผลรวมของความแตกต่างระหว่างคะแนนการสอบก่อน – หลังเรียน

$\sum D^2$ หมายถึง ผลรวมยกกำลังสองของความแตกต่างระหว่างคะแนนการสอบก่อน – หลังเรียน

n หมายถึง จำนวนกลุ่มตัวอย่างหรือจำนวนคู่คะแนน

4.3 การประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนต่อสื่อแอนิเมชันประกอบการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง คลื่นและแสง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้สื่อแอนิเมชันประกอบการเรียน โดยกำหนดเกณฑ์การประเมินเป็นช่วงคะแนน 5 ระดับ (Best & Kahn, 1993)

	ระดับความพึงพอใจ
5 คะแนน	มากที่สุด
4 คะแนน	มาก
3 คะแนน	ปานกลาง
2 คะแนน	น้อย
1 คะแนน	น้อยที่สุด

จากนั้น นำแบบประเมินมาหาค่าคะแนนเฉลี่ย ซึ่งมีการแปลผลค่าเฉลี่ย ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.51 – 5.00 มีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.51 – 4.50 มีความพึงพอใจในระดับมาก

ค่าเฉลี่ย 2.51 – 3.00 มีความพึงพอใจในระดับปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.51 – 2.50 มีความพึงพอใจในระดับน้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00 – 1.50 มีความพึงพอใจในระดับน้อยที่สุด

(บุญชม ศรีสะอาด และบุญส่ง นิลแก้ว, 2535)

สถิติที่เพิ่มเติมที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. ค่าสถิติพื้นฐาน ใช้ในการวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยของคะแนนจากแบบประเมินคุณภาพสื่อแอนิเมชันประกอบการเรียนและแบบประเมินความพึงพอใจ

1.1 ค่าเฉลี่ย $(\bar{X})$ โดยใช้สูตร ดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2545)

$$\bar{X} = \frac{\Sigma X}{n}$$

เมื่อ ΣX หมายถึง ผลรวมของข้อมูลทั้งหมด

n หมายถึง จำนวนของข้อมูลทั้งหมด

1.2 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D) มีสูตรการหาค่าดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2545)

$$S_t^2 = \sqrt{\frac{n\Sigma X^2 - (\Sigma X)^2}{N(N-1)}}$$

เมื่อ $S.D.$ หมายถึง ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

N หมายถึง จำนวนนักเรียนทั้งหมด

ΣX^2 หมายถึง ผลรวมของคะแนนทุกตัว

$(\Sigma X)^2$ หมายถึง ผลรวมของคะแนนแต่ละตัวยกกำลังสอง

2. สถิติที่ใช้ในการหาคุณภาพเครื่องมือในการวิจัย

2.1 การหาดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์การเรียนรู้ มีสูตรดังนี้ (บุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์, 2527)

$$IOC = \frac{\Sigma R}{N}$$

เมื่อ IOC หมายถึง ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์การเรียนรู้

ΣR หมายถึง ผลรวมคะแนนของผู้เชี่ยวชาญทุกคนในข้อนั้น

N หมายถึง จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

2.2 การหาความยากง่ายและอำนาจจำแนกของข้อสอบ มีดังนี้ (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2543)

ค่าความยากง่าย $$P = \frac{S_U + S_L - (2NX_{min})}{2N(X_{min} - X_{max})}$$

ค่าอำนาจจำแนก $$r = \frac{S_U - S_L}{N(X_{max} - X_{min})}$$

เมื่อ P หมายถึง ระดับความยากง่ายของข้อสอบ

r หมายถึง ค่าอำนาจจำแนก

S_U หมายถึง ผลรวมของคะแนนกลุ่มเก่ง

S_L หมายถึง ผลรวมของคะแนนกลุ่มอ่อน

N หมายถึง จำนวนนักเรียนของกลุ่มเก่งหรือกลุ่มอ่อน

X_{max} หมายถึง คะแนนที่นักเรียนทำได้สูงสุด

X_{min} หมายถึง คะแนนที่นักเรียนทำได้ต่ำสุด

2.3 การหาความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค มีสูตรดังนี้ (เกียรติสุดา ศรีสุข, 2552)

$$\alpha = \frac{k}{k-1}\left[1 - \frac{\Sigma S_i^2}{S^2}\right]$$

เมื่อ α หมายถึง ค่าความเชื่อมั่น

k หมายถึง จำนวนข้อ

S_i^2 หมายถึง ความแปรปรวนของคะแนนรายข้อ

S^2 หมายถึง ความแปรปรวนของคะแนนทั้งฉบับ

3. สถิติที่ใช้ในการหาประสิทธิภาพและทดสอบสมมติฐาน

3.1 การหาประสิทธิภาพ E_1/E_2 (ชัยยงค์ พรหมวงศ์, 2520)

$$E_1 = \frac{\frac{\Sigma X_1}{N}}{A} \times 100$$

$$E_2 = \frac{\frac{\Sigma X_2}{N}}{B} \times 100$$

E_1 หมายถึง คะแนนที่แสดงถึงความสามารถของกระบวนการ ทำให้เกิดการเรียนรู้ได้จากค่าเฉลี่ยของคะแนนของผู้เรียนที่ได้จากการทำแบบฝึกหัดระหว่างเรียน หรือที่เรียกว่าประสิทธิภาพของกระบวนการ ซึ่งคะแนนดังกล่าวต้องไม่ต่ำกว่า 80% ของคะแนนเต็ม

E_2 หมายถึง คะแนนที่แสดงถึงความสามารถของกระบวนการ ทำให้เกิดการเรียนรู้ได้จากค่าเฉลี่ยของคะแนนผู้เรียนที่ได้จากการทำแบบทดสอบหลังเรียน หรือที่เรียกว่าประสิทธิภาพของผลลัพธ์ ซึ่งคะแนนดังกล่าวต้องไม่ต่ำกว่า 80% ของคะแนนเต็ม

ΣX_1 หมายถึง คะแนนรวมจากการทำแบบทดสอบก่อนเรียนของผู้เรียนทุกคน

ΣX_2 หมายถึง คะแนนรวมจากการทำแบบทดสอบหลังเรียนของผู้เรียนทุกคน

N หมายถึง จำนวนผู้เรียน

A หมายถึง คะแนนเต็มของแบบทดสอบก่อนเรียน

B หมายถึง คะแนนเต็มของแบบทดสอบหลังเรียน

3.2 การเปรียบเทียบผลความเข้าใจก่อนเรียนและหลังเรียนเพื่อทดสอบสมมติฐาน ใช้สถิติ t-test แบบ Dependent Sample (พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2543)

$$t = \frac{\Sigma D}{\sqrt{\frac{n\Sigma D^2 - (\Sigma D)^2}{n-1}}} \quad \text{และ} \quad df = n-1$$

เมื่อ t หมายถึง ค่าที่ใช้พิจารณาแจกแจงแบบ t

D หมายถึง ความแตกต่างของคะแนนแต่ละคู่

$\sum D$ หมายถึง ผลรวมของความแตกต่างระหว่างคะแนนการสอบก่อน – หลังเรียน

$\sum D^2$ หมายถึง ผลรวมยกกำลังสองของความแตกต่างระหว่างคะแนนการสอบก่อน – หลังเรียน

n หมายถึง จำนวนกลุ่มตัวอย่างหรือจำนวนคู่คะแนน

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัย เรื่อง การสร้างสื่อแอนิเมชันประกอบการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง คลื่นและแสง เพื่อส่งเสริมความเข้าใจในการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อสร้างสื่อแอนิเมชันประกอบการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง คลื่นและแสง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ให้มีประสิทธิภาพ E_1/E_2 ตามเกณฑ์ 80/80 2) เพื่อศึกษาความเข้าใจในการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง คลื่นและแสง โดยการใช้สื่อแอนิเมชันประกอบการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 3) เพื่อศึกษาระดับความพึงพอใจต่อสื่อแอนิเมชันประกอบการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง คลื่นและแสง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในการวิจัยครั้งนี้ใช้วิธีดำเนินการวิจัยในลักษณะของการวิจัยและพัฒนา (Research & Development) ซึ่งดำเนินการตามรูปแบบ ADDIE Models โดยใช้ระเบียบวิธีการวิจัยแบบผสมผสาน (Mixed Methods Research) ด้วยการศึกษาวิธีการเชิงปริมาณ (Quantitative Methods) เสริมด้วยวิธีการเชิงคุณภาพ (Qualitative Methods) ผู้วิจัยจึงขอนำเสนอข้อมูลตามลำดับ ดังนี้

1. สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล
2. การเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล
3. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

การเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดสัญลักษณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อสื่อความหมายในการเสนอผลการวิจัยให้เข้าใจตรงกัน ดังนี้

n	แทน	จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง
$\bar{X}$	แทน	ค่าคะแนนเฉลี่ย
S.D	แทน	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
t	แทน	ค่าสถิติในการแจกแจงแบบ t
p	แทน	ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อน
*	แทน	นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
df	แทน	ชั้นแห่งความอิสระ
E	แทน	ค่าคะแนนที่แสดงถึงประสิทธิภาพของกระบวนการ
E_1	แทน	ค่าคะแนนเฉลี่ยของผู้เรียนที่ได้จากการทำแบบฝึกหัดระหว่างเรียน
E_2	แทน	ค่าคะแนนเฉลี่ยของผู้เรียนที่ได้จากการทำแบบทดสอบหลังเรียน

การเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้เสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับ ดังนี้

1. ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพในการสร้างสื่อแอนิเมชันประกอบการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง คลื่นและแสง เพื่อส่งเสริมความเข้าใจในการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ให้มีประสิทธิภาพ E_1/E_2 ตามเกณฑ์ 80/80

2. ผลการเปรียบเทียบความเข้าใจในการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง คลื่นและแสง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ก่อนและหลังเรียนโดยใช้สื่อแอนิเมชันประกอบการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง คลื่นและแสง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

3. ผลการประเมินความพึงพอใจต่อสื่อแอนิเมชันประกอบการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง คลื่นและแสง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

1. ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพในการสร้างสื่อแอนิเมชันประกอบการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง คลื่นและแสง เพื่อส่งเสริมความเข้าใจในการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ให้มีประสิทธิภาพ E_1/E_2 ตามเกณฑ์ 80/80 มีรายละเอียดดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพในการสร้างสื่อแอนิเมชันประกอบการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง คลื่นและแสง เพื่อส่งเสริมความเข้าใจในการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ลักษณะของคะแนน	สาระการเรียนรู้	คะแนนเต็ม	$\bar{X}$	S.D.	E	ค่าระดับประสิทธิภาพ (E_1/E_2)
คะแนนระหว่างเรียน	คลื่นกล	10	8.88	1.45	88.75	
	คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า	10	9.05	1.43	90.50	
	การสะท้อนของแสง	10	8.33	1.58	83.25	
	การหักเหของแสง	10	8.50	1.41	85.00	
	ความสว่าง	10	9.43	1.13	94.25	
		50	44.18	6.12	88.36	
คะแนนหลังเรียน		40	34.02	4.19	85.17	88.36/85.17

จากตารางที่ 8 พบว่า ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพในการสร้างสื่อแอนิเมชันประกอบการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง คลื่นและแสง เพื่อส่งเสริมความเข้าใจในการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ได้จำนวนร้อยละของคะแนนเฉลี่ยของคะแนนทดสอบหลังเรียน เท่ากับ 85.17 และจำนวนร้อยละของคะแนนเฉลี่ยของคะแนนแบบฝึกหัดระหว่างเรียน เท่ากับ 88.36 สรุปได้ว่า สื่อแอนิเมชันประกอบการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง คลื่นและแสง มีประสิทธิภาพเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้

2. ผลการวิเคราะห์การเปรียบเทียบความเข้าใจในการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง คลื่นและแสง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ก่อนและหลังเรียนโดยใช้สื่อแอนิเมชันประกอบการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง คลื่นและแสง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีรายละเอียดดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ผลการวิเคราะห์การประเมินความเข้าใจในการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง คลื่นและแสง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

คะแนนวัดความเข้าใจ	**n**	$\bar{X}$	**S.D**	**df**	**t**	**p(1-tail)**
ก่อนเรียน	40	17.42	5.53	39.00	27.12*	.000
หลังเรียน	40	34.02	4.10			

***p < .05**

จากตารางที่ 9 พบว่าความเข้าใจในการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง คลื่นและแสง ก่อนเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีค่าคะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 17.42 และหลังเรียนด้วยสื่อแอนิเมชันประกอบการเรียน มีค่าคะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 34.02 เมื่อนำคะแนนมาเปรียบเทียบพบว่าความเข้าใจในการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง คลื่นและแสง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการสอนด้วยสื่อแอนิเมชันประกอบการเรียนมีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 1

เมื่อเปรียบเทียบร้อยละของค่าเฉลี่ยคะแนนพัฒนาการของผลความเข้าใจในการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง คลื่นและแสง จำนวน 5 สาระการเรียนรู้ ได้แก่ 1) คลื่นกล 2) คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า 3) การสะท้อนของแสง 4) การหักเหของแสง 5) ความสว่าง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้สื่อแอนิเมชันประกอบการเรียน ก่อนเรียนและหลังเรียน มีรายละเอียดดังตารางที่ 10

ตารางที่ 10 การเปรียบเทียบร้อยละของค่าเฉลี่ยคะแนนพัฒนาการของผลความเข้าใจในการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง คลื่นและแสง จำนวน 5 สาระการเรียนรู้ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้สื่อแอนิเมชันประกอบการเรียน ก่อนเรียนและหลังเรียน

สาระการเรียนรู้	ก่อนเรียน	หลังเรียน	คะแนนพัฒนาการ	ลำดับร้อยละของค่าเฉลี่ยคะแนนพัฒนาการ
	$\overline{X}_{ร้อยละ}$	$\overline{X}_{ร้อยละ}$		
คลื่นกล	63.75	93.75	30.00	5
คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า	36.75	81.75	45.00	2
การสะท้อนของแสง	35.50	77.25	41.75	3
การหักเหของแสง	40.31	85.94	45.63	1
ความสว่าง	56.25	94.38	38.13	4

จากตารางที่ 10 พบว่า ผลความเข้าใจในการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง คลื่นและแสง จำนวน 5 สาระการเรียนรู้ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้สื่อแอนิเมชันประกอบการเรียน มีร้อยละของค่าเฉลี่ยแต่ละสาระการเรียนรู้หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน โดยสามารถเรียงลำดับสาระการเรียนรู้ที่มีร้อยละของค่าเฉลี่ยคะแนนพัฒนาการจากสูงสุดไปต่ำสุด ได้ดังนี้ 1) การหักเหของแสง 2) คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า 3) การสะท้อนของแสง 4) ความสว่าง 5) คลื่นกล

3. ผลการประเมินค่าความพึงพอใจของผู้เรียนต่อสื่อแอนิเมชันประกอบการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง คลื่นและแสง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีรายละเอียดดังตารางที่ 11

ตารางที่ 11 ผลการประเมินค่าความพึงพอใจของผู้เรียนต่อสื่อแอนิเมชันประกอบการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง คลื่นและแสง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ข้อ	รายการประเมิน	ระดับความพึงพอใจ		
		$\bar{X}$	S.D	เกณฑ์การประเมิน
1. ด้านเนื้อหา				
1.1	เนื้อหาเข้าใจได้ง่าย	4.63	0.49	มากที่สุด
1.2	สนุกและชวนติดตาม	4.63	0.49	มากที่สุด
1.3	ระยะเวลามีความเหมาะสมกับเนื้อหาที่นำเสนอ	4.58	0.50	มากที่สุด
1.4	ภาพโดยรวมในด้านเนื้อหา	4.53	0.55	มากที่สุด
1.5	ข้าพเจ้าชอบและอยากดูสื่อแอนิเมชันนี้อีก	4.53	0.64	มากที่สุด
	รวมคะแนนด้านเนื้อหา	**4.58**	**0.54**	**มากที่สุด**
2. ด้านการออกแบบสื่อ				
2.1	ข้าพเจ้ามีความชื่นชอบตัวละคร	4.20	0.56	มาก
2.2	ข้าพเจ้ามีความชื่นชอบฉาก	4.40	0.55	มาก
2.3	ข้าพเจ้ามีความชื่นชอบสี	4.58	0.55	มากที่สุด
2.4	ข้าพเจ้ามีความชื่นชอบการเคลื่อนไหวของตัวละคร	4.18	0.64	มาก
2.5	ข้าพเจ้ามีความชื่นชอบข้อความบรรยาย	4.45	0.60	มาก
2.6	ภาพโดยรวมด้านการออกแบบสื่อ	4.55	0.50	มากที่สุด
	รวมคะแนนด้านออกแบบสื่อ	**4.39**	**0.57**	**มาก**
3. ด้านภาพและเสียง				
3.1	ข้าพเจ้าชื่นชอบภาพที่นำเสนอ	4.63	0.49	มากที่สุด
3.2	ความคมชัดของภาพ	4.60	0.55	มากที่สุด
3.3	ข้าพเจ้าชื่นชอบเสียงบรรยาย	4.58	0.55	มากที่สุด
3.4	ข้าพเจ้าชื่นชอบเสียงดนตรี	4.58	0.55	มากที่สุด
3.5	ภาพโดยรวมในด้านภาพและเสียง	4.63	0.54	มากที่สุด
	รวมคะแนนด้านภาพและเสียง	**4.60**	**0.53**	**มากที่สุด**
	ภาพรวม	**4.51**	**0.55**	**มากที่สุด**

จากตารางที่ 11 พบว่า ความพึงพอใจของผู้เรียนต่อสื่อแอนิเมชันประกอบการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง คลื่นและแสง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในภาพรวม อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.51, S.D = 0.55) โดยด้านที่ผู้เรียนมีความพึงพอใจมากที่สุดคือ ด้านภาพและเสียง รองลงมาคือ ด้านเนื้อหา และด้านที่ผู้เรียนมีความพึงพอใจน้อยที่สุดคือ ด้านการออกแบบสื่อ

บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการสร้างสื่อแอนิเมชันประกอบการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง คลื่นและแสง เพื่อส่งเสริมความเข้าใจของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 3 ซึ่งผู้วิจัยมีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อสร้างสื่อแอนิเมชันประกอบการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง คลื่นและแสง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ให้มีประสิทธิภาพ E_1/ E_2 ตามเกณฑ์ 80/80 2) เพื่อศึกษาความเข้าใจในการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง คลื่นและแสง โดยการใช้สื่อแอนิเมชันประกอบการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 3) เพื่อศึกษาระดับความพึงพอใจต่อสื่อแอนิเมชันประกอบการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง คลื่นและแสง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนวัดท้องคุ้ง “ไพโรจน์ประชาสรรค์” ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 จำนวน 1 ห้องเรียน โดยการสุ่มห้องเรียนด้วยวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) จำนวน 40 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย

1. สื่อแอนิเมชันประกอบการเรียน จำนวน 5 สื่อ ได้แก่ 1) Magic of Mechanic wave 2) สเปกตรัม 7 สี คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าส่องแสง 3) How to reflection 4) How to refraction 5) Light – Bright โดยมีค่าเฉลี่ยคุณภาพเท่ากับ 4.55

2. แผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 5 แผน ได้แก่ 1) คลื่นกล 2) คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า 3) การสะท้อนของแสง 4) การหักเหของแสง 5) ความสว่าง โดยมีค่าเฉลี่ยความเหมาะสมเท่ากับ 4.84

3. แบบทดสอบวัดความเข้าใจในการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง คลื่นและแสง จำนวน 20 ข้อ โดยมีค่าความยากง่ายตั้งแต่ 0.35 – 0.80 ค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 – 0.40 และมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.89

4. แบบประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนต่อสื่อแอนิเมชันประกอบการเรียน เรื่อง คลื่นและแสง ประกอบด้วย 3 ด้าน ได้แก่ ด้านเนื้อหา 5 ข้อ ด้านการออกแบบสื่อ 6 ข้อ ด้านภาพและเสียง 5 ข้อ โดยมีค่าความสอดคล้องตั้งแต่ 0.60 – 1.00

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยและพัฒนา (Research & Development) โดยผู้วิจัยได้ทำการสร้างสื่อแอนิเมชันประกอบการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง คลื่นและแสง ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอน ADDIE 4 ขั้นตอน 1) การวิเคราะห์ (Analysis : A) 2) การออกแบบและพัฒนา (Design & Development : D1 & D2) 3) การทดลองใช้ (Implementation : I) 4) การประเมินผล (Evaluation : E) ซึ่งทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยการใช้สถิติ ดังนี้ ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D) ค่าประสิทธิภาพ (E_1/E_2) และ สถิติ t-test แบบ Dependent Sample

สรุปผลการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้ เป็นการสร้างสื่อแอนิเมชันประกอบการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง คลื่นและแสง เพื่อส่งเสริมความเข้าใจของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 3 สามารถสรุปได้ ดังนี้

1. ประสิทธิภาพของสื่อแอนิเมชันประกอบการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง คลื่นและแสง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีประสิทธิภาพเท่ากับ 88.36/85.17

2. ผลการศึกษาคะแนนความเข้าใจในการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง คลื่นและแสง ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ก่อนเรียนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 17.42 และหลังเรียนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 34.02 คะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. ผลการศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียนต่อสื่อแอนิเมชันประกอบการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง คลื่นและแสง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด

อภิปรายผลการวิจัย

จากการวิจัยสามารถอภิปรายผลการศึกษาได้ ดังนี้

1. ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของสื่อแอนิเมชันประกอบการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง คลื่นและแสง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 พบว่า มีประสิทธิภาพ E_1/E_2 เท่ากับ 88.36/85.17 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ เพราะผู้วิจัยยึดหลักการหาประสิทธิภาพ E_1/E_2 (ชัยยงค์ พรหมวงศ์, 2520) โดยมีลำดับขั้นตอน ดังนี้ 1) การวิเคราะห์ (Analysis : A) 2) การออกแบบและพัฒนา (Design & Development : D1 & D2) 3) การทดลองใช้ (Implementation : I) 4) การประเมินผล (Evaluation : E) โดยทุกขั้นตอนได้ผ่านการตรวจสอบและปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์และผู้เชี่ยวชาญที่ช่วยประเมินคุณภาพของเครื่องมือ ให้มีคุณภาพที่เหมาะสมและถูกต้อง ก่อนที่จะนำไปใช้ทดลองกับกลุ่มตัวอย่างจริง ทั้งนี้ การเรียนโดยสื่อแอนิเมชันประกอบการเรียนจะเป็นการจัดว่าเป็นวิธีเรียนที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมกับการเรียนการสอนที่มีคุณภาพได้อีกวิธีหนึ่ง โดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ สามารถพัฒนาสื่อให้เหมาะสมกับผู้เรียน เชื่อมโยงกับเนื้อหาบทเรียน จึงทำให้สื่อแอนิเมชันประกอบการเรียนมีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ชุติมา เจริญผล (2560) ได้พัฒนาสื่อแอนิเมชันการประกอบการเรียนวิทยาศาสตร์เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่สอนด้วยชุดการสอนก่อนเรียนและหลังเรียน และศึกษาความคงทนในการเรียนรู้ของนักเรียน ผลการวิจัยพบว่า ชุดการสอนที่พัฒนาขึ้นที่ประสิทธิภาพ 82.43/80.44 เป็นไปตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้

2. ผลการศึกษาความเข้าใจในการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง คลื่นและแสง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 คะแนนความเข้าใจก่อนเรียนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 17.42 และคะแนนความเข้าใจหลังเรียนด้วยสื่อแอนิเมชันประกอบการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง คลื่นและแสง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 34.02 แสดงว่า คะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 1 เพราะในการจัดการเรียนการสอนที่ใช้ร่วมกับสื่อแอนิเมชันประกอบการเรียนจะส่งเสริมให้นักเรียนได้มองเห็นเนื้อหาเป็นรูปธรรมมากขึ้น ทำให้นักเรียนเห็นภาพในเนื้อหาเรื่อง คลื่นและแสง ที่ชัดเจนและตรงกัน รวมทั้งยังสอดแทรกสื่อแอนิเมชันประกอบการเรียนเข้าไปในขั้นตอนต่าง ๆ ของการจัดการเรียนการสอน เช่น ขั้นสำรวจและค้นหา ทำให้นักเรียนมีความตื่นเต้นเนื่องจากความแปลกใหม่ของสื่อและเข้าใจในเนื้อหามากขึ้นเนื่องจากรายละเอียดของเนื้อหาที่แสดงผ่านสื่อแอนิเมชัน ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนได้ฝึกประสบการณ์ที่สัมพันธ์กับชีวิตจริงให้เห็นภาพชัดเจนยิ่งขึ้น รวมถึงได้ฝึกทักษะทางด้านการแสวงหาความรู้ การจัดการกับความรู้ การตีความหมายและลงข้อสรุป และทักษะการทดลอง โดยสาระการเรียนรู้ที่นักเรียนมีคะแนนความเข้าใจเฉลี่ยหลังเรียนสูงสุด คือ ความสว่าง เพราะเป็นเนื้อหาที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริงได้ชัดเจนที่สุด และสื่อแอนิเมชันประกอบการเรียนมีความกระชับเหมาะสมกับเวลาเรียนและยกตัวอย่างได้ชัดเจน และสาระการเรียนรู้ที่นักเรียนมีคะแนนความเข้าใจเฉลี่ยหลังเรียนต่ำสุด คือ การสะท้อนของแสง เพราะมีเนื้อหาเยอะที่สุดและใช้เวลาในการเรียนนาน สื่อแอนิเมชันประกอบการเรียนมีเวลาน้อยเกินไป ทำให้นักเรียนขาดความเชื่อมโยงบทเรียนกับเหตุการณ์จริง และทำให้ทักษะที่นักเรียนได้รับไม่มากพอ ดังที่ ฟิลลิป (Philip, 2019) ได้กล่าวว่า วิดีโอการสอนแบบเคลื่อนไหวช่วยเพิ่มประสบการณ์การเรียนรู้ของนักเรียนรวมถึงการมีส่วนร่วมและความสนใจที่เพิ่มขึ้นความเข้าใจที่ดีขึ้นและความยืดหยุ่นในการเรียนรู้ด้วยตนเองมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ จิตต์วิสุทธิ์ วิมุตติปัญญา และธีรพัฒน์ จันษร (2559) ที่ได้พัฒนาสื่อแอนิเมชันประกอบการเรียนเรื่อง โครงสร้างอะตอม สำหรับนักศึกษาสาขาวิทยาศาสตร์ทั่วไป ชั้นปีที่ 3 เพื่อศึกษาความรู้ความเข้าใจของนักศึกษาหลังได้รับการเรียนรู้ด้วยสื่อแอนิเมชันประกอบการเรียนนี้ จากผลการวิจัย พบว่า ผลความรู้ความเข้าใจของนักศึกษาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. ผลการศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียนต่อสื่อแอนิเมชันประกอบการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง คลื่นและแสง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในภาพรวมมีค่าเฉลี่ยคะแนนความพึงพอใจอยู่ที่ 4.51 อยู่ในระดับ “มากที่สุด” เพราะสื่อแอนิเมชันประกอบการเรียนสามารถดึงดูดความสนใจของนักเรียนทำให้เข้าใจในบทเรียนได้ง่าย เนื่องจากมีภาพเคลื่อนไหวที่เป็นตัวการ์ตูนและสร้างเรื่องราวในชีวิตให้อยู่รูปแบบของการ์ตูนแอนิเมชัน ทำให้นักเรียนรู้สึกไม่ตึงเครียดและเชื่อมโยงกับเหตุการณ์ในชีวิตจริงได้ง่าย อีกทั้งยังมีการตั้งชื่อตัวละครให้มีความตลกและสมัยใหม่ ทำให้นักเรียนรู้สึกสนุกสนานและไม่เบื่อหน่ายกับการเรียน จึงส่งผลให้นักเรียนรู้สึกสนุกและมีเจตคติที่ดีต่อการเรียน โดยด้านการ

ประเมินที่นักเรียนมีความพึงพอใจมากที่สุด คือ ด้านภาพและเสียง เพราะเป็นสิ่งที่เห็นได้ชัดเจนที่สุด และตัวละครมีความเหมาะสมกับวัยของนักเรียน รวมถึงเสียงที่ประกอบในสื่อแอนิเมชันเป็นเสียงที่มีระดับ เสียงเอฟเฟกต์ เสียงพื้นหลังที่ดึงดูดนักเรียนได้อย่างดี และด้านการประเมินที่นักเรียนมีความพึงพอใจต่ำที่สุด คือ ด้านการออกแบบสื่อ เพราะสื่อที่สร้างออกมามีการเปลี่ยนฉากน้อยครั้ง คู่สีที่ใช้ประกอบฉากไม่หลากหลายนัก รวมถึงข้อความบรรยายที่ไม่ได้ใส่ตลอดสื่อแอนิเมชัน สอดคล้องกับผลการวิจัยของ ชัชฎา ชวรางกูร (2551) ได้ทำการพัฒนาและหาประสิทธิภาพ สื่อวิดีทัศน์แอนิเมชันสามมิติ เรื่องระบบหมุนเวียนเลือด สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างกลุ่มที่ใช้สื่อวิดีทัศน์แอนิเมชันสามมิติ และกลุ่มควบคุมที่เรียนด้วยการเรียนปกติ พบว่า ความพึงพอใจของผู้เรียนที่ใช้สื่อแอนิเมชันสามมิติ เรื่อง ระบบหมุนเวียนเลือด อยู่ในเกณฑ์ดีมาก

ข้อเสนอแนะ

จากการสร้างสื่อแอนิเมชันประกอบการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง คลื่นและแสง เพื่อส่งเสริมความเข้าใจของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 3 ตามที่เสนอไปแล้วข้างต้น ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะดังต่อไปนี้

1. ข้อเสนอแนะทั่วไปสำหรับงานวิจัย

1.1 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ครูผู้สอนควรศึกษาเนื้อหาข้อมูลของสื่อแอนิเมชันประกอบการเรียนอย่างละเอียดเพื่อให้เกิดความเข้าใจและความเหมาะสมในช่วงเวลาที่ควรใช้สื่อแอนิเมชันประกอบการเรียนในชั้นเรียน และสามารถนำไปใช้กับนักเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.2 ในการทำแบบวัดความเข้าใจ พบว่า นักเรียนบางส่วนอาจจะไม่ดำเนินการตอบในส่วนของการให้เหตุผล ดังนั้น ครูควรอธิบายให้นักเรียนได้เห็นถึงประโยชน์ของการตอบแบบให้เหตุผล ซึ่งจะช่วยลดข้อผิดพลาดในการหาคำตอบและทำให้นักเรียนมีความมั่นใจมากขึ้นในการทำแบบทดสอบครั้งต่อไป

1.3 ในการทำแบบฝึกหัดระหว่างเรียน พบว่า นักเรียนบางส่วนจะไม่ระบุคำตอบที่ชัดเจนหรือตอบไม่ครบถ้วนตามที่โจทย์กำหนด ดังนั้นครูควรเน้นย้ำให้นักเรียนระบุคำตอบให้ชัดเจนและตอบให้ครบถ้วนสมบูรณ์

1.4 ในการประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนต่อสื่อแอนิเมชัน ครูผู้สอนควรเปิดสื่อแอนิเมชันประกอบการเรียนทั้ง 5 สื่ออีกครั้ง เพื่อให้นักเรียนได้ทบทวนและทำความเข้าใจกับสื่อก่อนทำแบบประเมิน

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งถัดไป

2.1 ควรสร้างสื่อแอนิเมชันให้เวลาเหมาะสมกับการจัดการเรียนการสอนในแต่ละบทเรียน เนื่องจากในแต่ละบทเรียนจะมีความยาวของเนื้อหาที่ไม่เท่ากัน การวิจัยในครั้งนี้พบว่าเนื้อหาใดที่มีความยาวของบทเรียนมากนักเรียนจะจดจ่ออยู่กับบทเรียนนั้นเป็นเวลานาน และการใช้สื่อแอนิเมชันประกอบการเรียนเสริมเข้าไปในบทเรียน ทำให้นักเรียนเข้าใจในเนื้อหามากยิ่งขึ้น โดยเฉพาะสื่อแอนิเมชันที่มีความยาวมาก จะทำให้นักเรียนรู้สึกไม่เบื่อหน่ายในบทเรียนและสนุกสนานไปกับการเรียนมากกว่าสื่อแอนิเมชันที่มีความยาวน้อย

2.2 ควรมีสื่ออื่น ๆ เพิ่มเติมในการจัดการเรียนการสอนร่วมกับการใช้สื่อแอนิเมชันประกอบการเรียนเนื่องจากในบางบทเรียนจะมีการเชื่อมโยงเหตุการณ์ในสื่อแอนิเมชันเข้ากับชีวิตจริง การวิจัยในครั้งนี้ มีการยกตัวอย่างถึงเหตุการณ์จริง เช่น เรื่อง การหักเหของแสง ที่ผู้เรียนยกตัวอย่างถึงหลอดที่วางตั้งอยู่ในแก้วน้ำ ภาพของหลอดที่มองเห็นจะไม่เสมอกันเนื่องจากเป็นการหักเหของแสง ดังนั้น การมีสื่อเพิ่มเติมจะทำให้นักเรียนเห็นการเปรียบเทียบที่ชัดเจนและเข้าใจคำอธิบายและเนื้อหาบทเรียนได้มากยิ่งขึ้น

2.3 ควรมีการศึกษาผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้สื่อแอนิเมชันประกอบการเรียนในเนื้อหาวิทยาศาสตร์อื่น ๆ เพื่อฝึกทักษะให้เรียนมีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองและได้รับแนวทางหรือประสบการณ์ในการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เนื่องจากในขณะทำการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้สื่อแอนิเมชันประกอบการเรียนนั้น ช่วงที่ครูผู้สอนใช้สื่อแอนิเมชันประกอบการเรียน พบว่านักเรียนมีความตั้งใจและให้ความสนใจกับสื่อแอนิเมชันเป็นอย่างดี ส่งผลให้นักเรียนมีความเข้าใจและสนุกกับการเรียนวิทยาศาสตร์มากขึ้น

2.4 ควรมีการศึกษาตัวแปรอื่น ๆ เช่น การจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือด้วยเทคนิค STAD โดยใช้สื่อแอนิเมชันประกอบการเรียน เป็นต้น เนื่องจากการวิจัยครั้งนี้ ในขณะทำการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้สื่อแอนิเมชันประกอบการเรียนนั้น ครูผู้สอนได้นำเทคนิคการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มเพื่อทำให้ผู้เรียนมีความกระตือรือร้นมากขึ้น มีการแลกเปลี่ยนความรู้กันภายในกลุ่ม ส่งผลให้นักเรียนมีความสนุกสนานและพึงพอใจกับการเรียนอย่างมาก ซึ่งแสดงให้เห็นว่านอกจากสื่อแอนิเมชันจะช่วยกระตุ้นให้นักเรียนมีความสนุกสนานในการเรียนแล้ว กระบวนการทำงานเป็นกลุ่มก็มีผลต่อการเรียนของนักเรียนเช่นกัน ซึ่งสามารถนำไปเป็นตัวแปรในการศึกษาครั้งต่อไป

บรรณานุกรม

กนกรัตน์ วุฒิวิชาภรณ์. (2554). ผลการใช้สื่อมัลติมีเดียร่วมกับวิธีเรียนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ *5* โรงเรียนทวารวดี จังหวัดนครปฐม. 657-668. Retrieved from https://he02.tci-thaijo.org/index.php/Veridian-E-Journal/article/view/28163

กรมวิชาการ. (2544). หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน. กรุงเทพฯ: องค์การรับส่งสินค้าและพัสดุภัณฑ์.

กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช *2551*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

กิดานันท์ มลิทอง. (2540). เทคโนโลยีและการสื่อสารเพื่อการศึกษา. กรุงเทพฯ: ห้างหุ้นส่วน จำกัด อรุณการพิมพ์.

กิดานันท์ มลิทอง. (2548). เทคโนโลยีการศึกษาและนวัตกรรม. กรุงเทพฯ: อรุณการพิมพ์.

กิตติ์ชญาห์ เมธาวรารักษ์. (2561). เอกสารประกอบการเรียน รู้จักงานแอนิเมชัน.

เกียรติสุดา ศรีสุข. (2552). ระเบียบวิธีวิจัย. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

คณารักษ์ โชติจันทึก. (2553). การพัฒนาสื่อการเรียนการสอนเรื่องอัตราของปฏิกิริยาเคมี และการไทเทรตกรด-เบส ในวิชาปฏิบัติการเคมีทั่วไป. มหาวิทยาลัยนอร์ทกรุงเทพ, กรุงเทพฯ.

จิตต์วิสุทธิ์ วิมุตติปัญญา และธีรพัฒน์ จีนษร. (2559). การพัฒนาสื่อแอนิเมชัน *3* มิติ เรื่อง โครงสร้างอะตอม สำหรับนักศึกษาสาขาวิทยาศาสตร์ทั่วไป. โครงการพัฒนาศูนย์ความเป็นเลิศตามอัตลักษ์ที่โดดเด่นของมหาวิทยาลัย: มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา.

จิตราพร ลีละวัฒน์. (2556). รายงานวิจัยเพื่อพัฒนาการเรียนการสอน เรื่องการพัฒนาภารกิจปฏิบัติเพื่อเสริมสร้างความคิดวิเคราะห์ให้กับนักศึกษาในรายวิชาจริยธรรมทางธุรกิจ (*BUS 400).* มหาวิทยาลัยศรีปทุม., กรุงเทพฯ.

จิตราภรณ์ ชั่งกริส. (2559). การพัฒนาสื่อวีดิทัศน์เพื่อการเรียนรู้ตามแนวคิด *Flipped Classroom* เรื่อง การตรวจร่างกาย รายวิชาประเมินสุขภาพ. (วิทยานิพนธ์ ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, ปทุมธานี.

ชนะพัฒน์ พนมวัน ณ อยุธยา. (ม.ป.ป.). เอกสารประกอบการเรียน ความเข้าใจสื่อดิจิทัลภาพเคลื่อนไหว. ม.ป.ท.

ชวาล แพรัตกุล. (2525). เทคนิคการเขียนข้อสอบ. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แพรัตกุล.

ชุติมา เจริญผล. (2560). *การพัฒนาชุดการสอนวิทยาศาสตร์ เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3* (วิทยานิพนธ์ ปริญญามหาบัณฑิต). นครสวรรค์. มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์.

ชัชฎา ชวรางกูร. (2551). *การพัฒนาวิดีทัศน์แอนิเมชันสามมิติ เรื่อง ระบบหมุนเวียนเลือด* สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 (วิทยานิพนธ์ บัณฑิตวิทยาลัย). มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

ชัชวาล ศรีภักดี. (2555). *การปรับปรุงประสิทธิภาพการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ 1 สำหรับวิศวกร ด้วยสื่อจำลองสถานการณ์กราฟิกแอนิเมชันแบบเรียลไทม์* (รายงานผลการวิจัย). โครงการทุนอุดหนุนจากงบประมาณผลประโยชน์ประจำปีงบประมาณ 2555. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.

ชัยยงค์ พรหมวงศ์. (2520). *ระบบสื่อการสอน.* กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ชัยยงค์ พรหมวงศ์. (2545). *เอกสารประกอบการสอนชุดวิชาเทคโนโลยีการศึกษา หน่วยที่ 1-5.* กรุงเทพฯ: สำนักเทคโนโลยีทางการศึกษามหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

ชัยยงค์ พรหมวงศ์. (2556). การทดสอบประสิทธิภาพสื่อหรือชุดการสอน. *วารสารศิลปากรศึกษาศาสตร์วิจัย,*5(1), 1-20.

ฐิพากาญษ์ โยธารักษ์. (2563). *การพัฒนาบทเรียนผ่านสื่อสังคมออนไลน์ เรื่อง ผังงาน (Flowchart) สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2* (วิทยานิพนธ์ ปริญญามหาบัณฑิต). ชลบุรี. มหาวิทยาลัยบูรพา.

ฐิติพงษ์ อุ่นใจ. (2560, 26 ธันวาคม). *ความสำคัญของวิทยาศาสตร์ในชีวิตประจำวัน.* เข้าถึงได้จาก http://sanookwit.com/?p=349

ทวีศักดิ์ กาญจนสุวรรณ. (2546). *Multmedia. ฉบับพื้นฐาน.* กรุงเทพฯ: ไทยเจริญการพิมพ์.

ทวีศักดิ์ กาญจนสุวรรณ. (2552). *เทคโนโลยีมัลติมีเดีย.* กรุงเทพฯ: เคทีพี คอมพ์ แอนด์ คอนซัลท์.

ธรรมปพน ลีอำนวยโชค. (2550). *Intro to Animation: คู่มือการเรียนแอนิเมชันเบื้องต้น.* กรุงเทพฯ: ฐานบุ๊ค.

ธรรมศักดิ์ เอื้อรักสกุล. (2547). *การสร้างภาพยนตร์ 2D อนิเมชัน : How to make 2D Animation.* กรุงเทพฯ: มีเดีย อินเทลลิเจนซ์ เทคโนโลยี.

บุญชม ศรีสะอาด และบุญส่ง นิลแก้ว. (2535). การอ้างอิงประชากรเมื่อใช้เครื่องมือแบบมาตราส่วนประมาณค่ากับกลุ่มตัวอย่าง. *กาวัดผลการศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒมหาสารคาม,* 3(1), 22-25

บุญชม ศรีสะอาด. (2556). *วิธีการทางสถิติสำหรับการวิจัย เล่ม 1* (พิมพ์ครั้งที่ 5). กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.

บุญชม ศรีสะอาด. (2554). *การวิจัยเบื้องต้น.* (พิมพ์ครั้งที่ 9). กรุงเทพฯ: บริษัท สุวีริยาสาส์น จำกัด.

บุญเชิด ภิญญโญอนันตพงษ์. (2527). *การทดสอบแบบอิงเกณฑ์: แนวคิดและวิธีการ.* กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

เบญจพร ตีระวัฒนานนท์. (2563). *การพัฒนาบทเรียนออนไลน์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับด้าน เรื่อง การสร้างกราฟิกโดยโปรแกรมนำเสนอ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาตอนปลาย* (วิทยานิพนธ์ ปริญญามหาบัณฑิต). ชลบุรี. มหาวิทยาลัยบูรพา.

ปริญญา จเรรัชต์ และคณะ. (2546). *ความพึงพอใจของเกษตรกรผู้ผลิตและผู้ใช้เสบียงสัตว์ จังหวัดสุพรรณบุรี กิจกรรมนาหญ้าและพัฒนาอาชีพผลิตเสบียงสัตว์เพื่อการจำหน่ายการฝึกอบรมหลักสูตร “พัฒนานักวิจัยกรมปศุสัตว์เบื้องต้นรุ่นที่ 1”.* กรุงเทพฯ: กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์.

ปรียาพร วงศ์อนุตรโรจน์. (2545). *การบริหารงานวิชาการ.* กรุงเทพฯ: สหมิตรออฟเซท.

เปรื่อง กุมุท. (2519). *การวิจัยและนวัตกรรมการสอน.* กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร.

พรรณี ช.เจนจิต. (2528). *จิตวิทยาการเรียนการสอน.* กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พวงรัตน์ ทวีรัตน์. (2543). *วิธีการวิจัยทางพฤติกรรมและสังคมศาสตร์.* (พิมพ์ครั้งที่ 7). กรุงเทพฯ: สำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

พัชรี เมืองมุสิก, ธันว์รัชต์สินธนะกุล และจิรพันธุ์ ศรีสมพันธุ์. (2557). การพัฒนาสื่อการสอนด้วยภาพอินโฟกราฟิกส์ผ่านระบบเครือข่ายวิชาระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต. ใน *การประชุมสัมมนาวิชาการนำเสนองานวิจัยระดับชาติและนานาชาติ (Proceeding) เครือข่ายบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏภาคเหนือ ครั้งที่ 15* (หน้า 911-926). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

พัฒนา พรมหมณี, ยุพิน พิทยาวัฒนาชัย และจีระศักดิ์ ทัพผา. (2563). แนวคิดเกี่ยวกับความพึงพอใจและการสร้างแบบสอบถามความพึงพอใจ. *วารสารวิชาการสมาคมสถาบันอุดมศึกษาเอกชนแห่งประเทศไทย (สสอท.),* 26(1), 59-66.

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และพเยาว์ ยินดีสุข. (2548). *วิธีวิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ทั่วไป*. กรุงเทพฯ: พัฒนาคุณภาพวิชาการ.

ไพศาล หวังพานิช. (2526). *การวัดผลการศึกษา.* กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช.

ภนิดา ชัยปัญญา. (2541). *การวัดความพึงพอใจ.* กรุงเทพฯ: แสงอักษร.

ภัทรา นิคมานนท์. (2538). *การประเมินผลการเรียน (Learning Evaluation).* กรุงเทพฯ: อักษรา พิพัฒน์.

วรรณทิพา รอดแรงค้า. (2540). *การสอนวิทยาศาสตร์ที่เน้นทักษะกระบวนการ.* กรุงเทพฯ: สถาบันพัฒนาคุณภาพวิชาการ (พว.).

วรัญญา วิศาลาภรณ์. (2533). *การสร้างแบบทดสอบ.* กรุงเทพฯ: ทิพยวิสุทธิ์การพิมพ์.

วิภา อุตมฉันท์. (2538). *การผลิตรายการโทรทัศน์และวิดีทัศน์.* กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วิชุดา มาลาสาย. (2562). *การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนเพื่อเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนสว่างแดนดิน* (รายงานผลการวิจัย). โครงการวิจัยและพัฒนานวัตกรรมแลกเป้า สพฐ. ปีงบประมาณ 2561.

วิรุฬ พรรณเทวี. (2542). *ความพึงพอใจของประชาชนต่อการให้บริการของหน่วยงานกระทรวงมหาดไทยในอำเภอเมืองจังหวัดแม่ฮ่องสอน.* (วิทยานิพนธ์ ปริญญามหาบัณฑิต). เชียงใหม่. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ศิริภัทร รุ่งเรืองสินงาม. (2560). การพัฒนาบทเรียนออนไลน์โดยใช้โปรแกรม EDMODO กลุ่มสาระการงานอาชีพและเทคโนโลยี วิชาเทคโนโลยี 3 เรื่อง การสื่อสารข้อมูลและเครือข่ายคอมพิวเตอร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. *วารสารวิจัยทางการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ,* 12(1), 194-195.

สันติภาพ วงศ์แก้วโพธิ์ทอง. (2558). *การพัฒนาการ์ตูนสื่อแอนิเมชัน 2 มิติ เรื่อง สายเกิน*. (วิทยานิพนธ์ ปริญญามหาบัณฑิต). มหาสารคาม. มหาวิทยาลัยราชภัฏสารคาม.

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. (2540). *การคิดและการสอนเพื่อพัฒนากระบวนการคิด : ต้นแบบการเรียนรู้ทางด้านหลักทฤษฎีและแนวปฏิบัติ.* กรุงเทพฯ: โครงการพัฒนาการเรียนการสอน สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ.

สุดารัตน์ วงศ์คำพา. (2554). *การพัฒนาสื่อการ์ตูน 2 มิติ เพื่อรณรงค์แก้ปัญหาเด็กอ้วน.* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาสารคาม. มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

สุทธิรักษ์ นิลาลาด. (2562). *การพัฒนาหน่วยการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ เพ่อพัฒนาความเข้าใจมโนมติและทักษะการคิดแก้ปัญหา ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3.* (วิทยานิพนธ์ ปริญญามหาบัณฑิต). บุรีรัมย์. มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์.

สุพัตรา พรหมฤทธิ์. (2562). *ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่องการไทเทรต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดการเรียนด้วยวิธีการสร้างแบบจำลอง-สังเกต-สะท้อนความคิด-อธิบาย ร่วมกับการอธิบายปรากฏการณ์ทางเคมีสามระดับ* (วิทยานิพนธ์ ปริญญามหาบัณฑิต). สงขลา. มหาวิทยาลัยทักษิณ.

สุพิน ชีวะวงศ์. (2551). *การใช้หนังสืออิเล็กทรอนิกส์ ประกอบการเรียนวิชาชีววิทยา ของนักเรียนช่วงชั้นที่ 4* (วิทยานิพนธ์ ปริญญามหาบัณฑิต). เชียงใหม่. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

สุรพงษ์ เวชสุวรรณมณี. (2550). *พื้นฐานการสร้างงานเคลื่อนไหว 2 มิติ.* กรุงเทพฯ: จูปิตัส จำกัด.

สุรางค์ โค้วตระกูล. (2550). *จิตวิทยาการศึกษา.* กรุงเทพ: จุฬาลงการณ์มหาวิทยาลัย.

สุริยะ วิริยะสวัสดิ์. (2530). *พฤติกรรมการให้บริการของเจ้าหน้าที่องค์การราชการกับปัจจัยสภาพแวดล้อมใยเขตเทศบาลเมืองกาฬสินธุ์.* (วิทยานิพนธ์ ปริญญามหาบัณฑิต). กรุงเทพฯ. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

สุวัฒก์ นิยมค้า. (2548). *ทฤษฎีและทางปฏิบัติในการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้.* กรุงเทพฯ: เจเนอร์รัลบุคเซนเตอร์ จำกัด.

อนงค์ แซ่แต้. (2559). *การใช้สื่อแอนิเมชันและ Graphic Review ประกอบการเรียนการสอนในการเรียนเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ในการเรียน รายวิชา พลังงานและสิ่งแวดล้อม เรื่อง โครงสร้างและองค์ประกอบของพืชในระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพปี 2* (วิทยานิพนธ์ ปริญญามหาบัณฑิต). วิทยาลัยเทคโนโลยีพายัพและบริหารธุรกิจ.

อรนุช ศรีสะอาด. (2546). *เอกสารประกอบการสอนวิชาวัดผลการศึกษา.* มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

อดุลย์ศักดิ์ สุนทรโรจน์. (2546). *ความพึงพอใจในการปฏิบัติงานของครูประถม ศึกษาสังกัดสำนักงานการประถมศึกษาจังหวัดหนองคาย.* (วิทยานิพนธ์ ปริญญามหาบัณฑิต). มหาสารคาม. มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.

อัจฉรา บุญวงศ์. (2557). *การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดีย รายวิชาภาษาอังกฤษ ฟัง-พูด 2 สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3* (วิทยานิพนธ์ ปริญญามหาบัณฑิต). สงขลา. มหาวิทยาลัยทักษิณ.

อัจฉริยพงศ์ จันทร์คลัง. (2562). *การพัฒนาแอนิเมชัน 2 มิติ กลอนลำอีสาน โดยใช้การออกแบบมีส่วนร่วม.* (วิทยานิพนธ์ ปริญญามหาบัณฑิต). มหาสารคาม. มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.

อัญชัน ธรรมสิทธิ์. (2541). *การสร้างข้อสอบวัดพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัยทั้งหกด้านตามแนวของบลูม โดยใช้การวิเคราะห์ตัวประกอบในการตรวจสอบระดับพฤติกรรม.* (วิทยานิพนธ์ ปริญญามหาบัณฑิต). เชียงใหม่. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

Abd-El-Khalick, F., Myers, J.Y., Summers, R., Brunner, J., Waight, N., Wahbeh, N., Zeineddin, A. A., & Belarmino, J. (2017). A longitudinal analysis of extent and manner of representations of nature of science in US high school biology and SCIENCE textbooks. *Journal of Research in Science Teaching*, 54(1), 82-120.

Anderson, L. W., & Krathwohl, D. R., (2001). *A Taxonomy for Learning Teaching and Assesing: A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives.* New York: Longman.

Ausubel, D. P., & Robinson, F. G. (1969). *School Learning: An Introduction to Education Psychology.* New York: Holt, Rinehart and Winston.

Best, J., & Kahn, J. V. (1993). *Research in Education* (7th ed). Boston: Allyn and Bacon.

Brunner Lerome. (1969). *The Process of Education.* Massachusette Haward University Process Cambridge.

Good, Carter V. (1973). *Dictionary of Education.* New York: McGraw-Hill Book.

Hornby, A. F. (2000). *Advance learner's dictionary (6th ed).* London: Oxford University.

Lonsbury, J. G., & Ellis, J. D. (2002). Science History as a Means to Teach Nature of Science Concepts: Using the Development of Understanding Related to Mechanisms of Inheritance. *Electronic Journal of Science Education,* 7(2), 1.

Oliver, Richard L. (1997). *Satisfaction: A behavioral perspective on the consumer.* New York: McGraw-Hill.

Paul Wells. (1998). *Understanding Animation.* London: Psychology Press.

Philip, E., & Chelsea, L. (2019). Animating student engagement: The impacts of cartoon instructional videos on learning experience. *Research in Learning Technology.* Doi:10.25304/rlt.v27.2124

Quirk, R. (1987). *Longman dictionary of contemporary English (2nd ed).* London: Richard Clay Ltd.

Shelly, D. F. (1995). *Tackling family member compensation.* American Printer.

Swaminathan, H., Hambleton, R. K., & Algena, J. S. (1974). Realiability of a Criterion-Referenced Test a Decision-Theoretic Formulation. *Journal of Educational Measurement,* 11, 263- 267.

Thomas, O. O., & Israel, O. O. (2014*). Effectivess of Animation and Multimedia Teaching on Students' Performance in Science Subjects. Journal of Education, Society and Behavioural Science*, 4(2), 201-210. https://doi .org/10.9734/BJESBS/2014/3340

Wolman, B. B. (1973). *Dictionary of Behavioral Science.* London: Litton Education.

Zanin, M. K., (2016). *Creating & Teaching with Simple Animation: Marking Biology Instruction Come Alive.* Doi:10.1525/abt.2015.77.6.463

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อารียา เอี่ยมบู่	อาจารย์ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
2. นายวรศักดิ์ สีดามล	ครู คศ.3 โรงเรียนวัดท้องคุ้ง“ไพโรจน์ประชาสรรค์”
3. นางสาววลัยทิพย์ ศิริรัตน์	ครู คศ.2 โรงเรียนวัดท้องคุ้ง“ไพโรจน์ประชาสรรค์”
4. นางสาวบังอร ลำภา	ครู คศ.2 โรงเรียนวัดท้องคุ้ง“ไพโรจน์ประชาสรรค์”
5. นางวนาลี ชาวป่า	ครู คศ.2 โรงเรียนวัดท้องคุ้ง“ไพโรจน์ประชาสรรค์”

ภาคผนวก ข

ข้อมูลแสดงความสอดคล้อง/ความเหมาะสมของเครื่องมือ

1. สื่อแอนิเมชันประกอบการเรียน
   - ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของข้อคำถามในแบบประเมินสื่อแอนิเมชันประกอบการเรียน
   - ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของสื่อแอนิเมชันประกอบการเรียน
   - ค่าความเหมาะสมของสื่อแอนิเมชันประกอบการเรียน
2. แผนการจัดการเรียนรู้
   - ค่าความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้
3. แบบวัดความเข้าใจในการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง คลื่นและแสง
   - ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดความเข้าใจ
   - ค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (r)
   - ค่าความแปรปรวนของแบบวัดความเข้าใจ
   - ค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดความเข้าใจ
4. แบบประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนต่อสื่อแอนิเมชันประกอบการเรียน
   - ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบประเมินความพึงพอใจ

1. สื่อแอนิเมชันประกอบการเรียนรู้

ตารางที่ 12 การประเมินความสอดคล้องของข้อคำถามกับรายการประเมินที่ใช้ในการประเมินสื่อแอนิเมชันประกอบการเรียน โดยผู้เชี่ยวชาญ

รายการ	ข้อคำถาม	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					ΣR	IOC	แปลผล
		1	2	3	4	5			
1. ด้านเนื้อหา	1.1 เนื้อหามีความสอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้ และตัวชี้วัด	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
	1.2 เนื้อหามีความสมบูรณ์ ถูกต้องครบถ้วนกับหัวข้อที่สอน	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
	1.3 เนื้อหามีความยากง่ายเหมาะสมกับระดับชั้นของผู้เรียน	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
	1.4 เนื้อหามีความสนุก และเข้าใจได้ง่าย	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
2. ด้านการนำเสนอสื่อ	2.1 ภาพโดยรวมด้านการออกแบบสื่อมีความเหมาะสมกับผู้เรียน	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
	2.2 ข้อความบรรยายมีความชัดเจนและเข้าใจได้ง่าย	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
	2.3 สื่อมีความสะดวกและง่ายต่อการนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอน	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
3. ด้านภาพและเสียง	3.1 ภาพมีความสอดคล้องกับหัวข้อที่นำเสนอ	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
	3.2 ภาพมีความน่าสนใจและดึงดูดผู้เรียน	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
	3.3 เสียงบรรยายมีความชัดเจนและออกเสียงได้ถูกต้อง	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
	3.4 เสียงประกอบเหมาะสมกับภาพที่นำเสนอ	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้

ตารางที่ 13 การประเมินความสอดคล้องของสื่อแอนิเมชันประกอบการเรียน เรื่อง คลื่นและแสง จำนวน 5 สื่อ โดยผู้เชี่ยวชาญ

สื่อแอนิเมชัน	รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					ΣR	IOC	แปลผล
		1	2	3	4	5			
1. Magic of mechanic wave	**ด้านเนื้อหา**								
	เนื้อหามีความสอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้ และตัวชี้วัด	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
	เนื้อหามีความสมบูรณ์ ถูกต้อง ครบถ้วนกับหัวข้อที่สอน	+1	0	0	+1	+1	3	0.6	ใช้ได้
	เนื้อหามีความยากง่ายเหมาะสมกับระดับชั้นของผู้เรียน	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
	เนื้อหามีความสนุก และเข้าใจได้ง่าย	+1	0	+1	+1	+1	4	0.8	ใช้ได้
	ด้านการนำเสนอสื่อ								
	ภาพโดยรวมด้านการออกแบบสื่อมีความเหมาะสมกับผู้เรียน	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
	ข้อความบรรยายมีความชัดเจนและเข้าใจได้ง่าย	+1	+1	0	-1	+1	2	0.4	ใช้ไม่ได้
	สื่อมีความสะดวกและง่ายต่อการนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอน	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
	ด้านภาพและเสียง								
	ภาพมีความสอดคล้องกับหัวข้อที่นำเสนอ	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
	ภาพมีความน่าสนใจและดึงดูดผู้เรียน	+1	+1	+1	0	+1	4	0.8	ใช้ได้
	เสียงบรรยายมีความชัดเจนและออกเสียงได้ถูกต้อง	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
	เสียงประกอบเหมาะสมกับภาพที่นำเสนอ	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้

ตารางที่ 13 (ต่อ)

สื่อแอนิเมชัน	รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					ΣR	IOC	แปลผล
		1	2	3	4	5			
2. สเปกตรัม 7 สี คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าส่องแสง	**ด้านเนื้อหา**								
	เนื้อหามีความสอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้ และตัวชี้วัด	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
	เนื้อหามีความสมบูรณ์ ถูกต้องครบถ้วนกับหัวข้อที่สอน	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
	เนื้อหามีความยากง่ายเหมาะสมกับระดับชั้นของผู้เรียน	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
	เนื้อหามีความสนุก และเข้าใจได้ง่าย	+1	+1	+1	+1	0	4	0.8	ใช้ได้
	ด้านการนำเสนอสื่อ								
	ภาพโดยรวมด้านการออกแบบสื่อมีความเหมาะสมกับผู้เรียน	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
	ข้อความบรรยายมีความชัดเจนและเข้าใจได้ง่าย	+1	+1	0	+1	+1	4	0.8	ใช้ได้
	สื่อมีความสะดวกและง่ายต่อการนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอน	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
	ด้านภาพและเสียง								
	ภาพมีความสอดคล้องกับหัวข้อที่นำเสนอ	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
	ภาพมีความน่าสนใจและดึงดูดผู้เรียน	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
	เสียงบรรยายมีความชัดเจนและออกเสียงได้ถูกต้อง	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
	เสียงประกอบเหมาะสมกับภาพที่นำเสนอ	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้

ตารางที่ 13 (ต่อ)

สื่อแอนิเมชัน	รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					ΣR	IOC	แปลผล
		1	2	3	4	5			
3. How to reflection	**ด้านเนื้อหา**								
	เนื้อหามีความสอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้ และตัวชี้วัด	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
	เนื้อหามีความสมบูรณ์ ถูกต้องครบถ้วนกับหัวข้อที่สอน	+1	0	+1	0	+1	3	0.6	ใช้ได้
	เนื้อหามีความยากง่ายเหมาะสมกับระดับชั้นของผู้เรียน	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
	เนื้อหามีความสนุก และเข้าใจได้ง่าย	+1	+1	+1	+1	0	4	0.8	ใช้ได้
	ด้านการนำเสนอสื่อ								
	ภาพโดยรวมด้านการออกแบบสื่อมีความเหมาะสมกับผู้เรียน	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
	ข้อความบรรยายมีความชัดเจนและเข้าใจได้ง่าย	+1	0	+1	+1	+1	4	0.8	ใช้ได้
	สื่อมีความสะดวกและง่ายต่อการนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอน	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
	ด้านภาพและเสียง								
	ภาพมีความสอดคล้องกับหัวข้อที่นำเสนอ	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
	ภาพมีความน่าสนใจและดึงดูดผู้เรียน	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
	เสียงบรรยายมีความชัดเจนและออกเสียงได้ถูกต้อง	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
	เสียงประกอบเหมาะสมกับภาพที่นำเสนอ	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้

ตารางที่ 13 (ต่อ)

สื่อแอนิเมชัน	รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					ΣR	IOC	แปลผล
		1	2	3	4	5			
4. How to refraction	**ด้านเนื้อหา**								
	เนื้อหามีความสอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้ และตัวชี้วัด	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
	เนื้อหามีความสมบูรณ์ ถูกต้อง ครบถ้วนกับหัวข้อที่สอน	+1	+1	+1	0	0	3	0.6	ใช้ไม่ได้
	เนื้อหามีความยากง่ายเหมาะสมกับระดับชั้นของผู้เรียน	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
	เนื้อหามีความสนุก และเข้าใจได้ง่าย	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
	ด้านการนำเสนอสื่อ								
	ภาพโดยรวมด้านการออกแบบสื่อมีความเหมาะสมกับผู้เรียน	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
	ข้อความบรรยายมีความชัดเจนและเข้าใจได้ง่าย	+1	+1	0	0	+1	3	0.6	ใช้ได้
	สื่อมีความสะดวกและง่ายต่อการนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอน	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
	ด้านภาพและเสียง								
	ภาพมีความสอดคล้องกับหัวข้อที่นำเสนอ	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
	ภาพมีความน่าสนใจและดึงดูดผู้เรียน	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
	เสียงบรรยายมีความชัดเจนและออกเสียงได้ถูกต้อง	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
	เสียงประกอบเหมาะสมกับภาพที่นำเสนอ	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้

ตารางที่ 13 (ต่อ)

สื่อแอนิเมชัน	รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					ΣR	IOC	แปลผล
		1	2	3	4	5			
5. Light and bright	**ด้านเนื้อหา**								
	เนื้อหามีความสอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้ และตัวชี้วัด	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
	เนื้อหามีความสมบูรณ์ ถูกต้อง ครบถ้วนกับหัวข้อที่สอน	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
	เนื้อหามีความยากง่ายเหมาะสมกับระดับชั้นของผู้เรียน	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
	เนื้อหามีความสนุก และเข้าใจได้ง่าย	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
	ด้านการนำเสนอสื่อ								
	ภาพโดยรวมด้านการออกแบบสื่อมีความเหมาะสมกับผู้เรียน	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
	ข้อความบรรยายมีความชัดเจนและเข้าใจได้ง่าย	+1	+1	0	+1	+1	4	0.8	ใช้ได้
	สื่อมีความสะดวกและง่ายต่อการนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอน	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
	ด้านภาพและเสียง								
	ภาพมีความสอดคล้องกับหัวข้อที่นำเสนอ	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
	ภาพมีความน่าสนใจและดึงดูดผู้เรียน	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
	เสียงบรรยายมีความชัดเจนและออกเสียงได้ถูกต้อง	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
	เสียงประกอบเหมาะสมกับภาพที่นำเสนอ	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้

ตารางที่ 14 ผลการประเมินค่าความเหมาะสมของสื่อแอนิเมชันประกอบการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง คลื่นและแสง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยผู้เชี่ยวชาญ

ข้อ	รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ							
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5	$\overline{X}$	S.D	เกณฑ์การประเมิน
	1. ด้านเนื้อหา								
1.1	เนื้อหามีความสอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้ และตัวชี้วัด	5	5	4	4	4	4.40	0.55	มากที่สุด
1.2	เนื้อหามีความสมบูรณ์ ถูกต้อง ครบถ้วนกับหัวข้อที่สอน	5	4	4	4	5	4.40	0.55	มากที่สุด
1.3	เนื้อหามีความยากง่ายเหมาะสมกับระดับชั้นของผู้เรียน	5	4	5	4	4	4.40	0.55	มากที่สุด
1.4	เนื้อหามีความสนุก และเข้าใจได้ง่าย	5	5	4	4	4	4.40	0.55	มากที่สุด
2. ด้านการออกแบบสื่อ									
2.1	ภาพโดยรวมด้านการออกแบบสื่อมีความเหมาะสมกับผู้เรียน	5	4	5	4	4	4.40	0.55	มาก
2.2	ข้อความบรรยายมีความชัดเจนและเข้าใจได้ง่าย	5	4	4	5	5	4.60	0.55	มากที่สุด
2.3	สื่อมีความสะดวกและง่ายต่อการนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอน	5	4	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
3. ด้านภาพและเสียง									
3.1	ภาพมีความสอดคล้องกับหัวข้อที่นำเสนอ	5	5	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
3.2	ภาพมีความน่าสนใจและดึงดูดผู้เรียน	5	5	4	5	4	4.60	0.55	มากที่สุด
3.3	เสียงบรรยายมีความชัดเจนและออกเสียงได้ถูกต้อง	5	4	5	4	4	4.40	0.55	มากที่สุด
3.4	เสียงประกอบเหมาะสมกับภาพที่นำเสนอ	5	5	4	4	5	4.60	0.55	มาก
	ภาพรวม						**4.55**	**0.48**	มากที่สุด

2. แผนการจัดการเรียนรู้

ตารางที่ 15 การประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง คลื่นและแสง โดยผู้เชี่ยวชาญ

แผนการจัดการเรียนรู้	ตัวชี้วัด	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					$\overline{X}$	S.D	เกณฑ์การประเมิน
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
แผนที่ 1 คลื่นกล	**ตัวชี้วัด ม.3/10** สร้างแบบจำลองที่อธิบายการเกิดคลื่นและบรรยายส่วนประกอบของคลื่น	5	5	5	5	5	5	0.00	มากที่สุด
แผนที่ 2 คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า	**ตัวชี้วัด ม.3/11** อธิบายคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและสเปกตรัมคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากข้อมูลที่รวบรวมได้ **ตัวชี้วัด ม.3/12** ตระหนักถึงประโยชน์และอันตรายจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าโดยนำเสนอการใช้ประโยชน์ ในด้านต่าง ๆ และอันตรายจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในชีวิตประจำวัน	5	4	5	4	5	4.60	0.55	มากที่สุด
แผนที่ 3 การสะท้อนของแสง	**ตัวชี้วัด ม.3/13** ออกแบบการทดลองและดำเนินการทดลองด้วยวิธีที่เหมาะสมในการอธิบายกฎการสะท้อนของแสง **ตัวชี้วัด ม.3/14** เขียนแผนภาพการเคลื่อนที่ของแสงแสดงการเกิดภาพจากกระจกเงา	5	5	4	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด

ตารางที่ 15 (ต่อ)

แผนการจัดการเรียนรู้	ตัวชี้วัด	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					$\overline{X}$	S.D	เกณฑ์การประเมิน
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
แผนที่ 4 การหักเหของแสง	**ตัวชี้วัด ม.3/15** อธิบายการหักเหของแสงเมื่อผ่านตัวกลางโปร่งใสที่แตกต่างกัน และอธิบายการกระจายแสงของแสงขาวเมื่อผ่านปริซึมจากหลักฐานเชิงประจักษ์ **ตัวชี้วัด ม.3/16** เขียนแผนภาพการเคลื่อนที่ของแสงแสดงการเกิดภาพจากเลนส์บาง **ตัวชี้วัด ม.3/17** อธิบายปรากฏการณ์ที่เกี่ยวกับแสง และการทำงานของทัศนอุปกรณ์จากข้อมูลที่รวบรวมได้ **ตัวชี้วัด ม.3/18** เขียนแผนภาพการเคลื่อนที่ของแสง แสดงการเกิดภาพของทัศนอุปกรณ์และเลนส์ตา	5	4	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
แผนที่ 5 ความสว่าง	**ตัวชี้วัด ม.3/19** อธิบายผลของความสว่างที่มีต่อดวงตาจากข้อมูลที่ได้จากการสืบค้น **ตัวชี้วัด ม.3/20** วัดความสว่างของแสงโดยใช้อุปกรณ์วัดความสว่างของแสง **ตัวชี้วัด ม.3/21** ตระหนักในคุณค่าของความรู้เรื่อง ความสว่างของแสงที่มีต่อดวงตา โดยวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาและเสนอแนะการจัดความสว่างให้เหมาะสมในการทำกิจกรรมต่าง ๆ	5	5	5	5	5	5	0.00	มากที่สุด
ภาพรวม							**4.84**	**0.29**	**มากที่สุด**

3. แบบวัดความเข้าใจในการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง คลื่นและแสง

ตารางที่ 16 การประเมินค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ของแบบวัดความเข้าใจในการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง คลื่นและแสง ใช้ดัชนีความสอดคล้องกับตัวชี้วัด โดยผู้เชี่ยวชาญ

ข้อสอบข้อที่	คะแนนความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญ					$\sum R$	IOC	แปลผล
	1	2	3	4	5			
1	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
2	+1	+1	0	+1	+1	4	0.8	ใช้ได้
3	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
4	+1	+1	+1	0	+1	4	0.8	ใช้ได้
5	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
6	0	+1	0	+1	+1	3	0.6	ใช้ได้
7	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
8	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
9	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
10	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
11	+1	+1	0	+1	+1	4	0.8	ใช้ได้
12	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
13	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
14	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
15	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
16	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
17	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
18	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
19	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
20	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้

ตารางที่ 17 การวิเคราะห์ค่าความยากง่ายของแบบวัดความเข้าใจในการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง คลื่นและแสง จำนวน 20 ข้อ

ข้อที่	จำนวนผู้ตอบถูกในกลุ่มสูง (H)	จำนวนผู้ตอบถูกในกลุ่มต่ำ (L)	จำนวนผู้ตอบถูก (R)	ความยาก (p)	ค่าอำนาจจำแนก (r)	สรุปผล
1	18.00	10.00	28.00	0.70	0.20	ใช้ได้
2	21.00	11.00	32.00	0.80	0.25	ใช้ได้
3	21.00	11.00	32.00	0.80	0.25	ใช้ได้
4	21.00	6.00	27.00	0.68	0.38	ใช้ได้
5	21.00	9.00	30.00	0.75	0.30	ใช้ได้
6	19.00	11.00	30.00	0.75	0.20	ใช้ได้
7	20.00	4.00	24.00	0.60	0.40	ใช้ได้
8	19.00	9.00	28.00	0.70	0.25	ใช้ได้
9	14.00	6.00	20.00	0.50	0.20	ใช้ได้
10	21.00	8.00	29.00	0.73	0.33	ใช้ได้
11	12.00	2.00	14.00	0.35	0.25	ใช้ได้
12	17.00	8.00	25.00	0.63	0.23	ใช้ได้
13	20.00	12.00	32.00	0.80	0.20	ใช้ได้
14	20.00	8.00	28.00	0.70	0.30	ใช้ได้
15	19.00	10.00	29.00	0.73	0.23	ใช้ได้
16	20.00	8.00	28.00	0.70	0.30	ใช้ได้
17	21.00	7.00	28.00	0.70	0.35	ใช้ได้
18	21.00	10.00	31.00	0.78	0.28	ใช้ได้
19	21.00	10.00	31.00	0.78	0.28	ใช้ได้
20	21.00	9.00	30.00	0.75	0.30	ใช้ได้
รวม	387.00	169.00	556.00	13.90	5.45	
$\overline{X}$	9.68	4.23	13.90	0.35	0.14	

ตารางที่ **18** การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของแบบวัดความเข้าใจในการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง คลื่นและแสง

คนที่	X	X^2	คนที่	X	X^2	คนที่	X	X^2	คนที่	X	X^2
1	10	100	**11**	18	324	**21**	10	100	**31**	12	400
2	8	64	**12**	10	100	**22**	17	289	**32**	20	64
3	5	25	**13**	18	324	**23**	18	324	**33**	8	400
4	18	324	**14**	18	324	**24**	11	121	**34**	20	196
5	7	49	**15**	17	289	**25**	19	361	**35**	14	100
6	5	25	**16**	11	121	**26**	8	64	**36**	10	361
7	17	289	**17**	19	361	**27**	18	324	**37**	19	324
8	6	36	**18**	7	49	**28**	8	64	**38**	18	324
9	12	144	**19**	8	64	**29**	19	361	**39**	18	400
10	17	289	**20**	19	361	**30**	12	144	**40**	20	400
									รวม	**557**	**8783**

การคำนวณหาค่าความแปรปรวนของแบบวัดความเข้าใจในการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง คลื่นและแสง ดังนี้

$$S_t^2 = \frac{N\Sigma X^2 - (\Sigma X)^2}{N^2}$$

$$S_t^2 = \frac{40(8{,}783) - (557)^2}{40^2}$$

$$S_t^2 = \frac{351{,}320 - 310{,}249}{1{,}600}$$

$$S_t^2 = 25.67$$

ดังนั้น ค่าความแปรปรวนของแบบวัดความเข้าใจในการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง คลื่นและแสง มีค่า 25.67

ตารางที่ 19 การวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดความเข้าใจในการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง คลื่นและแสง

ข้อที่	คะแนนความแปรปรวน (รายข้อ)	ข้อที่	คะแนนความแปรปรวน (รายข้อ)
1	0.21	11	0.23
2	0.16	12	0.23
3	0.16	13	0.16
4	0.17	14	0.21
5	0.22	15	0.20
6	0.19	16	0.21
7	0.24	17	0.21
8	0.21	18	0.17
9	0.25	19	0.17
10	0.20	20	0.19
		รวม	**4.00**

การคำนวณหาค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดความเข้าใจในการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง คลื่นและแสง ดังนี้

$$\alpha = \frac{k}{k-1}\left[1 - \frac{\Sigma S_i^2}{S^2}\right]$$

$$\alpha = \frac{20}{20-1}\left[1 - \frac{25.67}{4.00}\right]$$

$$\alpha = 0.89$$

ดังนั้น ค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดความเข้าใจในการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง คลื่นและแสง มีค่า 0.89

4. แบบประเมินความพึงพอใจต่อสื่อแอนิเมชันประกอบการเรียน

ตารางที่ 20 การประเมินความสอดคล้องของข้อคำถามแบบประเมินความพึงพอใจ ความเหมาะสม ของตัวเลือกและความสอดคล้องกับรายการประเมิน โดยผู้เชี่ยวชาญ

รายการ	**ข้อคำถาม**	**คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ**					**ΣR**	**IOC**	**แปลผล**
		1	**2**	**3**	**4**	**5**			
1. ด้านเนื้อหา	1.1 เนื้อหาเข้าใจได้ง่าย	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
	1.2 สนุกและชวนติดตาม	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
	1.3 ระยะเวลามีความเหมาะสมกับเนื้อหาที่นำเสนอ	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
	1.4 ภาพโดยรวมในด้านเนื้อหา	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
	1.5 ข้าพเจ้าชอบและอยากดูสื่อแอนิเมชันนี้อีก	+1	0	+1	+1	+1	4	0.8	ใช้ได้
2. ด้านการนำเสนอสื่อ	2.1 ข้าพเจ้ามีความชื่นชอบตัวละคร	+1	+1	0	+1	0	3	0.6	ใช้ได้
	2.2 ข้าพเจ้ามีความชื่นชอบฉาก	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
	2.3 ข้าพเจ้ามีความชื่นชอบสี	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
	2.4 ข้าพเจ้ามีความชื่นชอบการเคลื่อนไหวของตัวละคร	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
	2.5 ข้าพเจ้ามีความชื่นชอบข้อความบรรยาย	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
	2.6 ภาพโดยรวมด้านการออกแบบสื่อ	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
3. ด้านภาพและเสียง	3.1 ข้าพเจ้าชื่นชอบภาพที่นำเสนอ	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
	3.2 ความคมชัดของภาพ	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
	3.3 ข้าพเจ้าชื่นชอบเสียงบรรยาย	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
	3.4 ข้าพเจ้าชื่นชอบเสียงดนตรี	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
	3.5 ภาพโดยรวมในด้านภาพและเสียง	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้

ภาคผนวก ค

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการวิจัย

- คะแนนของการทดสอบประสิทธิภาพ (E1/E2)
- คะแนนของการประเมินความเข้าใจในการเรียน ก่อนและหลังเรียน
- ผลการเปรียบเทียบคะแนนความเข้าใจโดยสถิติ t-test
- ผลการประเมินค่าความพึงพอใจของผู้เรียนต่อสื่อแอนิเมชันประกอบการเรียน

ตารางที่ 21 คะแนนของการทดสอบประสิทธิภาพ (E1/E2) ของสื่อแอนิเมชันประกอบการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง คลื่นและแสง เพื่อส่งเสริมความเข้าใจในการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 40 คน

คนที่	คะแนนกิจกรรมแต่ละสาระการเรียนรู้ (50 คะแนน)						คะแนนหลังเรียน (40 คะแนน)
	คลื่นกล (10)	คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (10)	การสะท้อนของแสง (10)	การหักเหของแสง (10)	ความสว่าง (10)	รวม (50)	
1	10	8	9	10	10	47	39
2	10	8	9	9	10	46	36
3	9	9	10	9	9	46	34
4	4	4	4	4	5	21	32
5	10	10	10	10	10	50	42
6	9	10	10	8	10	47	36
7	10	7	8	8	10	43	34
8	8	8	8	8	8	40	29
9	9	7	9	9	10	44	34
10	9	10	9	8	8	44	37
11	10	10	9	8	10	47	39
12	8	8	9	9	10	44	40
13	7	8	5	7	10	37	28
14	6	7	5	6	9	33	32
15	10	9	8	8	9	44	29
16	8	10	8	9	9	44	31
17	9	10	8	8	8	43	37
18	10	10	10	9	10	49	34
19	8	10	9	8	9	44	34
20	10	10	10	10	10	50	40
21	8	10	8	8	10	44	34

ตารางที่ 21 (ต่อ)

คนที่	คะแนนกิจกรรมแต่ละสาระการเรียนรู้ (50 คะแนน)						คะแนนหลังเรียน (40 คะแนน)
	คลื่นกล (10)	คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (10)	การสะท้อนของแสง (10)	การหักเหของแสง (10)	ความสว่าง (10)	รวม (50)	
22	10	10	10	10	10	50	30
23	8	9	8	9	10	44	34
24	10	10	9	10	10	49	37
25	10	10	10	10	10	50	34
26	9	9	9	9	10	46	31
27	9	9	9	9	10	46	26
28	9	10	9	9	10	47	34
29	8	9	8	8	8	41	26
30	5	5	4	4	6	24	26
31	9	10	8	9	10	46	30
32	10	10	9	10	10	49	40
33	10	10	8	9	10	47	34
34	10	10	8	8	10	46	40
35	10	10	8	9	10	47	34
36	7	9	7	8	10	41	38
37	10	10	10	9	10	49	37
38	10	10	9	10	10	49	31
39	9	9	6	7	9	40	32
40	10	10	9	10	10	49	38
$\overline{X}$	8.88	9.05	8.33	8.50	9.43	44.18	34.10
S.D.	1.45	1.43	1.58	1.41	1.13	7.00	4.19
E						88.36	85.17
ประสิทธิภาพ E1/E2 = 88.36/85.17							

ตารางที่ 22 คะแนนของการประเมินความเข้าใจในการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง คลื่นและแสง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ก่อนเรียนและหลังเรียนโดยใช้สื่อแอนิเมชันประกอบการเรียน

คนที่	คะแนนก่อนเรียน(40 คะแนน)	คะแนนหลังเรียน (40 คะแนน)
1	25	39
2	24	36
3	17	34
4	21	32
5	25	40
6	16	36
7	10	34
8	8	29
9	20	34
10	22	37
11	20	39
12	20	40
13	20	28
14	13	32
15	13	29
16	24	31
17	17	37
18	22	34
19	22	34
20	26	40
21	22	34
22	13	30

ตารางที่ 22 (ต่อ)

คนที่	คะแนนก่อนเรียน(40 คะแนน)	คะแนนหลังเรียน (40 คะแนน)
23	15	34
24	15	37
25	11	34
26	16	31
27	7	26
28	12	34
29	6	26
30	10	26
31	10	30
32	25	40
33	20	34
34	24	40
35	22	34
36	21	38
37	19	37
38	13	31
39	15	32
40	19	38
รวม	697	1363
$\overline{X}$	17.42	34.1

ตารางที่ 23 ผลการเปรียบเทียบคะแนนวัดความเข้าใจในการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง คลื่นและแสง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้สถิติ t-test แบบ Dependent Sample

t-Test: Paired Two Sample for Means

	คะแนนหลังเรียน (40 คะแนน)	***คะแนนก่อนเรียน (40 คะแนน)***
Mean	34.02	17.42
Variance	16.81	30.60
Observations	40.00	40.00
Pearson Correlation	0.71	
Hypothesized Mean Difference	0.00	
df	39.00	
t Stat	27.12	
P(T<=t) one-tail	0.00	
t Critical one-tail	1.68	
P(T<=t) two-tail	0.00	
t Critical two-tail	2.02	

จะเห็นว่า ค่า t-Stat (27.12) มากกว่าค่า t-Critical One-tail (1.68) นั่นคือ คะแนนหลังเรียนสูงกว่าคะแนนก่อนเรียน ถ้าจะพิจารณาจากค่า P พบว่า ค่า P(T<=t) one-tail มีค่า 0.00 ซึ่งน้อยกว่า ค่าระดับความเชื่อมั่นที่ตั้งไว้คือ 0.05 หรือพูดได้ว่า $p < 0.05$ ดังนั้น คะแนนหลังเรียนสูงกว่าคะแนนก่อนเรียน

ตารางที่ 24 ผลการประเมินค่าความพึงพอใจของผู้เรียนต่อสื่อแอนิเมชันประกอบการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง คลื่นและแสง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

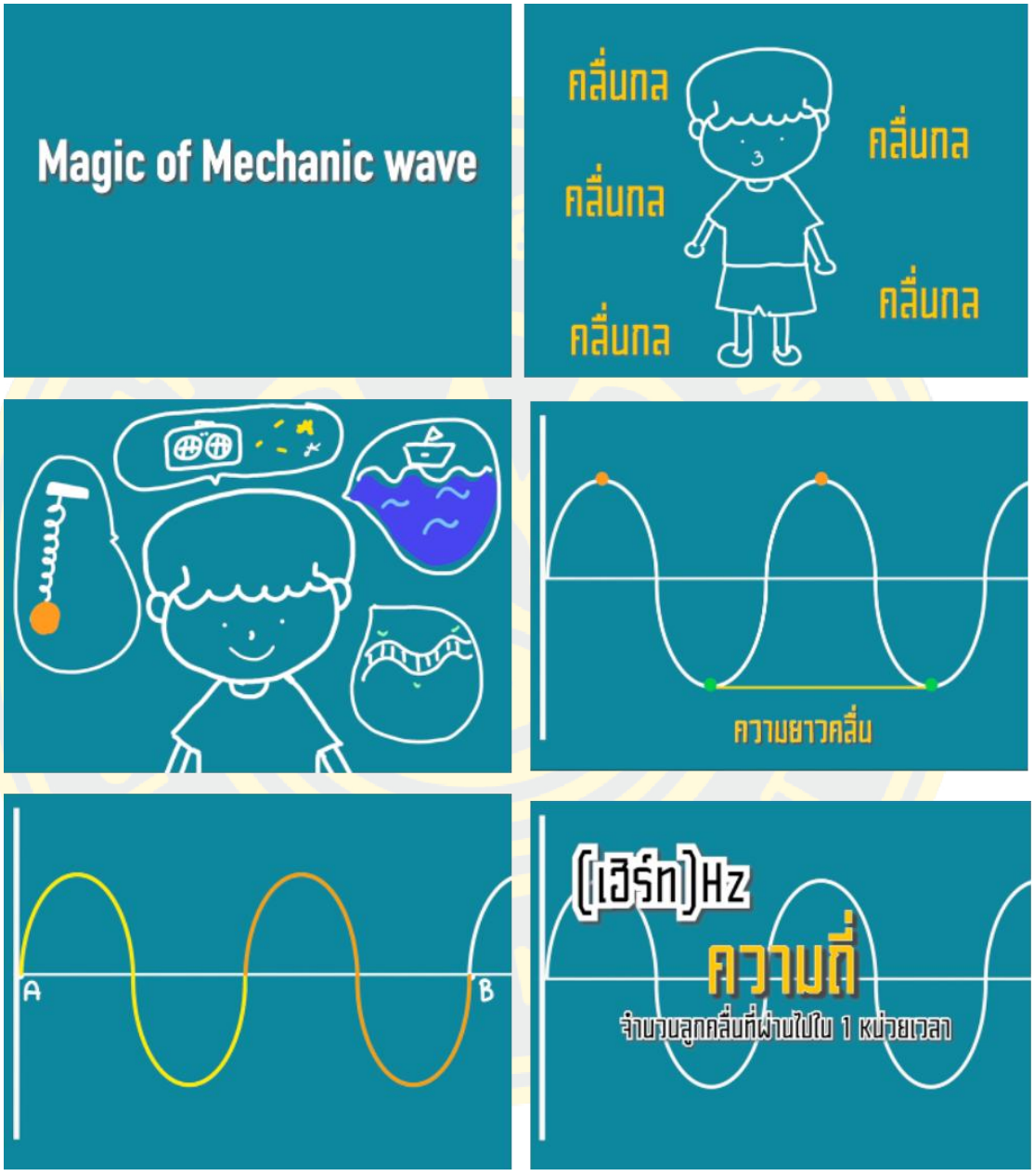
ข้อ	รายการประเมิน	ระดับความพึงพอใจ							
		5	4	3	2	1	$\overline{X}$	S.D	เกณฑ์การประเมิน
1. ด้านเนื้อหา									
1.1	เนื้อหาเข้าใจได้ง่าย	25	15	0	0	0	4.63	0.49	มากที่สุด
1.2	สนุกและชวนติดตาม	25	15	0	0	0	4.63	0.49	มากที่สุด
1.3	ระยะเวลามีความเหมาะสมกับเนื้อหาที่นำเสนอ	23	17	0	0	0	4.58	0.50	มากที่สุด
1.4	ภาพโดยรวมในด้านเนื้อหา	22	17	1	0	0	4.53	0.55	มากที่สุด
1.5	ข้าพเจ้าชอบและอยากดูสื่อแอนิเมชันนี้อีก	24	13	3	0	0	4.53	0.64	มากที่สุด
2. ด้านการออกแบบสื่อ									
2.1	ข้าพเจ้ามีความชื่นชอบตัวละคร	11	26	3	0	0	4.20	0.56	มาก
2.2	ข้าพเจ้ามีความชื่นชอบฉาก	17	22	1	0	0	4.40	0.55	มาก
2.3	ข้าพเจ้ามีความชื่นชอบสี	24	15	1	0	0	4.58	0.55	มากที่สุด
2.4	ข้าพเจ้ามีความชื่นชอบการเคลื่อนไหวของตัวละคร	12	23	5	0	0	4.18	0.64	มาก
2.5	ข้าพเจ้ามีความชื่นชอบข้อความบรรยาย	20	18	2	0	0	4.45	0.60	มาก
2.6	ภาพโดยรวมด้านการออกแบบสื่อ	22	18	0	0	0	4.55	0.50	มากที่สุด
3. ด้านภาพและเสียง									
3.1	ข้าพเจ้าชื่นชอบภาพที่นำเสนอ	25	15	0	0	0	4.63	0.49	มากที่สุด
3.2	ความคมชัดของภาพ	25	14	1	0	0	4.60	0.55	มากที่สุด
3.3	ข้าพเจ้าชื่นชอบเสียงบรรยาย	24	15	1	0	0	4.58	0.55	มากที่สุด
3.4	ข้าพเจ้าชื่นชอบเสียงดนตรี	24	15	1	0	0	4.58	0.55	มากที่สุด
3.5	ภาพโดยรวมในด้านภาพและเสียง	26	13	1	0	0	4.63	0.54	มากที่สุด
	ภาพรวม						**4.51**	**0.55**	มากที่สุด

ภาคผนวก ง

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. สื่อแอนิเมชันประกอบการเรียน
2. แผนการจัดการเรียนรู้
3. แบบวัดความเข้าใจในการเรียน
4. แบบประเมินความพึงพอใจต่อสื่อแอนิเมชันประกอบการเรียน

สื่อแอนิเมชันประกอบการเรียน ชุด magic of mechanic wave



ภาพที่ 2 สื่อแอนิเมชันประกอบการเรียน ชุด magic of mechanic wave

ลิงค์รับชม : https://drive.google.com/file/d/1yoPzkWnQfJy7FCGt-ZphLGfGWlkRW-Gb/view?usp=share_link

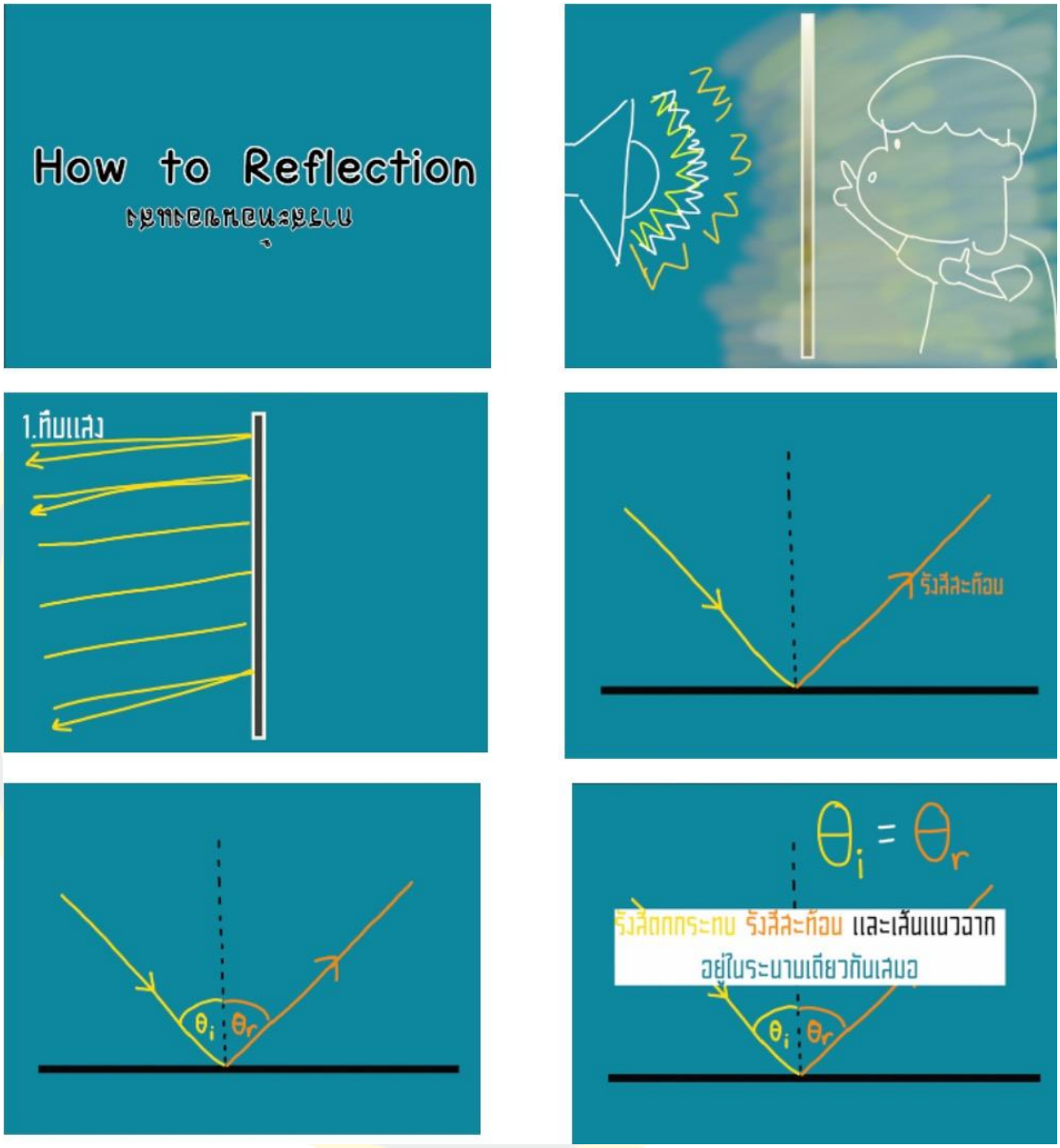
สื่อแอนิเมชันประกอบการเรียน ชุด สเปกตรัม 7 สี คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าส่องแสง

ภาพที่ 3 สื่อแอนิเมชันประกอบการเรียน ชุด สเปกตรัม 7 สี คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าส่องแสง

ลิงค์รับชม :

https://drive.google.com/file/d/1J3LWopUBnoTCEgxUJNBM2xGvfY1h8Tx/view?usp=share_link

สื่อแอนิเมชันประกอบการเรียน ชุด How to reflection

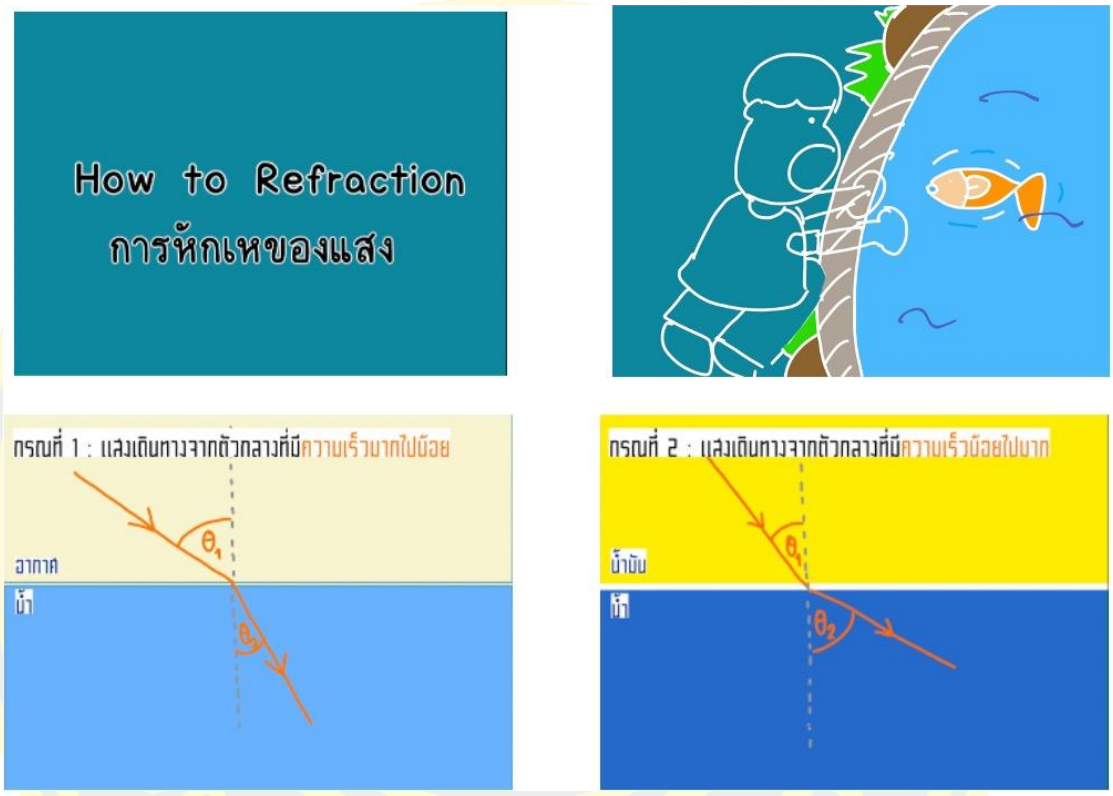


ภาพที่ 4 สื่อแอนิเมชันประกอบการเรียน ชุด How to reflection

ลิงค์รับชม :

https://drive.google.com/file/d/1w1RYeXrAD7sOBuP6GZ0dMS70_CBejm1I/view?usp=share_link

สื่อแอนิเมชันประกอบการเรียน ชุด How to refraction



ภาพที่ 5 สื่อแอนิเมชันประกอบการเรียน ชุด How to refraction

ลิงค์รับชม :

https://drive.google.com/file/d/10lX3ZZxTJxup4HNQoP_9YDaFETflrrU/view?usp=share_link

สื่อแอนิเมชันประกอบการเรียน ชุด light-bright

ภาพที่ 6 สื่อแอนิเมชันประกอบการเรียน ชุด light-bright

ลิงค์รับชม :

https://drive.google.com/file/d/1sD3jad3BMY3QmNlzucXLzlse_PbEXaKP/view?usp=share_link

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี **ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3**
รายวิชา วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี **ภาคเรียนที่ 2/2567**
หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 คลื่นและแสง **เวลาที่สอน 3 คาบ**
เรื่อง คลื่นกล **ผู้สอน เพ็ญพิมล บุญชู**

มาตรฐานการเรียนรู้

มาตรฐาน ว 2.3 เข้าใจความหมายของพลังงาน การเปลี่ยนแปลงและการถ่ายโอนพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสสารและพลังงาน พลังงานในชีวิตประจำวัน ธรรมชาติของคลื่น ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเสียง แสง และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ตัวชี้วัด

ตัวชี้วัด ม.3/10 สร้างแบบจำลองที่อธิบายการเกิดคลื่นและบรรยายส่วนประกอบของคลื่น

สาระสำคัญ

คลื่นเกิดจากการส่งผ่านพลังงานจากบริเวณหนึ่งไปยังอีกบริเวณหนึ่งโดยอาศัยตัวกลางหรือไม่อาศัยตัวกลางก็ได้ สำหรับ **คลื่นกล (mechanics wave)** พลังงานกลจะถูกส่งผ่านตัวกลางโดยอนุภาคของตัวกลางไม่เคลื่อนที่ไปกับคลื่น คลื่นแผ่ออกมาจากแหล่งกำเนิดคลื่นอย่างต่อเนื่องและมีรูปแบบที่ซ้ำกัน บรรยายได้ด้วยสันคลื่น ท้องคลื่น ความยาวคลื่น ความถี่ แอมพลิจูด

วัตถุประสงค์การเรียนรู้

เมื่อผู้เรียนได้รับความรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้

ด้านความรู้ (K)

1. ผู้เรียนสามารถบรรยายส่วนประกอบของคลื่นกล

ด้านกระบวนการ (P)

2. ผู้เรียนสามารถวาดส่วนประกอบของคลื่นกล

ด้านคุณลักษณะ (A)

3. ผู้เรียนมีเจตคติที่ดีต่อการเรียนรู้เรื่องคลื่นกล

สาระการเรียนรู้

ความหมายของคลื่น คือ ปรากฏการณ์จากการรบกวนแหล่งกำเนิด ทำให้มีการแผ่กระจายพลังงานจากแหล่งกำเนิดไปพร้อมกับการเคลื่อนที่ของคลื่น ดังนั้นเมื่อสะบัดปลายด้านหนึ่งของสปริง พลังงานจากการสะบัดมือ ซึ่ง เป็นพลังงานกลสามารถ ส่งผ่านไปยังปลายอีกด้านหนึ่งของสปริง อนุภาคของสปริงที่ได้รับพลังงานจะส่งพลังงานต่อกันไป เป็นทอด ๆ โดยอนุภาคสั่นอยู่กับที่ ปรากฏการณ์การส่งผ่านพลังงานกลจากบริเวณหนึ่งไปยังบริเวณหนึ่งโดยอนุภาค ตัวกลางไม่ได้เคลื่อนที่ไปด้วย เรียกว่า คลื่นกล (mechanical wave) เช่น คลื่นในสปริง คลื่นในเส้นเชือก คลื่นน้ำ คลื่น เสียง คลื่นแผ่นดินไหว

ชนิดของคลื่นกล ถ้าพิจารณาทิศทางการเคลื่อนที่ของตัวกลางกับทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นกล จะแบ่งคลื่นออกเป็น 2 ประเภทดังนี้ ถ้าสะบัดสปริงในแนวตั้งฉากกับแนวการวางตัวของสปริงอนุภาคของสปริงจะ เคลื่อนที่ใน แนวตั้งฉากกับทิศการเคลื่อนที่ของคลื่น เรียกคลื่นประเภทนี้ว่า คลื่นตามขวาง (transverse wave) แต่ถ้าสะบัดสปริง กลับไปมาในแนวเดียวกับแนวการวางตัวของสปริง จะทำให้บางส่วนของสปริงอยู่ชิด กัน บางส่วนอยู่ห่างจากกัน เห็นเป็น ส่วนหดส่วนขยายสลับกันเคลื่อนที่จากมือไปยังปลายอีกตันหนึ่ง อนุภาค ของสปริงจะเคลื่อนที่กลับไปกลับมาในแนวเดียวกับทิศทาง การเคลื่อนที่ของคลื่น เรียกคลื่นประเภทนี้ว่า คลื่น ตามยาว (longitudinal wave) โดยเมื่ออนุภาคของ ตัวกลางเคลื่อนที่กลับไปมาครบ 1 รอบ จะเกิดคลื่นได้ จำนวน 1 ลูกคลื่นพอดี

ส่วนประกอบของคลื่นกล เมื่อพิจารณาส่วนประกอบของคลื่น จะเห็นลักษณะทางกายภาพที่สำคัญ ดังต่อไปนี้

1) สันคลื่น (crest) คือ ตำแหน่งที่อนุภาคของตัวกลางอยู่ที่จุดสูงสุดจากเส้นแกน

2) ท้องคลื่น (trough) คือ ตำแหน่งที่อนุภาคของตัวกลางอยู่ที่จุดต่ำสุดจากเส้นแกน

3) ความยาวคลื่น (wavelength) หมายถึง ระยะที่น้อยที่สุดระหว่างจุด 2 จุดบนคลื่นที่มีลักษณะการเคลื่อนที่เหมือนกันทุกประการ เราใช้สัญลักษณ์ λ แทนความยาวคลื่น มีหน่วยเป็น เมตร

4) แอมพลิจูด (amplitude) หมายถึง ขนาดของการกระจัดสูงสุดของอนุภาคของตัวกลางที่คลื่นผ่านจากตำแหน่งสมดุลเดิม ใช้สัญลักษณ์ A มีหน่วยเป็น เมตร

5) ความถี่ของคลื่น (frequency) หมายถึง จำนวนคลื่นที่ผ่านจุด ๆ หนึ่ง ในหนึ่งหน่วยเวลา หรือ จำนวนรอบที่ แหล่งกำเนิดคลื่นหรือตัวกลางสั่นได้ในหนึ่งหน่วยเวลา ใช้สัญลักษณ์ f มีหน่วยเป็น รอบต่อ วินาที หรือ เฮิรตซ์ (Hz)

กิจกรรมการเรียนรู้

รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบ 5E

1. ขั้นสร้างความสนใจ (คาบเรียนที่ 1: 50 นาที)

1.1 ผู้สอนแจ้งจุดประสงค์การเรียนให้ผู้เรียนทราบ

1.2 ผู้สอนเปิดคำถามเข้าสู่บทเรียนโดยตั้งคำถามกับผู้เรียนดังนี้

1.2.1 ผู้เรียนรู้จักคลื่นอะไรในชีวิตประจำวันบ้าง (แนวคำตอบ: คลื่นน้ำ คลื่นเสียง คลื่นวิทยุหรือคลื่นอื่น ๆ ตามความเข้าใจของผู้เรียน)

1.2.2 ผู้เรียนคิดว่าคลื่นแต่ละประเภทที่ผู้เรียนยกตัวอย่างมามีความแตกต่างกันหรือไม่ (แนวคำตอบ: แตกต่างกัน)

1.3 ผู้สอนเฉลยว่าแตกต่างกัน โดยคลื่นจะถูกแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ คลื่นตามขวางและคลื่นตามยาว อธิบายพอสังเขป และเชื่อมโยงเข้าสู่บทเรียนเกี่ยวกับประเภทของคลื่นตามสไลด์ canva ที่ผู้สอนเตรียมไว้ แล้วใช้คำถามต่อไปนี้

1.3.1 ภาพที่เห็นในสไลด์คือคลื่นอะไรบ้าง (แนวคำตอบ: คลื่นน้ำและคลื่นเสียง)

1.3.2 ทิศทางการกระจายของคลื่นเสียงและคลื่นน้ำแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร (แนวคำตอบ: ต่างกัน คลื่นเสียงจะมีทิศทางการกระจายของอนุภาคตัวกลางแบบตั้งฉากหรือขึ้นลงกับทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นเสียง ส่วนคลื่นน้ำจะมีทิศทางการกระจายของอนุภาคตัวกลางแบบเคลื่อนที่ไปมาตามแนวเดียวกับการเคลื่อนที่ของคลื่นน้ำ)

1.4 ผู้สอนตั้งคำถามเปิดประเด็นว่า แต่ละตำแหน่งของคลื่นนั้นมีความแตกต่างกัน ผู้เรียนทราบหรือไม่ว่าแต่ละตำแหน่งนั้นมีอะไรบ้างและแตกต่างกันอย่างไร (แนวคำตอบ: ผู้เรียนไม่ทราบ)

1.5 ผู้สอนชี้แนะให้ผู้เรียนหาข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับส่วนประกอบของคลื่นและมาทำกิจกรรมในคาบเรียนถัดไป

2. ขั้นสำรวจและค้นหา (คาบเรียนที่ 2: 30 นาที)

2.1 ผู้สอนทบทวนความรู้เรื่องความหมายและประเภทของคลื่นให้ผู้เรียนอีกครั้ง และเชื่อมโยงบทเรียนเรื่องส่วนประกอบของคลื่นต่อไป

2.2 ผู้สอนแบ่งกลุ่มผู้เรียนจัดกิจกรรมตามกลุ่มละ 4-5 คน โดยให้ผู้เรียนระดมความคิด หาข้อมูลเกี่ยวกับส่วนประกอบของคลื่น และวาดภาพส่วนประกอบของคลื่นแต่ละตำแหน่ง โดยไม่จำกัดขอบเขตข้อมูล และแหล่งข้อมูล ให้เวลาผู้เรียน 20 นาที

2.3 หลังจากผู้เรียนสืบค้นข้อมูลเรียบร้อยแล้ว ให้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มสรุปข้อมูลใส่กระดาษ A4

3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (คาบเรียนที่ 2: 20 นาที)

3.1 หลังจากกิจกรรมเสร็จสิ้น ผู้สอนให้ตัวแทนผู้เรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอและสรุปข้อมูลที่กลุ่มตนเองสืบค้น

3.2 ผู้สอนและผู้เรียนร่วมกันอภิปรายผลกิจกรรมการเรียนรู้ ได้ข้อสรุปดังนี้

ส่วนประกอบของคลื่นกล เมื่อพิจารณาส่วนประกอบของคลื่น จะเห็นลักษณะทาง

กายภาพที่สำคัญ ดังต่อไปนี้

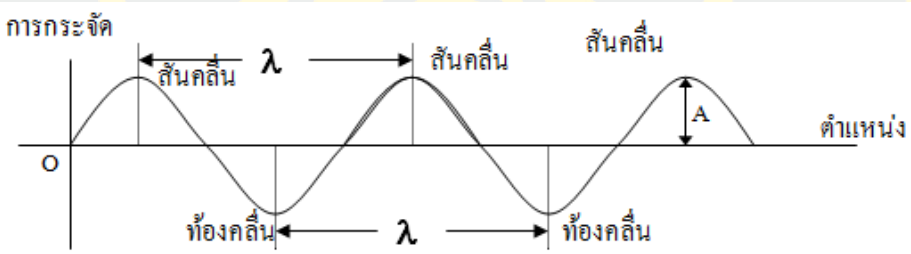
3.2.1 สันคลื่น (crest) คือ ตำแหน่งที่อนุภาคของตัวกลางอยู่ที่จุดสูงสุดจากเส้นแกน

3.2.2 ท้องคลื่น (trough) คือ ตำแหน่งที่อนุภาคของตัวกลางอยู่ที่จุดต่ำสุดจากเส้นแกน

3.2.3 ความยาวคลื่น (wavelength) หมายถึง ระยะที่น้อยที่สุดระหว่างจุด 2 จุดบนคลื่นที่มี ลักษณะการเคลื่อนที่เหมือนกันทุกประการ เราใช้สัญลักษณ์ λ แทนความยาวคลื่น มีหน่วยเป็น เมตร

3.2.4 แอมพลิจูด (amplitude) หมายถึง ขนาดของการกระจัดสูงสุดของอนุภาคของตัวกลางที่ คลื่นผ่านจากตำแหน่งสมดุลเดิม ใช้สัญลักษณ์ A มีหน่วยเป็น เมตร

3.2.5 ความถี่ของคลื่น (frequency) หมายถึง จำนวนคลื่นที่ผ่านจุด ๆ หนึ่ง ในหนึ่งหน่วยเวลา หรือ จำนวนรอบที่ แหล่งกำเนิดคลื่นหรือตัวกลางสั่นได้ในหนึ่งหน่วยเวลา ใช้สัญลักษณ์ f มีหน่วยเป็นรอบต่อ วินาที หรือ เฮิรตซ์ (Hz)



รูป แสดงส่วนประกอบที่สำคัญของคลื่น

4. ขั้นขยายความรู้ (คาบเรียนที่ 3: 50 นาที)

4.1 ผู้สอนอธิบายและให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับคลื่นกล ผ่านสื่อแอนิเมชันประกอบการเรียนชุด magic of mechanics wave ที่ผู้สอนสร้างขึ้น

4.2 ผู้สอนให้ผู้เรียนทำแบบฝึกหัดคลื่นกลในหนังสือเรียนวิทยาศาสตร์ ม.3 สสวท. และส่งท้ายคาบเรียน

5. ขั้นประเมินผล

5.1 สังเกตพฤติกรรมของผู้เรียนขณะทำการสืบค้นข้อมูล และการนำเสนอข้อมูล

5.2 สังเกตจากการตอบคำถามในชั้นเรียน

5.3 สังเกตจากการทำแบบฝึกหัดของผู้เรียน

สื่อการสอน

1. สไลด์ canva
2. หนังสือเรียนวิทยาศาสตร์ ม.3 สสวท.
3. สื่อแอนิเมชันประกอบการเรียนชุด magic of mechanics wave
4. กระดาษ A4

การวัดและประเมิน

สิ่งที่ต้องการวัด/ประเมินผล	วิธีวัด/ประเมินผล	เครื่องมือวัด/ประเมินผล	เกณฑ์การประเมินผล
ด้านความรู้ (K) 1. ผู้เรียนสามารถบรรยายส่วนประกอบของคลื่นกล	1. ตรวจสอบความถูกต้องและความครบถ้วนจากแบบฝึกหัดของผู้เรียน	1. แบบฝึกหัด	1. ผู้เรียนสามารถทำแบบฝึกหัดได้อยู่ในระดับดีขึ้นไปถือว่าผ่านเกณฑ์
ด้านทักษะกระบวนการ (P) 1. ผู้เรียนสามารถวาดส่วนประกอบของคลื่นกล	1. ผู้เรียนสามารถวาดส่วนประกอบของคลื่นกล	1. แบบฝึกหัด	1. ผู้เรียนสามารถทำแบบฝึกหัดได้อยู่ในระดับดีขึ้นไปถือว่าผ่านเกณฑ์
ด้านคุณลักษณะ (A) 1. ผู้เรียนมีเจตคติที่ดีต่อการเรียนรู้เรื่องคลื่นกล	1. ประเมินจากการทำกิจกรรมในห้องเรียน	1. แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียน	1. ให้คะแนนในระดับดีขึ้นไป

เกณฑ์การประเมินผลงานผู้เรียน

ประเด็นการประเมิน	ค่าน้ำหนักคะแนน	แนวทางการให้คะแนน
ด้านความรู้ (K)	3	ตอบคำถามเกี่ยวกับส่วนประกอบของคลื่นได้ถูกต้องทั้งหมด 3 ข้อ
	2	ตอบคำถามเกี่ยวกับส่วนประกอบของคลื่นได้ถูกต้อง 2 ข้อ
	1	ตอบคำถามเกี่ยวกับส่วนประกอบของคลื่นได้ถูกต้อง 1 ข้อ
	0	ตอบคำถามเกี่ยวกับส่วนประกอบของคลื่นไม่ถูกต้องเลย
ด้านกระบวนการ (P)	3	วาดส่วนประกอบของคลื่นกลได้ถูกต้อง
	2	วาดส่วนประกอบของคลื่นกลได้ แต่ผิดพลาดเล็กน้อย
	1	วาดส่วนประกอบของคลื่นกลได้ แต่ผิดพลาดเป็นส่วนมาก
	0	ไม่วาดส่วนประกอบของคลื่นกล

เกณฑ์การให้คะแนน

3 คะแนน หมายถึง ระดับดีมาก

2 คะแนน หมายถึง ระดับดี

1 คะแนน หมายถึง ระดับพอใช้

0 คะแนน หมายถึง ระดับควรปรับปรุง

แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้

ที่	ชื่อ - สกุล	คะแนนพฤติกรรม		รวม
		ปฏิบัติงานที่ได้รับมอบหมายด้วยความตั้งใจและใส่ใจรายละเอียด	ทำงานร่วมกับผู้อื่นในชั้นเรียนได้	10
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
.				
.				
.				
40				

เกณฑ์แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้

รายการประเมิน	คำอธิบายระดับคุณภาพ/ระดับคะแนน				
	ดีมาก (5)	**ดี (4)**	**พอใช้ (3)**	**น้อย (2)**	**ควรปรับปรุง (1)**
1.ปฏิบัติงานที่ได้รับมอบหมายด้วยความตั้งใจและใส่ใจรายละเอียด	ปฏิบัติงานที่ได้รับมอบหมายได้อย่างถูกต้องและครบถ้วน 100%	ปฏิบัติงานที่ได้รับมอบหมายได้อย่างถูกต้องและครบถ้วน 80%	ปฏิบัติงานที่ได้รับมอบหมายได้อย่างถูกต้องและครบถ้วน 60%	ปฏิบัติงานที่ได้รับมอบหมายได้อย่างถูกต้องและครบถ้วน 40%	ปฏิบัติงานที่ได้รับมอบหมายได้อย่างถูกต้องและครบถ้วน 20%
2.ทำงานร่วมกับผู้อื่นในชั้นเรียนได้	สมาชิกในกลุ่มมีหน้าที่ทำงานทุกคน	สมาชิกในกลุ่มมีหน้าที่ทำงาน 80%	สมาชิกในกลุ่มมีหน้าที่ทำงาน 60%	สมาชิกในกลุ่มมีหน้าที่ทำงาน 40%	สมาชิกในกลุ่มมีหน้าที่ทำงาน 20%

เกณฑ์การตัดสินพฤติกรรม (คะแนนอยู่ในช่วงเกณฑ์ดีขึ้นไปถือว่าผ่าน)

ช่วงคะแนน	ระดับคุณภาพ
10 - 8	ดีมาก
7 - 5	ดี
4 - 0	พอใช้

บันทึกผลหลังจัดการเรียนรู้

1.1 ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจ (K)

.....

.....

1.2 ผู้เรียนมีความรู้เกิดทักษะ (P)

.....

.....

1.3 ผู้เรียนมีเจตคติ ค่านิยม คุณธรรมและจริยธรรม (A)

.....

.....

1.4 ผู้เรียนจำนวน ..... คน

ผ่านจุดประสงค์การเรียนรู้ ..... คน คิดเป็นร้อยละ .....

ไม่ผ่านจุดประสงค์การเรียนรู้ ..... คน คิดเป็นร้อยละ .....

2. ปัญหา/อุปสรรค

.....

.....

3. ข้อเสนอแนะ/แนวทางแก้ไข

.....

.....

ลงชื่อ.....

(นางสาวเพ็ญพิมล บุญชู)

ครูผู้สอน

...../ ...../.....

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี **ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3**
รายวิชา วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี **ภาคเรียนที่ 2/2567**
หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 คลื่นและแสง **เวลาที่สอน 3 คาบ**
เรื่อง คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า **ผู้สอน เพ็ญพิมล บุญชู**

มาตรฐานการเรียนรู้

มาตรฐาน ว 2.3 เข้าใจความหมายของพลังงาน การเปลี่ยนแปลงและการถ่ายโอนพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสสารและพลังงาน พลังงานในชีวิตประจำวัน ธรรมชาติของคลื่น ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเสียง แสง และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ตัวชี้วัด

ตัวชี้วัด ม.3/11 อธิบายคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและสเปกตรัมคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากข้อมูลที่รวบรวมได้

ตัวชี้วัด ม.3/12 ตระหนักถึงประโยชน์และอันตรายจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าโดยนำเสนอการใช้ประโยชน์ ในด้านต่าง ๆ และอันตรายจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในชีวิตประจำวัน

สาระสำคัญ

คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นคลื่นที่ไม่อาศัยตัวกลางในการส่งผ่านพลังงาน มีความถี่ต่อเนื่องเป็นช่วงกว้างมากเคลื่อนที่ในสุญญากาศด้วยอัตราความเร็วเท่ากัน แต่จะเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วต่างกันในตัวกลางอื่น คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นออกเป็นช่วงความถี่ต่าง ๆ เรียกว่า สเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า แต่ละช่วงความถี่มีชื่อเรียกแตกตจ่างกัน ได้แก่ คลื่นวิทยุ ไมโครเวฟ อินฟราเรด แสง อัลตราไวโอเลต รังสีเอ็กซ์ และรังสีแกมมา ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้แตกต่างกัน

คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้านอกจากจะสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้แล้ว ยังมีอันตรายต่อมนุษย์ด้วย เช่น ถ้ามนุษย์ได้รับรังสีอัลตราไวโอเลตมากเกินไปอาจจะทำให้เกิดมะเร็งผิวหนังได้ หรือถ้ารับแสงแกมมาซึ่งเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีพลังงานสูงและสามารถทะลุผ่านเซลล์ เนื้อเยื่อ และอวัยวะได้จะทำให้เกิดความเสียหายต่อเนื้อเยื่อหรืออาจทำให้เสียชีวิตได้เมื่อได้รับรังสีแกมมาในปริมาณสูง

วัตถุประสงค์การเรียนรู้

เมื่อผู้เรียนได้รับความรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้

ด้านความรู้ (K)

1. ผู้เรียนสามารถบอกความหมายและสเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

ด้านกระบวนการ (P)

2. ผู้เรียนสามารถนำเสนอประโยชน์และอันตรายจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในชีวิตประจำวัน

ด้านคุณลักษณะ (A)

3. ผู้เรียนมีเจตคติที่ดีต่อการเรียนรู้เรื่องคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

สาระการเรียนรู้

คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เกิดจากการรบกวนทางแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic disturbance) โดยการทำให้สนามไฟฟ้าหรือสนามแม่เหล็กมีการเปลี่ยนแปลง เมื่อสนามไฟฟ้ามีการเปลี่ยนแปลงจะเหนี่ยวนำให้เกิดสนามแม่เหล็ก หรือถ้าสนามแม่เหล็กมีการเปลี่ยนแปลงก็จะเหนี่ยวนำให้เกิดสนามไฟฟ้า คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นคลื่นตามขวาง ประกอบด้วยสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กที่มีการสั่นในแนวตั้งฉากกัน และอยู่บนระนาบตั้งฉากกับทิศการเคลื่อนที่ของ คลื่น คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นคลื่นที่เคลื่อนที่โดยไม่อาศัยตัวกลาง จึงสามารถเคลื่อนที่ในสุญญากาศได้

สเปกตรัม (Spectrum) ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจะประกอบด้วยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความถี่และความยาวคลื่นแตกต่างกัน ซึ่งครอบคลุมตั้งแต่ คลื่นแสงที่ตามองเห็น อัลตราไวโอเลต อินฟราเรด คลื่นวิทยุ โทรทัศน์ ไมโครเวฟ รังสีเอ็กซ์ รังสีแกมมา เป็นต้น ดังนั้นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า จึงมีประโยชน์มากในการสื่อสารและโทรคมนาคม และทาง การแพทย์

แสงที่ตามองเห็น (visible light) มีความยาวคลื่นในสุญญากาศประมาณ 380-750 นาโนเมตร หากเรียงลำดับจาก ความถี่และพลังงานของคลื่นแสงมาก ไปหา ความถี่และพลังงานของคลื่นแสงน้อย และจาก น้อย ไปหาความยาวคลื่นมาก จะเรียงได้ดังนี้ ม่วง > คราม > น้ำเงิน > เขียว > เหลือง > ส้ม > แดง เมื่อแสงสีต่างๆ เคลื่อนที่ผ่านตัวกลางชนิดต่างๆ อัตราเร็วและความยาวคลื่นของแสง จะเปลี่ยนแปลง แต่ความถี่ของคลื่นแสงแต่ละสี จะคงที่ไม่เปลี่ยนแปลง โดยคลื่นแสงที่มีความถี่และพลังงานมาก จะหักเหได้มากกว่าคลื่นแสงที่มีความถี่ และพลังงานน้อยกว่า

รังสีอินฟราเรด (infrared) หมายถึง สเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ที่มีความถี่ต่ำกว่าแสงสีแดง มีประโยชน์และสมบัติดังนี้

1. วัตถุร้อนจะแผ่รังสีอินฟราเรดที่มีความยาวคลื่นสั้นกว่า 100 ไมโครเมตร
2. รังสีอินฟราเรดสามารถทะลุผ่านเมฆหมอกที่หนาทึบ ได้มากกว่าแสงธรรมดา
3. ใช้ในการถ่ายภาพพื้นโลกจากดาวเทียม เพื่อการศึกษาการแปรสภาพของป่าไม้

การอพยพเคลื่อนย้ายที่ของฝูงสัตว์

4. ใช้ในระบบควบคุมรีโมทคอนโทรล

5. ใช้ในการส่งสัญญาณด้วยเส้นใยนำแสง

6. ภาพที่ถ่ายด้วยกล้องถ่ายภาพรังสีอินฟราเรด บริเวณที่เป็นสีดำหรือสีน้ำเงิน จะเป็นบริเวณที่อุณหภูมิต่ำ ส่วนบริเวณที่เป็นสีขาวหรือสีแดง จะเป็นบริเวณที่มีอุณหภูมิสูง

รังสีอัลตราไวโอเลต (ultraviolet) หมายถึง คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีค่าความถี่สูงกว่าแสงสีม่วง มีประโยชน์และสมบัติดังนี้

1. ช่วยในการสร้างวิตามินดี ที่ช่วยในการดูดซับแคลเซียมให้แก่ร่างกาย

2. ใช้ตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงเอกสาร เช่น ธนบัตร ลายมือชื่อในสมุดธนาคาร

3. ใช้ฆ่าเชื้อโรคในโรงพยาบาล หรือโรงงานอุตสาหกรรมอาหาร

4. ใช้ในการตรวจพิสูจน์สารคัดหลั่งจากร่างกาย เช่น คราบเลือด คราบอสุจิ ปัสสาวะ เหงื่อ น้ำลาย

5. ใช้ในการหลอกล่อแมลงเพื่อช่วยในการผสมเกสรดอกไม้

แต่การได้รับรังสีอัลตราไวโอเลตในปริมาณมาก อาจก่อให้เกิดมะเร็งผิวหนัง และทำให้ดีเอ็นเอถูกทำลาย

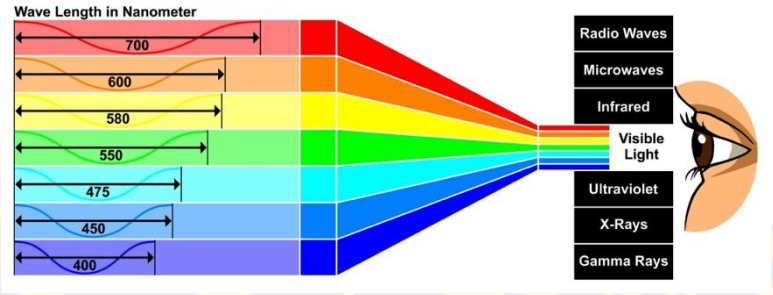
คลื่นวิทยุ (radio wave) เป็นสเปกตรัมหนึ่งในคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ที่มีความถี่น้อยที่สุด มีความยาวคลื่นในสุญญากาศมากที่สุด คลื่นวิทยุที่ใช้ในการรับส่งสัญญาณวิทยุ และโทรทัศน์มี 2 ระบบ ได้แก่

1. คลื่นวิทยุระบบเอเอ็ม เป็นการผสมคลื่นวิทยุ (คลื่นพาหะ) กับคลื่นเสียง โดยสัญญาณเสียงจะบังคับให้แอมพลิจูดของคลื่นพาหะเปลี่ยนแปลงไป แต่ความถี่เท่าเดิม สามารถสะท้อนในชั้นบรรยากาศไอโอโนสเฟียร์ได้ดี แต่มีคลื่นรบกวนได้ง่ายกว่าคลื่นวิทยุระบบเอฟเอ็ม

2. คลื่นวิทยุระบบเอฟเอ็ม เป็นการผสมสัญญาณเสียงเข้ากับคลื่นวิทยุ (คลื่นพาหะ) โดยให้ความถี่ของคลื่นพาหะเปลี่ยนแปลง แต่แอมพลิจูดเท่าเดิม คลื่นวิทยุระบบเอฟเอ็มซึ่งมีความถี่สูงจะมีการสะท้อนที่ชั้นไอโอโนสเฟียร์น้อย ถ้าต้องการส่งกระจายเสียงด้วยระบบเอฟเอ็มให้ครอบคลุมพื้นที่ จะต้องมีสถานีถ่ายทอดเป็นระยะๆ และผู้รับต้องตั้งสายอากาศให้สูงเพื่อรับสัญญาณ

ไมโครเวฟ (microwave) เป็นสเปกตรัมหนึ่งของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ที่มีความถี่ระหว่างคลื่นวิทยุกับรังสีอินฟราเรด นำไปใช้ประโยชน์ในการโทรคมนาคม เช่น ใช้ในการรับ-ส่งสัญญาณดาวเทียม ใช้ในระบบเรดาร์ตรวจจับวัตถุเคลื่อนที่ เช่น เครื่องบิน เรือดำน้ำ ใช้ในเตาไมโครเวฟ โดยทำให้โมเลกุลของน้ำ และน้ำมันในอาหาร เกิดการสั่นจนกลายเป็นความร้อนในการปรุง หรืออุ่นอาหาร

รังสีเอ็กซ์ (X-ray) และ รังสีแกมมา (gamma) เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่เกิดจากกระบวนการภายในอะตอมและนิวเคลียส นำมาใช้ในทางการแพทย์เพื่อวินิจฉัยโรค และศึกษาการทำงานของอวัยวะภายในร่างกาย



กิจกรรมการเรียนรู้

รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบ 5E

1. ขั้นสร้างความสนใจ (คาบเรียนที่ 1: 50 นาที)

1.1 ผู้สอนแจ้งจุดประสงค์การเรียนให้ผู้เรียนทราบ

1.2 ผู้สอนทบทวนเรื่องคลื่นกล โดยการเปิดสื่อแอนิเมชันประกอบการเรียนชุด magic of mechanics wave อีกครั้ง

1.3 ผู้สอนเชื่อมโยงเข้าสู่บทเรียนโดยวาดทิศทางการเหนี่ยวนำที่ทำให้เกิดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า และตั้งคำถามกับผู้เรียนดังนี้

1.3.1 ผู้เรียนคิดว่าคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ากับคลื่นกลมีความแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร (แนวคำตอบ: แตกต่างกัน ทิศทางและการเกิดของคลื่นทั้งสองต่างกัน)

1.3.2 ผู้เรียนคิดว่าคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจำเป็นต้องอาศัยตัวกลางในการเคลื่อนที่หรือไม่ (แนวคำตอบ: ผู้เรียนตอบตามความคิดของตนเอง)

1.4 ผู้สอนเฉลยว่าคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าไม่จำเป็นต้องอาศัยตัวกลางในการเคลื่อนที่ และเชื่อมโยงเข้าสู่บทเรียนเกี่ยวกับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าตามสไลด์ canva ที่ผู้สอนเตรียมไว้ แล้วใช้คำถามต่อไปนี้

1.4.1 คลื่นน้ำเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าหรือไม่ (แนวคำตอบ: ไม่เป็น)

1.4.2 แสงเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าหรือไม่ (แนวคำตอบ: เป็น)

1.4.3 ระหว่างคลื่นน้ำและแสง คลื่นใดไม่ต้องอาศัยตัวกลางในการเคลื่อนที่ (แนวคำตอบ: แสง)

1.5 ผู้สอนตั้งคำถามเปิดประเด็นว่า แสงที่ตาเรามองเห็นนั้น จริง ๆ แล้วมีหลายสี ผู้เรียนทราบหรือไม่ว่าแสงมีกี่สี (แนวคำตอบ: ผู้เรียนตอบตามความคิดของตนเอง)

1.6 ผู้สอนเฉลยว่าแสงมี 7 สี และแสง 7 สีนั้นถูกรวมกันเป็นแสงสีขาว

1.7 ผู้สอนชี้แนะให้ผู้เรียนหาข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับประเภทของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและมาทำกิจกรรมในคาบเรียนถัดไป

2. ขั้นสำรวจและค้นหา (คาบเรียนที่ 2: 25 นาที)

2.1 ผู้สอนทบทวนความรู้เรื่องความหมายของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าให้ผู้เรียนอีกครั้ง และเชื่อมโยงบทเรียนเรื่องประเภทของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าต่อไป

2.2 ผู้สอนแจกฉลากให้กับผู้เรียนแต่ละคน ซึ่งจะมีฉลากที่แตกต่างกันทั้งหมด 7 ใบ ดังนี้

2.2.1 คลื่นวิทยุ

2.2.2 คลื่นไมโครเวฟ

2.2.3 รังสีอินฟาเรด

2.2.4 แสง

2.2.5 รังสีอัลตราไวโอเลต

2.2.6 รังสีเอ็กซ์

2.2.7 รังสีแกมมา

2.2 ผู้สอนแบ่งกลุ่มผู้เรียนกลุ่มละ 7 คน โดยแต่ละกลุ่มต้องมีฉลากที่ต่างกัน 7 ใบ ผู้เรียนระดมความคิด หาข้อมูลเกี่ยวกับข้อความของตน โดยขอบเขตเนื้อหาต้องประกอบไปด้วยความยาวคลื่น ความถี่คลื่น ประโยชน์และโทษของคลื่นนั้น ๆ ให้เวลาผู้เรียน 20 นาที

2.3 หลังจากผู้เรียนสืบค้นข้อมูลเรียบร้อยแล้ว ก็ให้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มสรุปข้อมูลไว้ในกระดาษ

3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (คาบเรียนที่ 2: 25 นาที)

3.1 หลังจากผู้เรียนแต่ละกลุ่มค้นหาข้อมูลเรียบร้อย ผู้สอนจะให้ผู้เรียนเรียงลำดับตำแหน่งของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่แต่ละกลุ่มได้รับ โดยจะต้องเรียงลำดับความยาวคลื่นมากไปความยาวคลื่นน้อย หรือความถี่น้อยไปความถี่มาก ลงในใบกิจกรรม

3.2 ผู้สอนและผู้เรียนร่วมกันอภิปรายผลกิจกรรมการเรียนรู้ ได้ข้อสรุปดังนี้

สเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจะประกอบด้วยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความถี่และความยาวคลื่นแตกต่างกัน ซึ่งครอบคลุมตั้งแต่ คลื่นแสงที่ตามองเห็น อัลตราไวโอเลต อินฟราเรด คลื่นวิทยุ ไมโครเวฟ รังสีเอ็กซ์ รังสีแกมมา โดยแต่ละคลื่นมีค่าความยาวคลื่น ดังนี้

3.2.1 รังสีแกมมา (Gamma ray) ความยาวคลื่นน้อยกว่า 0.01 nm

3.2.2 รังสีเอ็กซ์ (X-ray) มีความยาวคลื่น 0.01 - 1 nm

3.3.3 รังสีอุลตราไวโอเล็ต (Ultraviolet radiation) มีความยาวคลื่น 1 - 400 nm

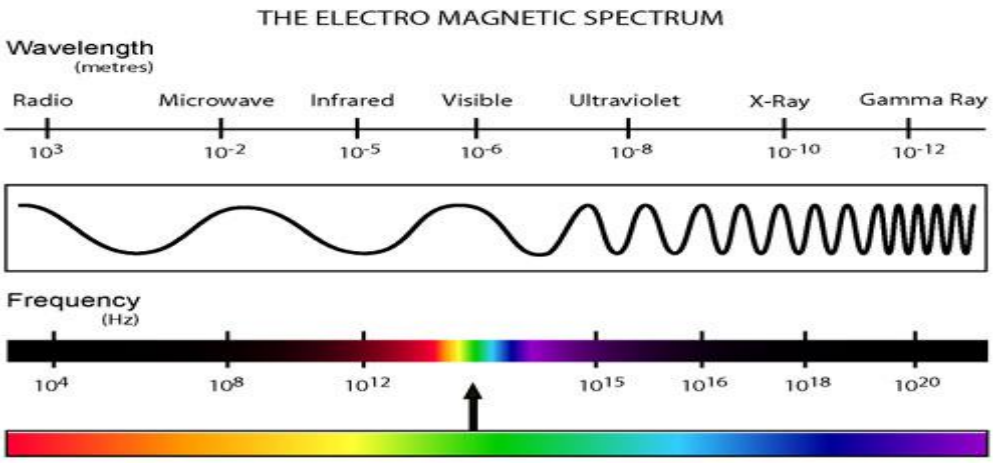
3.3.4 แสงที่ตามองเห็น (Visible light) มีความยาวคลื่น 400 – 700 nm

3.3.5 รังสีอินฟราเรด (Infrared radiation) มีความยาวคลื่น 700 nm – 1 mm

3.3.6 คลื่นไมโครเวฟ (Microwave) มีความยาวคลื่น 1 mm – 10 cm

3.3.7 คลื่นวิทยุ (Radio wave) ความยาวคลื่นมากกว่า 10 cm

ซึ่งสามารถเรียงลำดับจากความยาวคลื่นมากไปความยาวคลื่นน้อย หรือความถี่น้อยไปความถี่มากได้ ดังนี้



4. ขั้นขยายความรู้ (คาบเรียนที่ 3: 50 นาที)

4.1 ผู้สอนอธิบายและให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ผ่านสื่อแอนิเมชันประกอบการเรียนชุด สเปกตรัม 7 สี คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าส่องแสง ที่ผู้สอนสร้างขึ้น

4.2 ผู้สอนแจกกระดาษ A4 ให้ผู้เรียนทำสรุปความรู้เกี่ยวกับประโยชน์และอัตรายของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าแต่ละประเภทให้ได้มากที่สุด ผู้เรียนสามารถออกแบบการสรุปตามความคิดสร้างสรรค์ของตนและส่งท้ายคาบเรียน

5. ขั้นประเมินผล

5.1 สังเกตพฤติกรรมของผู้เรียนขณะทำการสืบค้นข้อมูล และการนำเสนอหัวข้อของตน

5.2 สังเกตจากการตอบคำถามในชั้นเรียน

5.3 สังเกตจากการทำสรุปของผู้เรียน

สื่อการสอน

1. สไลด์ canva
2. หนังสือเรียนวิทยาศาสตร์ ม.3 สสวท.
3. สื่อแอนิเมชันประกอบการเรียนชุด สเปกตรัม 7 สี คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าส่องแสง
4. กระดาษ A4
5. ใบกิจกรรม

การวัดและประเมิน

สิ่งที่ต้องการวัด/ประเมินผล	วิธีวัด/ประเมินผล	เครื่องมือวัด/ประเมินผล	เกณฑ์การประเมินผล
ด้านความรู้ (K) 1. ผู้เรียนสามารถบอกความหมายและสเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า	1. ตรวจสอบความถูกต้องและความครบถ้วนจากใบกิจกรรมของผู้เรียน	1. ใบกิจกรรม	1. ผู้เรียนสามารถทำใบกิจกรรมได้อยู่ในระดับดีขึ้นไปถือว่าผ่านเกณฑ์
ด้านทักษะกระบวนการ (P) 1. ผู้เรียนสามารถนำเสนอประโยชน์และอันตรายจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในชีวิตประจำวัน	1. ประเมินจากการทำกิจกรรมในห้องเรียน	1. สรุปของผู้เรียน	1. ผู้เรียนสามารถสรุปได้อยู่ในระดับดีขึ้นไปถือว่าผ่านเกณฑ์
ด้านคุณลักษณะ (A) 1. ผู้เรียนมีเจตคติที่ดีต่อการเรียนรู้เรื่องคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า	1. ประเมินจากการทำกิจกรรมในห้องเรียน	1. แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียน	1. ให้คะแนนในระดับดีขึ้นไป

เกณฑ์การประเมินผลงานผู้เรียน

ประเด็นการประเมิน	ค่าน้ำหนักคะแนน	แนวทางการให้คะแนน
ด้านความรู้ (K)	3	ทำใบกิจกรรมเรื่องสเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าได้ถูกต้อง
	2	ทำใบกิจกรรมเรื่องสเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าได้ แต่มีผิดพลาดเล็กน้อย
	1	ทำใบกิจกรรมเรื่องสเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าได้ แต่มีผิดพลาดเป็นส่วนมาก
	0	ทำใบกิจกรรมเรื่องสเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าไม่ถูกต้องเลย
ด้านกระบวนการ (P)	3	สรุปเรื่องประโยชน์และอันตรายจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าได้ถูกต้อง
	2	สรุปเรื่องประโยชน์และอันตรายจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าได้แต่ผิดพลาดเล็กน้อย
	1	สรุปเรื่องประโยชน์และอันตรายจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าได้แต่ผิดพลาดเป็นส่วนมาก
	0	ไม่สรุปเรื่องประโยชน์และอันตรายจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

เกณฑ์การให้คะแนน

3 คะแนน หมายถึง ระดับดีมาก

2 คะแนน หมายถึง ระดับดี

1 คะแนน หมายถึง ระดับพอใช้

0 คะแนน หมายถึง ระดับควรปรับปรุง

แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้

ที่	ชื่อ - สกุล	คะแนนพฤติกรรม		รวม
		ปฏิบัติงานที่ได้รับมอบหมายด้วยความตั้งใจและใส่ใจรายละเอียด	ทำงานร่วมกับผู้อื่นในชั้นเรียนได้	10
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
.				
.				
.				
40				

เกณฑ์แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้

รายการประเมิน	คำอธิบายระดับคุณภาพ/ระดับคะแนน				
	ดีมาก (5)	**ดี (4)**	**พอใช้ (3)**	**น้อย (2)**	**ควรปรับปรุง (1)**
3.ปฏิบัติงานที่ได้รับมอบหมายด้วยความตั้งใจและใส่ใจรายละเอียด	ปฏิบัติงานที่ได้รับมอบหมายได้อย่างถูกต้องและครบถ้วน 100%	ปฏิบัติงานที่ได้รับมอบหมายได้อย่างถูกต้องและครบถ้วน 80%	ปฏิบัติงานที่ได้รับมอบหมายได้อย่างถูกต้องและครบถ้วน 60%	ปฏิบัติงานที่ได้รับมอบหมายได้อย่างถูกต้องและครบถ้วน 40%	ปฏิบัติงานที่ได้รับมอบหมายได้อย่างถูกต้องและครบถ้วน 20%
4.ทำงานร่วมกับผู้อื่นในชั้นเรียนได้	สมาชิกในกลุ่มมีหน้าที่ทำงานทุกคน	สมาชิกในกลุ่มมีหน้าที่ทำงาน 80%	สมาชิกในกลุ่มมีหน้าที่ทำงาน 60%	สมาชิกในกลุ่มมีหน้าที่ทำงาน 40%	สมาชิกในกลุ่มมีหน้าที่ทำงาน 20%

เกณฑ์การตัดสินพฤติกรรม (คะแนนอยู่ในช่วงเกณฑ์ดีขึ้นไปถือว่าผ่าน)

ช่วงคะแนน	ระดับคุณภาพ
10 - 8	ดีมาก
7 - 5	ดี
4 - 0	พอใช้

บันทึกผลหลังจัดการเรียนรู้

1.1 ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจ (K)

.....

.....

1.2 ผู้เรียนมีความรู้เกิดทักษะ (P)

.....

.....

1.3 ผู้เรียนมีเจตคติ ค่านิยม คุณธรรมและจริยธรรม (A)

.....

.....

1.4 ผู้เรียนจำนวน ..... คน

ผ่านจุดประสงค์การเรียนรู้ ..... คน คิดเป็นร้อยละ .....

ไม่ผ่านจุดประสงค์การเรียนรู้ ..... คน คิดเป็นร้อยละ .....

2. ปัญหา/อุปสรรค

.....

.....

3. ข้อเสนอแนะ/แนวทางแก้ไข

.....

.....

ลงชื่อ.....

(นางสาวเพ็ญพิมล บุญชู)

ครูผู้สอน

...../ ...../.....

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี **ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3**
รายวิชา วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี **ภาคเรียนที่ 2/2567**
หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 คลื่นและแสง **เวลาที่สอน 6 คาบ**
เรื่อง การสะท้อนของแสง **ผู้สอน เพ็ญพิมล บุญชู**

มาตรฐานการเรียนรู้

มาตรฐาน ว 2.3 เข้าใจความหมายของพลังงาน การเปลี่ยนแปลงและการถ่ายโอนพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสสารและพลังงาน พลังงานในชีวิตประจำวัน ธรรมชาติของคลื่น ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเสียง แสง และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ตัวชี้วัด

ตัวชี้วัด ม.3/13 ออกแบบการทดลองและดำเนินการทดลองด้วยวิธีที่เหมาะสมในการอธิบายกฎการสะท้อนของแสง

ตัวชี้วัด ม.3/14 เขียนแผนภาพการเคลื่อนที่ของแสง แสดงการเกิดภาพจากกระจกเงา

สาระสำคัญ

แสงเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่อยู่ในช่วงความถี่ที่เราสามารถมองเห็นได้และทำให้มองเห็นวัตถุได้เมื่อมีแสงจากวัตถุนั้น ๆ เข้าตา
แสงเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงในตัวกลางเดียวกัน เมื่อแสงตกกระทบวัตถุจะเกิดการสะท้อนซึ่งเป็นไปตามกฎการสะท้อนของแสง การสะท้อนของแสงทำให้เกิดภาพได้โดยภาพเกิดจากการรวมกันของแสงสะท้อน ถ้าแสงสะท้อนรวมกันจริงทำให้เกิดภาพจริง แต่ถ้าแสงสะท้อนไม่รวมกันแต่เสมือนว่ารวมกันจะเกิดภาพเสมือน

วัตถุประสงค์การเรียนรู้

เมื่อผู้เรียนได้รับความรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้

ด้านความรู้ (K)

1. ผู้เรียนสามารถอธิบายกฎการสะท้อนของแสง

ด้านกระบวนการ (P)

2. ผู้เรียนสามารถเขียนแผนภาพส่วนประกอบรังสีของแสง

3. ผู้เรียนสามารถเขียนภาพที่เกิดจากกระจกเงาราบและกระจกเงาโค้ง

ด้านคุณลักษณะ (A)

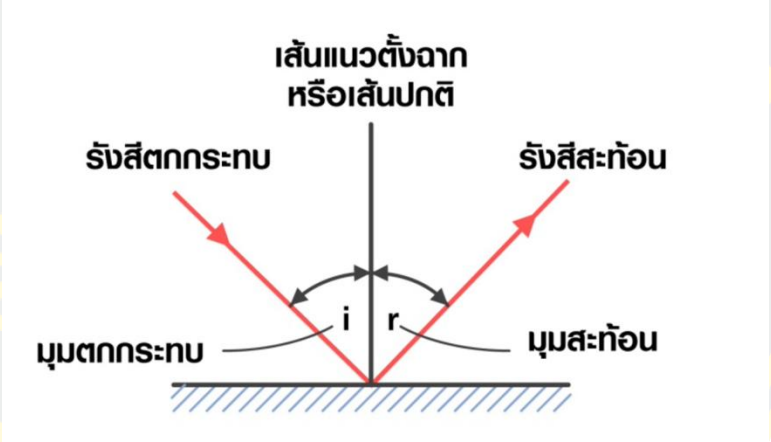
4. ผู้เรียนมีเจตคติที่ดีต่อการเรียนรู้เรื่องการสะท้อนของแสง

สาระการเรียนรู้

การสะท้อนแสง เป็นสมบัติชนิดหนึ่งในสมบัติหลายประการของแสง เช่น การหักเห ถ้าแสงเดินทางไปในตัวกลางเนื้อเดียวกัน แสงจะเดินทางเป็นเส้นตรงเสมอ และเมื่อลำแสงเดินทางจากตัวกลางหนึ่งเข้าสู่อีกตัวกลางหนึ่ง แสงบางส่วนจะสะท้อนกลับที่ผิวรอยต่อระหว่างตัวกลางทั้งสองและบางส่วนจะหักเหเข้าสู่ตัวกลางใหม่ แต่ถ้าตัวกลางใหม่เป็นวัตถุที่ทึบแสงผิวเรียบและเป็นมันเงา แสงเกือบทั้งหมดจะสะท้อนกลับ ซึ่งเป็นไปตามกฎการสะท้อนของแสง

กฎการสะท้อนแสง มีอยู่ 2 ข้อ คือ

1. รังสีตกกระทบ รังสีสะท้อน และเส้นแนวตั้งฉากหรือเส้นปกติจะอยู่ในในระนาบเดียวกัน
2. มุมตกกระทบเท่ากับมุมสะท้อน



- รังสีตกกระทบ คือ รังสีของแสงที่พุ่งเข้ากระจกหรือพื้นผิววัตถุ
- รังสีสะท้อน คือ รังสีของแสงที่พุ่งออกจากกระจกหรือพื้นผิววัตถุ
- เส้นแนวตั้งฉากหรือเส้นปกติ คือ เส้นที่ตั้งฉากกับกระจกตรงจุดที่แสงตกกระทบ
- มุมตกกระทบ คือ มุมที่รังสีตกกระทบทำกับเส้นปกติ
- มุมสะท้อน คือ มุมที่รังสีสะท้อนทำกับเส้นปกติ

การสะท้อนแสงบนกระจกเงาระนาบ

กระจกเงาระนาบ คือ กระจกแบนราบซึ่งด้านหนึ่งสะท้อนแสง หลักการสะท้อนแสงจากกระจกเงานำไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน เช่น การดูภาพในกระจกเงาราบ คนขับรถมองถนนด้านหลังจากกระจกมองหลังหรือกระจกมองข้าง ภาพที่เกิดในกระจกเงาระนาบ มีลักษณะดังนี้

- เป็นภาพเสมือนหัวตั้ง อยู่หลังกระจก
- มีระยะวัตถุเท่ากับระยะภาพ ขนาดของวัตถุเท่ากับขนาดของภาพ
- มีลักษณะกลับซ้ายเป็นขวากับวัตถุ

ภาพ มี 2 ชนิด คือ

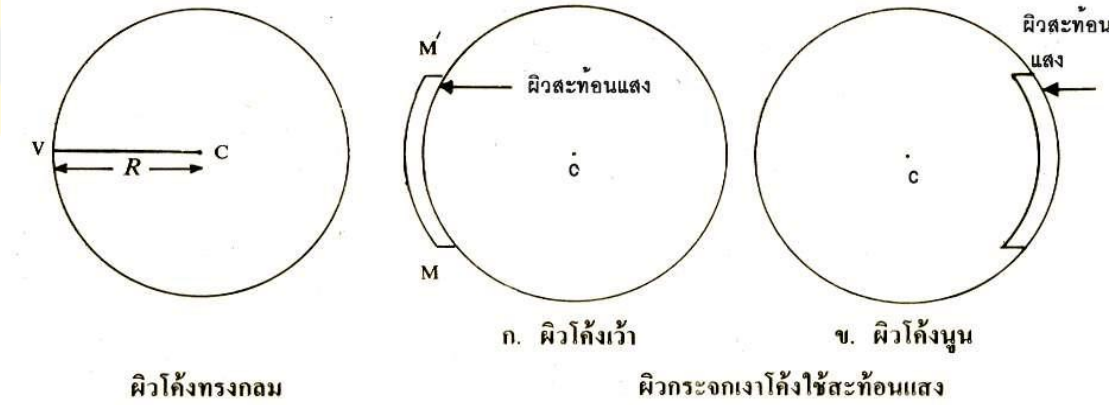
1. ภาพจริง เกิดจากแสงสะท้อนหรือแสงหักเหมาตัดกันจริงๆ ณ จุดที่เกิดภาพ ภาพจริงมีลักษณะหัวกลับเอาฉากรับภาพได้ เกิดอยู่หน้ากระจกหรือหลังเลนส์ เช่น ภาพจริงที่เกิดจากกระจกเว้าและเลนส์นูน

2. ภาพเสมือน เกิดจากการต่อแนวของแสงสะท้อนหรือแสงหักเหไปในทิศตรงข้ามไปตัดกัน ณ จุดที่เกิดภาพเสมือน ภาพเสมือนมองเห็นด้วยตา แต่เอาฉากรับภาพไม่ได้ และมีลักษณะหัวตั้งเสมอ เกิดที่หลังกระจกหรือหน้าเลนส์ เช่น ภาพเสมือนที่เกิดจากกระจกเงาระนาบ กระจกนูน เลนส์เว้า

กระจกโค้ง ชนิดของกระจกโค้ง กระจกโค้งแบ่งออกเป็น 2 ชนิด ดังนี้

1. กระจกโค้งออกหรือกระจกนูน (Convex mirror) คือกระจกโค้งที่มีผิวสะท้อนแสงอยู่ ด้านนอกของส่วนโค้ง ส่วนผิวด้านเว้าถูกฉาบด้วยปรอท

2. กระจกโค้งเข้าหรือกระจกเว้า (Concave mirror) คือ กระจกโค้งที่มีผิวสะท้อนแสงอยู่ด้านในของส่วนโค้ง ส่วนผิวด้านเว้าถูกฉาบด้วยปรอท

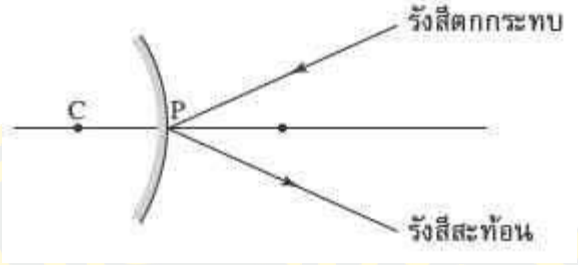


จากรูป

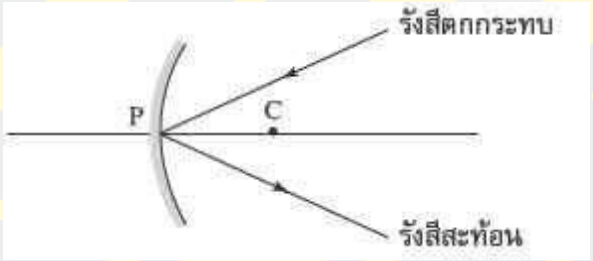
- จุด C คือ จุดศูนย์กลางของทรงกลมซึ่งเป็นจุดศูนย์กลางของความโค้ง ของกระจกด้วย
- จุด R คือ รัศมีของทรงกลม เรียกว่า รัศมีความโค้งของกระจก
- จุด V คือ จุดที่อยู่บริเวณกึ่งกลางของผิวกระจกโค้ง เรียกว่า ขั้วกระจก
- VCV คือ เส้นตรงกลางที่ลากผ่านขั้วกระจกและจุด C เรียกว่า เส้นแกนมุขสำคัญ

การสะท้อนของแสงจากกระจกผิวโค้ง

1. กระจกนูน คือ กระจกที่รังสีตกกระทบและรังสีสะท้อนอยู่คนละด้านกับจุดศูนย์กลางความโค้ง



2. กระจกเว้า คือ กระจกที่รังสีตกกระทบและรังสีสะท้อนอยู่ด้านเดียวกับจุดศูนย์กลางความโค้ง



3. กระจกนูนเป็นกระจกกระจายแสง ถ้าให้รังสีตกกระทบขนานกับแกนมุขสำคัญ รังสีแสงจะถ่างออก หรือกระจายออก โดยรังสีแสงขนานสะท้อนในทิศที่เสมือนกับมาจากจุดโฟกัสของกระจกนูน

4. กระจกเว้าเป็นกระจกรวมแสง ถ้าให้รังสีตกกระทบขนานกับแกนมุขสำคัญ รังสีที่สะท้อนออกจาก กระจกจะลู่ไปรวมกันที่จุดจุดหนึ่งเรียกว่า จุดโฟกัส

การเกิดภาพจากกระจกโค้ง

1. ภาพที่เกิดจากกระจกโค้ง เกิดจากการสะท้อนของแสงและภาพที่เกิดบนฉากเรียกว่า ภาพจริง ภาพจริงจะมีลักษณะหัวกลับกับวัตถุ ส่วนภาพที่ปรากฏในกระจกโค้งที่เป็นภาพหัวตั้ง และเอาฉากรับ ไม่ได้เรียกว่า ภาพเสมือน กระจกเว้าสามารถให้ทั้งภาพจริงและภาพเสมือน ส่วนกระจกนูนนั้นให้ ภาพเสมือนเพียงอย่างเดียว เมื่อวัตถุอยู่ไกล ๆ เราถือว่าแสงจากวัตถุเป็นรังสีขนาน และเมื่อรังสีตกกระทบ กระจกเว้าจะสะท้อนไปรวมกันที่จุดโฟกัสซึ่งเป็นตำแหน่งภาพ ดังนั้นระยะจากกระจกเว้าถึงตำแหน่งภาพก็ คือความยาวโฟกัสของกระจกเว้านั้นเอง

2. การเขียนทางเดินของแสงเพื่อหาตำแหน่งและลักษณะของภาพที่เกิดจากการสะท้อนบนกระจกโค้ง มีขั้นตอนดังนี้

1) จากจุดปลายของวัตถุ ลากเส้นตรงขนานกับแกนมุขสำคัญไปตกกระทบ ผิวกระจกแล้ว สะท้อนผ่านจุดโฟกัสของกระจกเว้า แต่ถ้าเป็นกระจกนูนแนวรังสีสะท้อนจะเสมือนผ่านจุดโฟกัส

2) จากปลายของวัตถุจุดเดียวกับข้อ 1 ลากเส้นตรงผ่านจุดศูนย์กลางความโค้งของกระจก แล้วสะท้อนกลับทางเดิม

3) ตำแหน่งที่รังสีสะท้อนไปตัดกันจะเป็นตำแหน่งของภาพจริง ส่วนตำแหน่งที่รังสีสะท้อนที่เสมือนไปตัดกันจะเป็นตำแหน่งของภาพเสมือน

ประโยชน์ของกระจกโค้ง

ในชีวิตประจาวันเราได้รับประโยชน์จากการใช้กระจกโค้งในหลาย ๆ ด้านดังนี้

1. กระจกนูน นามาใช้ประโยชน์โดยติดรถยนต์ รถจักรยานยนต์ เพื่อดูรถด้านหลัง ภาพที่เห็น จะอยู่ในกระจกระยะใกล้กว่า เนื่องจากกระจกนูนให้ภาพเสมือนหัวตั้งเล็กกว่าวัตถุเสมอ และช่วยให้เห็น มุมมองของภาพกว้างขึ้นอีกด้วย นอกจากนี้กระจกนูนยังใช้ติดตั้งบริเวณทางเลี้ยวเพื่อช่วยให้มองเห็นรถยนต์ ที่วิ่งสวนทางมา

2. กระจกเว้า นามาใช้ประกอบกับกล้องจุลทรรศน์ เพื่อช่วยรวมแสงไปตกที่แผ่นสไลด์ ทำให้มองเห็นภาพได้ชัดเจนขึ้น ทำกล้องโทรทัศน์ชนิดสะท้อนแสง กล้องโทรทัศน์วิทยุ ทำเตาสุริยะ ทำจานดาวเทียม เพื่อรับสัญญาณโทรทัศน์ ทำจานรับเรดาร์ นอกจากนี้สมบัติอย่างหนึ่งของกระจกเว้าคือ เมื่อนามาส่องดูวัตถุใกล้ๆ โดยให้ระยะวัตถุน้อยกว่าระยะโฟกัสแล้ว จะได้ภาพเสมือนหัวตั้ง ขนาดใหญ่กว่าวัตถุ อยู่ข้างหลังกระจก จึงได้นำสมบัติข้อนี้ของกระจกเว้ามาใช้ทำกระจกสำหรับโกนหนวด หรือกระจกแต่งหน้า และใช้ทำกระจกสำหรับทันตแพทย์ใช้ตรวจฟันคนไข้

กิจกรรมการเรียนรู้

รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบ 5E

1. ขั้นสร้างความสนใจ (คาบเรียนที่ 1: 30 นาที)

1.4 ผู้สอนแจ้งจุดประสงค์การเรียนให้ผู้เรียนทราบ

1.5 ผู้สอนกระตุ้นผู้เรียนโดยการนำแผ่นฟิวเจอร์บอร์ดสีดำมาเป็นฉากรับ และใช้แสงเลเซอร์สีแดงยิงไปที่ฉากรับนั้น ให้ผู้เรียนสังเกตเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น

1.6 ผู้สอนเชื่อมโยงเข้าสู่บทเรียนโดยตั้งคำถามกับผู้เรียนดังนี้

1.3.1 ผู้เรียนคิดว่าเกิดคุณสมบัติของแสงใดกับแสงเลเซอร์สีแดงที่ยิงลงไปบนฉากรับ (แนวคำตอบ: การสะท้อนของแสง)

1.3.2 ผู้เรียนคิดว่าเส้นที่ตกกระทบกับฉากกับเส้นที่สะท้อนออกจากฉากมีมุมเท่ากันหรือไม่ (แนวคำตอบ: ผู้เรียนตอบตามความคิดของตนเอง)

1.3.3 ผู้เรียนคิดว่าเส้นที่ตกกระทบกับฉากกับเส้นที่สะท้อนออกจากฉากมีความยาวเท่ากันหรือไม่ (แนวคำตอบ: ผู้เรียนตอบตามความคิดของตนเอง)

1.4 ผู้สอนเฉลยว่ามุมที่เกิดขึ้นระหว่างมุมตกกระทบและมุมสะท้อนนั้นจะมีค่าเท่ากัน แต่ความยาวของเส้นอาจเท่ากันหรือไม่เท่ากันก็ได้ และเชื่อมโยงเข้าสู่บทเรียนเกี่ยวกับกฎการสะท้อนของแสงตามสไลด์ canva ที่ผู้สอนเตรียมไว้

2. ขั้นสำรวจและค้นหา

(คาบเรียนที่ 1: 20 นาที)

2.1 ผู้สอนให้ตัวแทนผู้เรียนทำการทดลองวัดมุมจากแสงเลเซอร์ที่ผู้สอนยิงลงบนฉาก ทั้งฝั่งมุมตกกระทบและฝั่งมุมสะท้อน โดยกำหนดตัวแทน 5 คน ซึ่งในแต่ละครั้งที่ตัวแทนออกมาวัดมุม ผู้สอนจะยิงเลเซอร์ใหม่เสมอ

2.2 ผู้เรียนทุกคนสังเกตไปพร้อม ๆ กับตัวแทนทั้ง 5 คน และบันทึกผลกิจกรรมลงในสมุดเรียน

2.3 ผู้สอนชี้แนะว่าการทดลองนี้เป็นหนึ่งในกฎของการสะท้อน

(คาบเรียนที่ 2: 50 นาที)

2.4 ผู้สอนทบทวนความรู้เรื่องกฎของการสะท้อนแสงให้กับผู้เรียน และเชื่อมโยงบทเรียนเรื่องส่วนประกอบของรังสีของแสงพร้อมกับแจกใบกิจกรรมที่ 1 ให้ผู้เรียน

2.5 ผู้เรียนสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับส่วนประกอบของรังสีของแสง โดยต้องมีข้อมูลได้แก่ ตำแหน่ง ชื่อภาษาไทย ชื่อภาษาอังกฤษ และสัญลักษณ์ของส่วนประกอบนั้น

2.6 ผู้เรียนสืบค้นข้อมูลและทำใบกิจกรรมที่ 1 เสร็จสิ้น

(คาบเรียนที่ 3: 50 นาที)

2.7 ผู้สอนทบทวนความรู้เรื่องส่วนประกอบของรังสีของแสงให้กับผู้เรียน และเชื่อมโยงบทเรียนเรื่องการวาดภาพที่เกิดจากกระจกเงา โดยตั้งคำถามกับผู้เรียนว่า กระจกเงามีกี่ประเภท (แนวคำตอบ: 2 ประเภท คือ กระจกเงาราบ และกระจกเงาโค้ง)

2.8 ผู้สอนเปิดสื่อแอนิเมชันประกอบการเรียนชุด How to reflection part กระจกเงาราบ

2.9 ผู้เรียนทำความเข้าใจ และทำใบกิจกรรมที่ 2 การวาดภาพตามตำแหน่งวัตถุบนกระจกเงาราบ โดยระหว่างทำใบกิจกรรมผู้เรียนสามารถสืบค้นข้อมูลได้จากหนังสือเรียนวิทยาศาสตร์ สสวท. ม.3

(คาบเรียนที่ 4: 50 นาที)

2.10 ผู้สอนทบทวนความรู้เรื่องการวาดภาพที่เกิดจากกระจกเงาราบ และเชื่อมโยงบทเรียนเรื่องการวาดภาพที่เกิดจากกระจกเงาโค้ง โดยผู้สอนตั้งคำถามกับผู้เรียนว่า กระจกเงาโค้งแบ่งออกเป็นกี่ประเภท อะไรบ้าง (แนวคำตอบ: 2 ประเภท คือกระจกเว้า และกระจกนูน)

2.11 ผู้สอนเปิดสื่อแอนิเมชันประกอบการเรียนชุด How to reflection part กระจกเงาโค้ง

2.12 ผู้เรียนทำความเข้าใจ และทำใบกิจกรรมที่ 3 การวาดภาพตามตำแหน่งวัตถุบนกระจกเว้า ที่ได้รับจากผู้สอน โดยระหว่างทำใบกิจกรรมผู้เรียนสามารถสืบค้นข้อมูลได้จากหนังสือเรียนวิทยาศาสตร์ สสวท. ม.3

(คาบเรียนที่ 5: 50 นาที)

2.13 ผู้สอนทบทวนความรู้เรื่องการวาดภาพที่เกิดจากกระจกเว้า และเชื่อมโยงบทเรียนเรื่องการวาดภาพที่เกิดจากกระจกนูน

2.14 ผู้สอนเปิดสื่อแอนิเมชันประกอบการเรียนชุด How to reflection part กระจกเงาโค้ง

2.15 ผู้เรียนทำความเข้าใจ และทำใบกิจกรรมที่ 4 การวาดภาพตามตำแหน่งวัตถุบนกระจกนูน ที่ได้รับจากผู้สอน โดยระหว่างทำใบกิจกรรมผู้เรียนสามารถสืบค้นข้อมูลได้จากหนังสือเรียนวิทยาศาสตร์ สสวท. ม.3

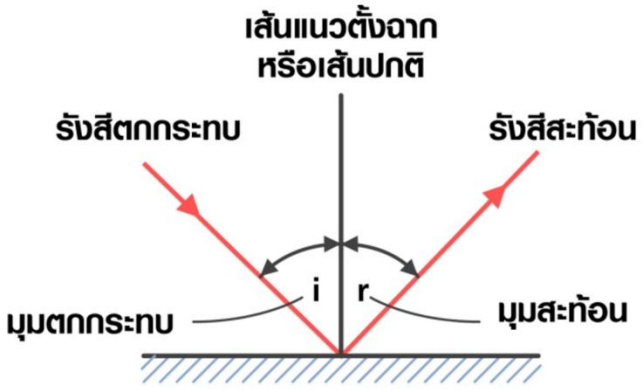
3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (คาบเรียนที่ 6: 30 นาที)

3.1 ผู้สอนอธิบายเพิ่มเติมหลังจากผู้เรียนได้เรียนรู้และทำใบกิจกรรมทุกบทเรียนในเรื่องการสะท้อนของแสง และร่วมกันอภิปรายใบกิจกรรมแต่ละชุด โดยได้ข้อสรุปของแต่ละกิจกรรม ดังนี้

กฎการสะท้อนแสง มีอยู่ 2 ข้อ คือ

1. รังสีตกกระทบ รังสีสะท้อน และเส้นแนวตั้งฉากหรือเส้นปกติจะอยู่ในในระนาบเดียวกัน

2. มุมตกกระทบเท่ากับมุมสะท้อน

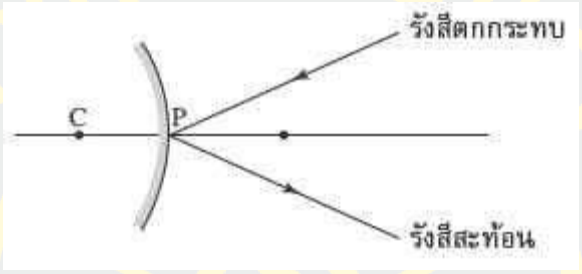


- รังสีตกกระทบ คือ รังสีของแสงที่พุ่งเข้ากระจกหรือพื้นผิววัตถุ

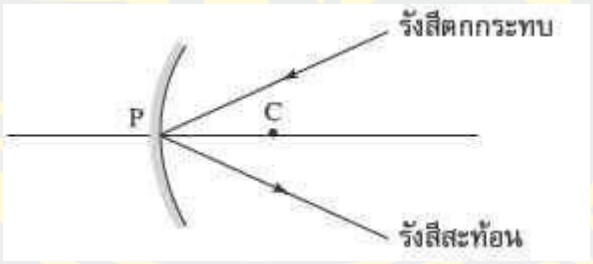
- รังสีสะท้อน คือ รังสีของแสงที่พุ่งออกจากกระจกหรือพื้นผิววัตถุ
- เส้นแนวตั้งฉากหรือเส้นปกติ คือ เส้นที่ตั้งฉากกับกระจกตรงจุดที่แสงตกกระทบ
- มุมตกกระทบ คือ มุมที่รังสีตกกระทบทำกับเส้นปกติ
- มุมสะท้อน คือ มุมที่รังสีสะท้อนทำกับเส้นปกติ

การสะท้อนของแสงจากกระจกผิวโค้ง

1. กระจกนูน คือ กระจกที่รังสีตกกระทบและรังสีสะท้อนอยู่คนละด้านกับจุดศูนย์กลางความโค้ง



2. กระจกเว้า คือ กระจกที่รังสีตกกระทบและรังสีสะท้อนอยู่ด้านเดียวกับจุดศูนย์กลางความโค้ง



3. กระจกนูนเป็นกระจกกระจายแสง ถ้าให้รังสีตกกระทบขนานกับแกนมุขสำคัญ รังสีแสงจะถ่างออก หรือกระจายออก โดยรังสีแสงขนานสะท้อนในทิศที่เสมือนกับมาจากจุดโฟกัสของกระจกนูน

4. กระจกเว้าเป็นกระจกรวมแสง ถ้าให้รังสีตกกระทบขนานกับแกนมุขสำคัญ รังสีที่สะท้อนออกจาก กระจกจะลู่ไปรวมกันที่จุดจุดหนึ่งเรียกว่า จุดโฟกัส

4. ขั้นขยายความรู้ (คาบเรียนที่ 6: 20 นาที)

4.1 ผู้สอนอธิบายและให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับการสะท้อนของแสงผ่านสื่อแอนิเมชันประกอบการเรียนชุด How to reflection ที่ผู้สอนสร้างขึ้น

5. ขั้นประเมินผล

5.1 สังเกตพฤติกรรมของผู้เรียนขณะทำการสืบค้นข้อมูล

5.2 สังเกตจากการตอบคำถามในชั้นเรียน

5.3 สังเกตจากการทำใบกิจกรรมของผู้เรียน

สื่อการสอน

1. ฟิวเจอร์บอร์ดสีดำ กับ เลเซอร์
2. สไลด์ canva
3. หนังสือเรียนวิทยาศาสตร์ ม.3 สสวท.
4. สื่อแอนิเมชันประกอบการเรียนชุด How to reflection
5. กระดาษ A4
6. ใบกิจกรรมที่ 1, 2, 3 และ 4
7. สมุดเรียน

มหาวิทยาลัยบูรพา BURAPHA UNIVERSITY

การวัดและประเมิน

สิ่งที่ต้องการวัด/ประเมินผล	วิธีวัด/ประเมินผล	เครื่องมือวัด/ประเมินผล	เกณฑ์การประเมินผล
ด้านความรู้ (K) 1. ผู้เรียนสามารถอธิบายกฎการสะท้อนของแสง	1. ตรวจสอบความถูกต้องจากผลกิจกรรมในสมุดของผู้เรียน	1. สมุดของผู้เรียน	1. ผู้เรียนสามารถเขียนผลกิจกรรมได้อยู่ในระดับดีขึ้นไปถือว่าผ่านเกณฑ์
ด้านทักษะกระบวนการ (P) 1. ผู้เรียนสามารถเขียนแผนภาพส่วนประกอบรังสีของแสง 2. ผู้เรียนสามารถเขียนภาพที่เกิดจากกระจกเงาราบและกระจกเงาโค้ง	1. ตรวจสอบความถูกต้องจากใบกิจกรรมที่ 1 2. ตรวจสอบความถูกต้องจากใบกิจกรรมที่ 2	1. ใบกิจกรรมที่ 1 2. ใบกิจกรรมที่ 2	1. ผู้เรียนทำใบกิจกรรมได้อยู่ในระดับดีขึ้นไปถือว่าผ่านเกณฑ์ 2. . ผู้เรียนทำใบกิจกรรมได้อยู่ในระดับดีขึ้นไปถือว่าผ่านเกณฑ์
ด้านคุณลักษณะ (A) 1. ผู้เรียนมีเจตคติที่ดีต่อการเรียนรู้เรื่องการสะท้อนของแสง	1. ประเมินจากการทำกิจกรรมในห้องเรียน	1. แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียน	1. ให้คะแนนในระดับดีขึ้นไป

เกณฑ์การประเมินผลงานผู้เรียน

ประเด็นการประเมิน	ค่าน้ำหนักคะแนน	แนวทางการให้คะแนน
ด้านความรู้ (K)	3	เขียนผลกิจกรรมและกฎของสะท้อนได้ถูกต้อง ครบถ้วน
	2	เขียนผลกิจกรรมและกฎของสะท้อนได้ แต่มีผิดพลาดเล็กน้อย
	1	เขียนผลกิจกรรมและกฎของสะท้อนได้ แต่มีผิดพลาดเป็นส่วนมาก
	0	เขียนผลกิจกรรมและกฎของสะท้อนไม่ถูกต้องเลย
ด้านกระบวนการ (P)	3	ทำใบกิจกรรมได้ถูกต้องทั้งหมด
	2	ทำใบกิจกรรมได้ถูกต้อง แต่ผิดพลาดเล็กน้อย
	1	ทำใบกิจกรรมได้ถูกต้อง แต่ผิดพลาดเป็นส่วนมาก
	0	ทำใบกิจกรรมได้ไม่ถูกต้องเลย

เกณฑ์การให้คะแนน

3 คะแนน หมายถึง ระดับดีมาก

2 คะแนน หมายถึง ระดับดี

1 คะแนน หมายถึง ระดับพอใช้

0 คะแนน หมายถึง ระดับควรปรับปรุง

แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้

ที่	ชื่อ - สกุล	คะแนนพฤติกรรม		รวม
		ปฏิบัติงานที่ได้รับมอบหมายด้วยความตั้งใจและใส่ใจรายละเอียด	ทำงานร่วมกับผู้อื่นในชั้นเรียนได้	10
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
.				
.				
.				
40				

เกณฑ์แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้

รายการประเมิน	คำอธิบายระดับคุณภาพ/ระดับคะแนน				
	ดีมาก (5)	**ดี (4)**	**พอใช้ (3)**	**น้อย (2)**	**ควรปรับปรุง (1)**
5.ปฏิบัติงานที่ได้รับมอบหมายด้วยความตั้งใจและใส่ใจรายละเอียด	ปฏิบัติงานที่ได้รับมอบหมายได้อย่างถูกต้องและครบถ้วน 100%	ปฏิบัติงานที่ได้รับมอบหมายได้อย่างถูกต้องและครบถ้วน 80%	ปฏิบัติงานที่ได้รับมอบหมายได้อย่างถูกต้องและครบถ้วน 60%	ปฏิบัติงานที่ได้รับมอบหมายได้อย่างถูกต้องและครบถ้วน 40%	ปฏิบัติงานที่ได้รับมอบหมายได้อย่างถูกต้องและครบถ้วน 20%
6.ทำงานร่วมกับผู้อื่นในชั้นเรียนได้	สมาชิกในกลุ่มมีหน้าที่ทำงานทุกคน	สมาชิกในกลุ่มมีหน้าที่ทำงาน 80%	สมาชิกในกลุ่มมีหน้าที่ทำงาน 60%	สมาชิกในกลุ่มมีหน้าที่ทำงาน 40%	สมาชิกในกลุ่มมีหน้าที่ทำงาน 20%

เกณฑ์การตัดสินพฤติกรรม (คะแนนอยู่ในช่วงเกณฑ์ดีขึ้นไปถือว่าผ่าน)

ช่วงคะแนน	ระดับคุณภาพ
10 - 8	ดีมาก
7 - 5	ดี
4 - 0	พอใช้

บันทึกผลหลังจัดการเรียนรู้

1.1 ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจ (K)

.....

.....

1.2 ผู้เรียนมีความรู้เกิดทักษะ (P)

.....

.....

1.3 ผู้เรียนมีเจตคติ ค่านิยม คุณธรรมและจริยธรรม (A)

.....

.....

1.4 ผู้เรียนจำนวน ..... คน

ผ่านจุดประสงค์การเรียนรู้ ..... คน คิดเป็นร้อยละ .....

ไม่ผ่านจุดประสงค์การเรียนรู้ ..... คน คิดเป็นร้อยละ .....

2. ปัญหา/อุปสรรค

.....

.....

3. ข้อเสนอแนะ/แนวทางแก้ไข

.....

.....

ลงชื่อ.....

(นางสาวเพ็ญพิมล บุญชู)

ครูผู้สอน

...../ ...../.....

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี **ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3**
รายวิชา วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี **ภาคเรียนที่ 2/2567**
หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 คลื่นและแสง **เวลาที่สอน 6 คาบ**
เรื่อง การหักเหของแสง **ผู้สอน เพ็ญพิมล บุญชู**

มาตรฐานการเรียนรู้

มาตรฐาน ว 2.3 เข้าใจความหมายของพลังงาน การเปลี่ยนแปลงและการถ่ายโอนพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสสารและพลังงาน พลังงานในชีวิตประจำวัน ธรรมชาติของคลื่น ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเสียง แสง และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ตัวชี้วัด

ตัวชี้วัด ม.3/15 อธิบายการหักเหของแสงเมื่อผ่านตัวกลางโปร่งใสที่แตกต่างกัน และอธิบายการกระจายแสงของแสงขาวเมื่อผ่านปริซึมจากหลักฐานเชิงประจักษ์

ตัวชี้วัด ม.3/16 เขียนแผนภาพการเคลื่อนที่ของแสงแสดงการเกิดภาพจากเลนส์บาง

ตัวชี้วัด ม.3/17 อธิบายปรากฏการณ์ที่เกี่ยวกับแสง และการทำงานของทัศนอุปกรณ์จากข้อมูลที่รวบรวมได้

ตัวชี้วัด ม.3/18 เขียนแผนภาพการเคลื่อนที่ของแสง แสดงการเกิดภาพของทัศนอุปกรณ์และเลนส์ตา

สาระสำคัญ

เมื่อแสงเคลื่อนที่จากอากาศผ่านปริซึมจะเกิดการกระจายของแสงเป็นแสงสีต่าง ๆ เรียกว่า สเปกตรัมของแสง เนื่องจากแสงแต่ละสีเคลื่อนที่ในปริซึมด้วยอัตราเร็วที่แตกต่างกัน จึงทำให้หักเหได้ไม่เท่ากันและแยกออกจากกัน

การสะท้อนและการหักเหของแสงนำไปใช้อธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับแสง เช่น รุ้ง มิราจ และอธิบายการทำงานของทัศนอุปกรณ์ เช่น แว่นขยาย กระจกเงาโค้งจราจร กล้องโทรทัศน์ กล้องจุลทรรศน์ แว่นสายตา

วัตถุประสงค์การเรียนรู้

เมื่อผู้เรียนได้รับความรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้

ด้านความรู้ (K)

1. ผู้เรียนสามารถอธิบายการหักเหของแสงเมื่อผ่านตัวกลางต่าง ๆ
2. ผู้เรียนสามารถอธิบายปรากฏการณ์เกี่ยวกับแสงและการทำงานของทัศนอุปกรณ์

ด้านกระบวนการ (P)

3. ผู้เรียนสามารถเขียนภาพการเคลื่อนที่ของแสงผ่านเลนส์บาง

ด้านคุณลักษณะ (A)

4. ผู้เรียนมีเจตคติที่ดีต่อการเรียนรู้เรื่องการหักเหของแสง

สาระการเรียนรู้

การหักเหของแสง (Refraction of Light) เมื่อแสงเดินทางผ่านวัตถุหรือตัวกลางโปร่งใส เช่น อากาศ แก้ว น้ำ พลาสติกใส แสงจะสามารถเดินทางผ่านได้เกือบหมด เมื่อแสงเดินทางผ่านตัวกลางชนิดเดียวกัน แสงจะเดินทางเป็นเส้นตรงเสมอ แต่ถ้าแสงเดินทางผ่านตัวกลางหลายตัวกลาง แสงจะหักเห

สาเหตุที่ทำให้แสงเกิดการหักเห เกิดจากการเดินทางของแสงจากตัวกลางหนึ่งไปยังอีกตัวกลางหนึ่งซึ่งมีความหนาแน่นแตกต่างกัน จะมีความเร็วไม่เท่ากันด้วย โดยแสงจะเคลื่อนที่ในตัวกลางโปร่งกว่าได้เร็วกว่าตัวกลางที่ทึบกว่า เช่น ความเร็วของแสงในอากาศมากกว่าความเร็วของแสงในน้ำ และความเร็วของแสงในน้ำมากกว่าความเร็วของแสงในแก้วหรือพลาสติก การที่แสงเคลื่อนที่ผ่านอากาศและแก้วไม่เป็นแนวเส้นตรงเดียวกันเพราะเกิดการหักเหของแสง โดยแสงจะเดินทางจากตัวกลางที่มีความหนาแน่นน้อยกว่า (โปร่งกว่า) ไปยังตัวกลางที่มีความหนาแน่นมากกว่า (ทึบกว่า) แสงจะหักเหเข้าหาเส้นปกติ ในทางตรงข้าม ถ้าแสงเดินทางจากยังตัวกลางที่มีความหนาแน่นมากกว่า ไปยังตัวกลางที่มีความหนาแน่นน้อยกว่า แสงจะหักเหออกจากเส้นปกติ

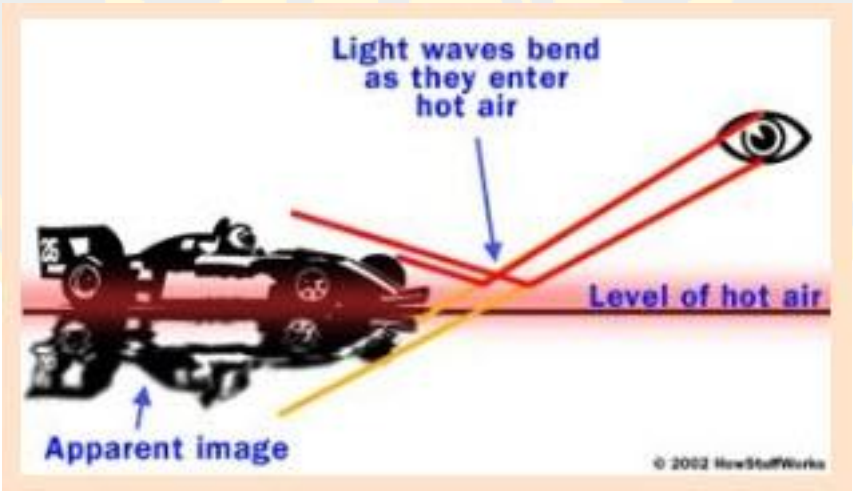
การหักเหของแสงทำให้เรามองเห็นภาพของวัตถุอันหนึ่งที่จมอยู่ในก้นสระว่ายน้ำอยู่ตื้นกว่าความเป็นจริง ที่เป็นเช่นนี้ก็เพราะว่า แสงจากก้นสระว่ายน้ำจะหักเหเมื่อเดินทางจากน้ำสู่อากาศ ทั้งนี้เพราะความเร็วของแสงที่เดินทางในอากาศเร็วกว่าเดินทางในน้ำ จึงทำให้เห็นภาพของวัตถุอยู่ตื้นกว่าความเป็นจริง

ผลที่เกิดขึ้นจากการหักเหของแสง

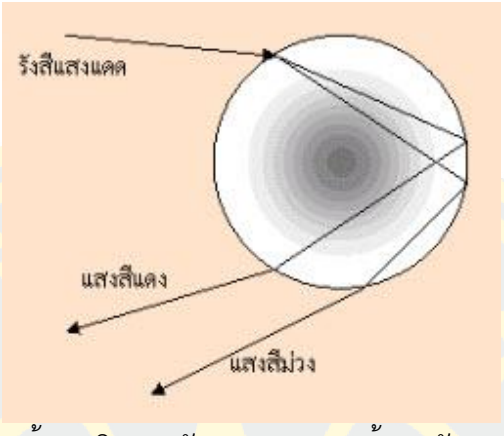
เมื่อมองที่อยู่ในน้ำโดยนัยน์ตาของเราอยู่ในอากาศ จะทำให้มองเห็นวัตถุตื้นกว่าเดิม นอกจากนี้นักเรียนอาจจะเคยสังเกตุว่าสระว่ายน้ำหรือถังใส่น้ำจะมองดูตื้นกว่าความเป็นจริง เพราะแสงต้องเดินทางผ่านน้ำและอากาศแล้วจึงหักเหเข้าสู่นัยน์ตา

- มิราจ (Mirage) เป็นปรากฏการณ์เกิดภาพลวงตา ซึ่ง บางครั้งในวันที่อากาศ เราอาจจะมองเห็นสิ่งที่เหมือนกับสระน้ำบนถนน ดังภาพ

ที่เป็นเช่นนั้นเพราะว่ามีแถบอากาศร้อนใกล้ถนนที่ร้อน และแถบอากาศที่เย็นกว่า (มีความหนาแน่นมากกว่า) อยู่ข้างบน รังสีของแสงจึงค่อยๆ หักเหมากขึ้น เข้าสู่แนวระดับ จนในที่สุดมันจะมาถึงแถบอากาศร้อนใกล้พื้นถนนที่มุมกว้างกว่ามุมวิกฤต จึงเกิดการสะท้อนกลับหมดนั่นเอง ดังภาพ



- รุ้งกินน้ำ (Rainbow) เป็นปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่มักเกิดตอนหลังฝนตกใหม่ ยิ่งเฉพาะมีแดดออกด้วย ซึ่งปรากฏการณ์ดังกล่าวเกิดจากแสงแดดจากดวงอาทิตย์ที่ส่องลงมากระทบกับ



หยดน้ำฝนหรือละอองน้ำ แล้วจะเกิดการหักเหและการสะท้อนกลับหมดของแสงทำให้เกิดเป็นแถบสีบนท้องฟ้า โดยการหักเหของแสงในหยดน้ำนั้นจะแยกสเปกตรัมของแสงขาวจากแสงแดดออกเป็นแถบสีต่างๆ ดังภาพ

เลนส์

เลนส์ คือ ตัวกลางโปร่งแสงที่สามารถรวมแสงหรือกระจายแสงโดยอาศัยการหักเหของแสงที่เดินทางผ่านเลนส์ แล้วเกิดการหักเห โดยรังสีหักเหไปตัดกันที่จุดโฟกัส ซึ่งจะเป็นจุดโฟกัสจริงสำหรับเลนส์นูน และเป็นจุดโฟกัสเสมือนสำหรับเลนส์เว้า เลนส์มี 2 ชนิด

1.เลนส์นูน มีลักษณะขอบบาง กลางหนา และมีคุณสมบัติรวมแสง

2.เลนส์เว้า มีลักษณะขอบหนา กลางบาง และมีคุณสมบัติกระจายแสง

การวาดภาพที่เกิดจากเลนส์

1. จากวัตถุลากรังสีขนานกับแกนมุขสำคัญ ตกกระทบกับเลนส์ แล้วหักเหผ่านจุดโฟกัส

2. จากวัตถุลากรังสีผ่านจุด Optical Center แล้วต่อรังสีให้ตัดกับรังสีในขั้นตอนแรก ตำแหน่งที่รังสีตัดกัน คือ ตำแหน่งภาพ

กิจกรรมการเรียนรู้

รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบ 5E

1. ขั้นสร้างความสนใจ (คาบเรียนที่ 1: 50 นาที)

1.7 ผู้สอนแจ้งจุดประสงค์การเรียนให้ผู้เรียนทราบ

1.8 ผู้สอนกระตุ้นผู้เรียนโดยการนำตัวกลาง 2 ชนิด ได้แก่ แผ่นพลาสติกใส และแผ่นแก้วใส จากนั้นนำเลเซอร์ยิงผ่านตัวกลางทั้งสองชนิดโดยตั้งองศาการยิงเลเซอร์ให้เท่ากัน

1.9 ผู้สอนเชื่อมโยงเข้าสู่บทเรียนโดยตั้งคำถามกับผู้เรียนดังนี้

1.3.1 ผู้เรียนคิดว่าแสงเลเซอร์ที่ผ่านออกมาจากตัวกลางทั้ง 2 ชนิด มีความแตกต่างกันหรือไม่ (แนวคำตอบ: แตกต่างกัน)

1.3.2 ผู้เรียนคิดว่าแสงเลเซอร์ที่ผ่านออกมาจากตัวกลางใดที่มีขนาดมุมกว้างกว่า (แนวคำตอบ: ตัวกลางที่เป็นพลาสติก)

1.3.3 ผู้เรียนคิดว่าเพราะเหตุใดตัวกลางที่เป็นพลาสติกจึงทำให้แสงเลเซอร์ที่ผ่านออกมามุมที่กว้างกว่า (แนวคำตอบ: ตอบตามความคิดของผู้เรียน)

1.4 ผู้สอนเฉลยว่าเนื่องจากพลาสติดมีค่าความเร็วที่แสงจะเดินทางผ่านไปได้มากกว่าแก้ว จึงทำให้มุมของแสงที่ผ่านออกมานั้นมีขนาดมากกว่า

1.5 ผู้สอนเชื่อมโยงเข้าสู่บทเรียนเกี่ยวกับการหักเหของแสงในตัวกลางต่าง ๆ ตามสไลด์ canva ที่ผู้สอนเตรียมไว้ พร้อมกับแจกใบกิจกรรมที่ 1 ให้ผู้เรียนกลับไปทำเป็นการบ้าน

2. ขั้นสำรวจและค้นหา

(คาบเรียนที่ 2: 50 นาที)

2.1 ผู้สอนทบทวนความรู้เรื่องการหักเหของแสงผ่านตัวกลางต่าง ๆ ให้กับผู้เรียน และเก็บใบกิจกรรมที่ 1 จากนั้นเชื่อมโยงบทเรียนเรื่องการเกิดภาพจากเลนส์บาง โดยผู้สอนตั้งคำถามว่าผู้เรียนทราบหรือไม่ว่าเลนส์มีกี่ประเภท (แนวคำตอบ: 2 ประเภท คือ เลนส์เว้า และเลนส์นูน)

2.2 ผู้สอนเปิดภาพจากสไลด์ canva และให้ผู้เรียนตอบว่าภาพที่เห็นคือเลนส์แบบใด

2.3 ผู้สอนเปิดสื่อแอนิเมชันประกอบการเรียนชุด How to refraction part เลนส์เว้า

2.4 ผู้เรียนทำความเข้าใจ และทำใบกิจกรรมที่ 2 การวาดภาพตามตำแหน่งวัตถุบนเลนส์เว้า โดยระหว่างทำใบกิจกรรมผู้เรียนสามารถสืบค้นข้อมูลได้จากหนังสือเรียนวิทยาศาสตร์ สสวท. ม.3

(คาบเรียนที่ 3: 50 นาที)

2.5 ผู้สอนทบทวนความรู้เรื่องการวาดตามตำแหน่งวัตถุบนเลนส์เว้าให้ผู้เรียนอีกครั้ง

2.6 ผู้สอนเปิดสื่อแอนิเมชันประกอบการเรียนชุด How to refraction part เลนส์นูน

2.7 ผู้เรียนทำความเข้าใจ และทำใบกิจกรรมที่ 3 การวาดภาพตามตำแหน่งวัตถุบนเลนส์นูน โดยระหว่างทำใบกิจกรรมผู้เรียนสามารถสืบค้นข้อมูลได้จากหนังสือเรียนวิทยาศาสตร์ สสวท. ม.3

(คาบเรียนที่ 4: 50 นาที)

2.8 ผู้สอนทบทวนความรู้เรื่องการวาดตามตำแหน่งวัตถุบนเลนส์เว้าให้ผู้เรียนอีกครั้ง และเชื่อมโยงบทเรียนเรื่อง การมองเห็นภาพตื้นลึกเมื่อผ่านตัวกลางที่ต่างกัน โดยให้ผู้เรียนสืบค้นข้อมูลความเร็วของในการเคลื่อนที่ของตัวกลางต่อไปนี้ เพื่อประกอบการทำใบกิจกรรมที่ 4

2.8.1 อากาศ

2.8.2 น้ำ

2.8.3 แก้ว

2.8.4 พลาสติก

2.8.5 น้ำแข็ง

2.9 ผู้สอนเปิดสื่อแอนิเมชันประกอบการเรียนชุด How to refraction part การมองเห็นภาพตื้นลึกเมื่อผ่านตัวกลางที่ต่างกัน

2.10 ผู้เรียนทำความเข้าใจ และทำใบกิจกรรมที่ 4 การวาดภาพการมองเห็นภาพตื้นลึกเมื่อผ่านตัวกลางที่ต่างกัน โดยระหว่างทำใบกิจกรรมผู้เรียนสามารถสืบค้นข้อมูลได้จากหนังสือเรียนวิทยาศาสตร์ สสวท. ม.3

(คาบเรียนที่ 5: 50 นาที)

2.11 ผู้สอนทบทวนความรู้เรื่องการการมองเห็นภาพตื้นลึกเมื่อผ่านตัวกลางที่ต่างกันให้ผู้เรียนอีกครั้ง และเชื่อมโยงบทเรียนเรื่องปรากฏการณ์เกี่ยวกับแสงและการทำงานของทัศนอุปกรณ์

2.12 ผู้สอนแบ่งกลุ่มผู้เรียนกลุ่มละ 5 – 6 คน โดยให้ผู้เรียนจับกลุ่มกันเอง จากนั้นให้ผู้เรียนสืบค้นข้อมูลเรื่องปรากฏการณ์เกี่ยวกับแสงและการทำงานของทัศนอุปกรณ์ ให้ได้มากที่สุด โดยผู้สอนไม่จำกัดขอบเขตข้อมูล และแหล่งข้อมูล

2.13 ผู้เรียนสืบค้นข้อมูลและบันทึกข้อมูลด้วยความสร้างสรรค์ลงในกระดาษร้อยปอนด์ที่ผู้สอนเตรียมให้

3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (คาบเรียนที่ 6: 30 นาที)

3.1 ผู้สอนให้เรียนเตรียมนเสนอข้อมูลที่กลุ่มตนเองค้นหาหน้าชั้นเรียน

3.2 ผู้สอนและผู้เรียนอภิปรายและลงข้อสรุปเรื่องปรากฏการณ์เกี่ยวกับแสงและการทำงานของทัศนอุปกรณ์ได้ ดังนี้

เมื่อมองที่อยู่ในน้ำโดยนัยน์ตาของเราอยู่ในอากาศ จะทำให้มองเห็นวัตถุตื้นกว่าเดิม นอกจากนี้นักเรียนอาจจะเคยสังเกตุว่าสระว่ายน้ำหรือถังใส่น้ำจะมองดูตื้นกว่าความเป็นจริง เพราะแสงต้องเดินทางผ่านน้ำและอากาศแล้วจึงหักเหเข้าสู่นัยน์ตา

- มิราจ (Mirage) เป็นปรากฏการณ์เกิดภาพลวงตา ซึ่ง บางครั้งในวันที่อากาศ เราอาจจะมองเห็นสิ่งที่เหมือนกับสระน้ำบนถนน ที่เป็นเช่นนั้นเพราะว่ามีแถบอากาศร้อนใกล้ถนนที่ร้อนและแถบอากาศที่เย็นกว่า (มีความหนาแน่นมากกว่า) อยู่ข้างบน รังสีของแสงจึงค่อยๆ หักเหมากขึ้นเข้าสู่แนวระดับ จนในที่สุดมันจะมาถึงแถบอากาศร้อนใกล้พื้นถนนที่มุมกว้างกว่ามุมวิกฤต จึงเกิดการสะท้อนกลับหมดนั่นเอง

- รุ้งกินน้ำ (Rainbow) เป็นปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่มักเกิดตอนหลังฝนตกใหม่ ยิ่งเฉพาะมีแดดออกด้วย ซึ่งปรากฏการณ์ดังกล่าวเกิดจากแสงแดดจากดวงอาทิตย์ที่ส่องลงมากระทบกับหยดน้ำฝนหรือละอองน้ำ แล้วจะเกิดการหักเหและการสะท้อนกลับหมดของแสงทำให้เกิดเป็นแถบสีบนท้องฟ้า โดยการหักเหของแสงในหยดน้ำนั้นจะแยกสเปกตรัมของแสงขาวจากแสงแดดออกเป็นแถบสีต่าง ๆ

4. ขั้นขยายความรู้ (คาบเรียนที่ 6: 20 นาที)

4.1 ผู้สอนอธิบายและให้ความรู้เพิ่มเติมตั้งแต่เริ่มบทเรียนเรื่องการหักเหของแสงผ่านสื่อแอนิเมชันประกอบการเรียนชุด How to refraction ที่ผู้สอนสร้างขึ้น

5. ขั้นประเมินผล

5.1 สังเกตพฤติกรรมของผู้เรียนขณะทำการสืบค้นข้อมูล

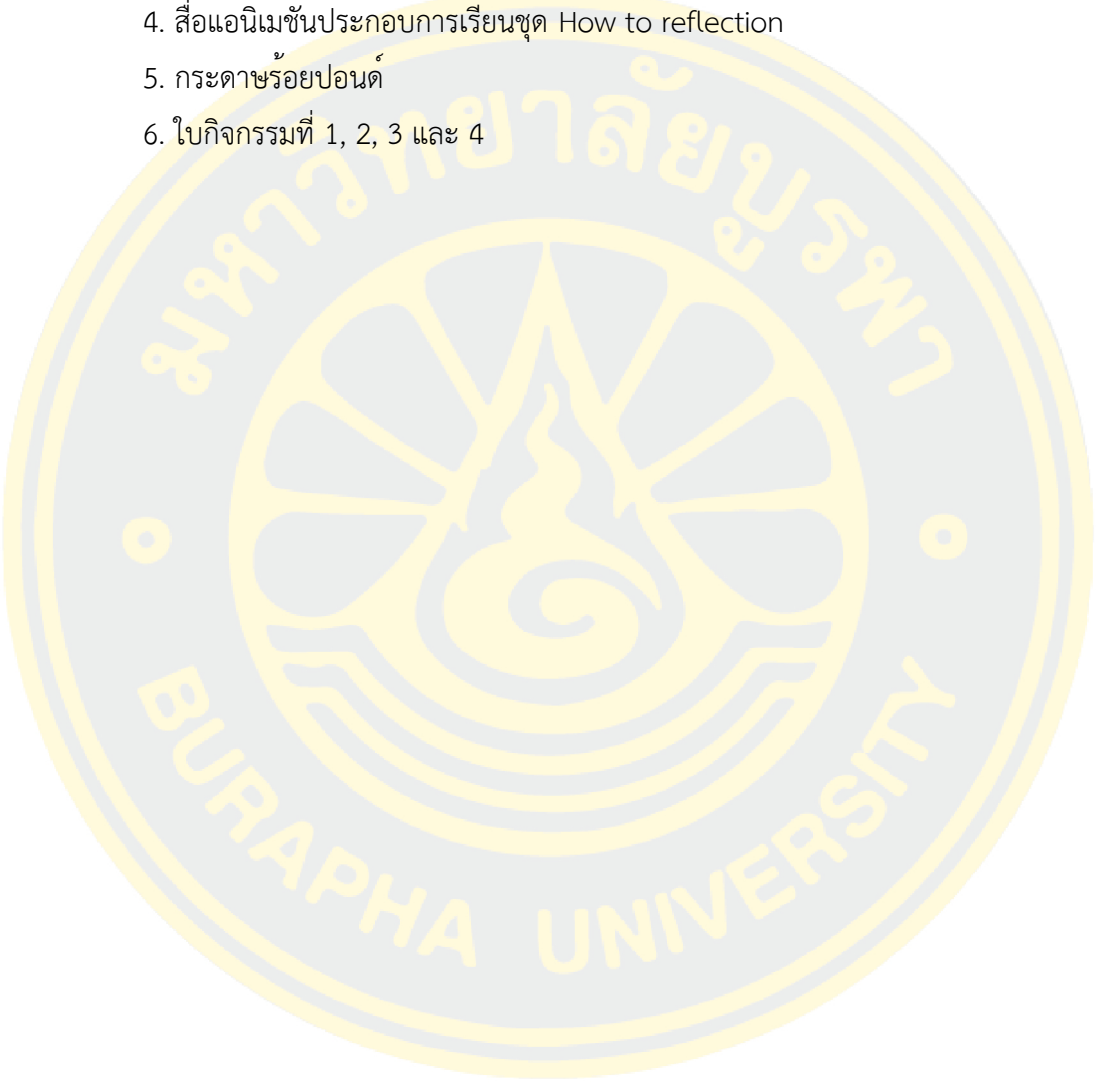
5.2 สังเกตจากการตอบคำถามในชั้นเรียน

5.3 สังเกตจากการทำใบกิจกรรมของผู้เรียน

‘

สื่อการสอน

1. แผ่นพลาสติกใส แผ่นแก้วใส เลเซอร์
2. สไลด์ canva
3. หนังสือเรียนวิทยาศาสตร์ ม.3 สสวท.
4. สื่อแอนิเมชันประกอบการเรียนชุด How to reflection
5. กระดาษร้อยปอนด์
6. ใบกิจกรรมที่ 1, 2, 3 และ 4



การวัดและประเมิน

สิ่งที่ต้องการวัด/ประเมินผล	วิธีวัด/ประเมินผล	เครื่องมือวัด/ประเมินผล	เกณฑ์การประเมินผล
ด้านความรู้ (K) 1. ผู้เรียนสามารถอธิบายการหักเหของแสงเมื่อผ่านตัวกลางต่าง ๆ 2. ผู้เรียนสามารถอธิบายปรากฏการณ์เกี่ยวกับแสงและการทำงานของทัศนอุปกรณ์	1. ตรวจสอบความถูกต้องจากใบกิจกรรมที่ 1 2. ตรวจสอบความถูกต้องจากการทำกิจกรรมกลุ่ม	1. ใบกิจกรรมที่ 1 2. งานกิจกรรมกลุ่ม	1. ผู้เรียนสามารถทำใบกิจกรรมได้อยู่ในระดับดีขึ้นไปถือว่าผ่านเกณฑ์ 2. ผู้เรียนสามารถทำกิจกรรมกลุ่มอยู่ในระดับดีขึ้นไปถือว่าผ่านเกณฑ์
ด้านทักษะกระบวนการ (P) 1. ผู้เรียนสามารถเขียนภาพการเคลื่อนที่ของแสงผ่านเลนส์บาง	1. ตรวจสอบความถูกต้องจากใบกิจกรรมที่ 2 และ 3	1. ใบกิจกรรมที่ 2 และ 3	1. ผู้เรียนทำใบกิจกรรมได้อยู่ในระดับดีขึ้นไปถือว่าผ่านเกณฑ์
ด้านคุณลักษณะ (A) 1. ผู้เรียนมีเจตคติที่ดีต่อการเรียนรู้เรื่องการหักเหของแสง	1. ประเมินจากการทำกิจกรรมในห้องเรียน	1. แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียน	1. ให้คะแนนในระดับดีขึ้นไป

เกณฑ์การประเมินผลงานผู้เรียน

ประเด็นการประเมิน	ค่าน้ำหนักคะแนน	แนวทางการให้คะแนน
ด้านความรู้ (K) ข้อ 1	3	ทำใบกิจกรรมได้ถูกต้องทั้งหมด
	2	ทำใบกิจกรรมได้ถูกต้อง แต่ผิดพลาดเล็กน้อย
	1	ทำใบกิจกรรมได้ถูกต้อง แต่ผิดพลาดเป็นส่วนมาก
	0	ทำใบกิจกรรมได้ไม่ถูกต้องเลย
ด้านความรู้ (K) ข้อ 2	3	ทำกิจกรรมกลุ่มได้ถูกต้องทั้งหมด และตกแต่งได้สวยงาม
	2	ทำกิจกรรมกลุ่มผิดพลาดเล็กน้อย และตกแต่งได้สวยงาม
	1	ทำกิจกรรมกลุ่มผิดพลาดเป็นส่วนมาก และตกแต่งไม่สวยงาม
	0	ทำกิจกรรมกลุ่มได้ไม่ถูกต้องเลย และไม่ตกแต่งชิ้นงาน
ด้านกระบวนการ (P)	3	ทำใบกิจกรรมได้ถูกต้องทั้งหมด
	2	ทำใบกิจกรรมได้ถูกต้อง แต่ผิดพลาดเล็กน้อย
	1	ทำใบกิจกรรมได้ถูกต้อง แต่ผิดพลาดเป็นส่วนมาก
	0	ทำใบกิจกรรมได้ไม่ถูกต้องเลย

เกณฑ์การให้คะแนน

3 คะแนน หมายถึง ระดับดีมาก

2 คะแนน หมายถึง ระดับดี

1 คะแนน หมายถึง ระดับพอใช้

0 คะแนน หมายถึง ระดับควรปรับปรุง

แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้

ที่	ชื่อ - สกุล	คะแนนพฤติกรรม		รวม
		ปฏิบัติงานที่ได้รับมอบหมายด้วยความตั้งใจและใส่ใจรายละเอียด	ทำงานร่วมกับผู้อื่นในชั้นเรียนได้	10
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
.				
.				
.				
40				

เกณฑ์แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้

รายการประเมิน	คำอธิบายระดับคุณภาพ/ระดับคะแนน				
	ดีมาก (5)	**ดี (4)**	**พอใช้ (3)**	**น้อย (2)**	**ควรปรับปรุง (1)**
7.ปฏิบัติงานที่ได้รับมอบหมายด้วยความตั้งใจและใส่ใจรายละเอียด	ปฏิบัติงานที่ได้รับมอบหมายได้อย่างถูกต้องและครบถ้วน 100%	ปฏิบัติงานที่ได้รับมอบหมายได้อย่างถูกต้องและครบถ้วน 80%	ปฏิบัติงานที่ได้รับมอบหมายได้อย่างถูกต้องและครบถ้วน 60%	ปฏิบัติงานที่ได้รับมอบหมายได้อย่างถูกต้องและครบถ้วน 40%	ปฏิบัติงานที่ได้รับมอบหมายได้อย่างถูกต้องและครบถ้วน 20%
8.ทำงานร่วมกับผู้อื่นในชั้นเรียนได้	สมาชิกในกลุ่มมีหน้าที่ทำงานทุกคน	สมาชิกในกลุ่มมีหน้าที่ทำงาน 80%	สมาชิกในกลุ่มมีหน้าที่ทำงาน 60%	สมาชิกในกลุ่มมีหน้าที่ทำงาน 40%	สมาชิกในกลุ่มมีหน้าที่ทำงาน 20%

เกณฑ์การตัดสินพฤติกรรม (คะแนนอยู่ในช่วงเกณฑ์ดีขึ้นไปถือว่าผ่าน)

ช่วงคะแนน	ระดับคุณภาพ
10 - 8	ดีมาก
7 - 5	ดี
4 - 0	พอใช้

บันทึกผลหลังจัดการเรียนรู้

1.1 ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจ (K)

.....

.....

1.2 ผู้เรียนมีความรู้เกิดทักษะ (P)

.....

.....

1.3 ผู้เรียนมีเจตคติ ค่านิยม คุณธรรมและจริยธรรม (A)

.....

.....

1.4 ผู้เรียนจำนวน ..... คน

ผ่านจุดประสงค์การเรียนรู้ ..... คน คิดเป็นร้อยละ .....

ไม่ผ่านจุดประสงค์การเรียนรู้ ..... คน คิดเป็นร้อยละ .....

2. ปัญหา/อุปสรรค

.....

.....

3. ข้อเสนอแนะ/แนวทางแก้ไข

.....

.....

ลงชื่อ.....

(นางสาวเพ็ญพิมล บุญชู)

ครูผู้สอน

...../ ...../.....

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี **ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3**
รายวิชา วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี **ภาคเรียนที่ 2/2567**
หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 คลื่นและแสง **เวลาที่สอน 2 คาบ**
เรื่อง ความสว่าง **ผู้สอน เพ็ญพิมล บุญชู**

มาตรฐานการเรียนรู้

มาตรฐาน ว 2.3 เข้าใจความหมายของพลังงาน การเปลี่ยนแปลงและการถ่ายโอนพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสสารและพลังงาน พลังงานในชีวิตประจำวัน ธรรมชาติของคลื่น ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเสียง แสง และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ตัวชี้วัด

ตัวชี้วัด ม.3/19 อธิบายผลของความสว่างที่มีต่อดวงตาจากข้อมูลที่ได้จากการสืบค้น

ตัวชี้วัด ม.3/20 วัดความสว่างของแสงโดยใช้อุปกรณ์วัดความสว่างของแสง

ตัวชี้วัด ม.3/21 ตระหนักในคุณค่าของความรู้เรื่อง ความสว่างของแสงที่มีต่อดวงตา โดยวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาและเสนอแนะการจัดความสว่างให้เหมาะสมในการทำกิจกรรมต่าง ๆ

สาระสำคัญ

เมื่อแสงตกกระทบพื้นผิวหนึ่ง ๆ จะเกิดความสว่างบนพื้นผิวนั้น ความสว่างมีหน่วยเป็นลักซ์ โดยความสว่างมีผลตอดวงตามนุษย์ การใช้สายตาในสภาพแวดล้อมที่มีความสว่างไม่เหมาะสมจะเป็นอันตรายต่อดวงตา เช่น การดูวัตถุในที่มีความสว่างมากหรือน้อยเกินไป การจ้องดูหน้าจอภาพเป็นเวลานาน ความรู้เกี่ยวกับความสว่างสามารถนำมาใช้จัดความสว่างให้เหมาะสมกับการทำกิจกรรมต่าง ๆ เช่น การจัดความสว่างที่เหมาะสมสำหรับการอ่านหนังสือหรือห้องผ่าตัด เป็นต้น

วัตถุประสงค์การเรียนรู้

เมื่อผู้เรียนได้รับความรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้

ด้านความรู้ (K)

1. ผู้เรียนสามารถอธิบายผลของความสว่างที่มีต่อดวงตา

ด้านกระบวนการ (P)

2. ผู้เรียนสามารถวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาและวิธีการจัดการความสว่างของสถานที่ต่าง ๆ ให้เหมาะสมกับกิจกรรม

ด้านคุณลักษณะ (A)

3. ผู้เรียนมีเจตคติที่ดีต่อการเรียนรู้เรื่องความสว่าง

สาระการเรียนรู้

แสงเคลื่อนที่จากแหล่งกำเนิดแสงในทุกทิศทางเป็นแนวตรงเมื่อมีแสงจากแหล่งกำเนิดแสงตกกระทบ ที่ผิวของวัตถุแล้วสะท้อนมาเข้าตาของเราจะทำให้เรามองเห็นวัตถุต่าง ๆ แต่ถ้าแสงที่เรามองเห็นมีความสว่าง ไม่เหมาะสมเข้ามาสู่ตาของเราอาจก่อให้เกิดอันตรายต่อดวงตาของเราได้ เราจึงต้องมีแนวทางในการป้องกัน อันตรายจากแสง

แสงเคลื่อนที่จากแหล่งกำเนิดแสงทุกทิศทางเป็นแนวตรง เมื่อมีแสงจากวัตถุมาเข้าตาจะทำให้มองเห็น วัตถุนั้นการมองเห็นวัตถุที่เป็นแหล่งกำเนิดแสง แสงจากวัตถุนั้นจะเข้าสู่ตาโดยตรงส่วนการมองเห็นวัตถุที่ไม่ใช่ แหล่งกำเนิดแสงต้องมีแสงจากแหล่งกำเนิดแสงไปกระทบวัตถุแล้วสะท้อนเข้าตาถ้ามีแสงที่สว่างมาก ๆ เข้าสู่ ตาอาจเกิดอันตรายต่อตาได้จึงต้องหลีกเลี่ยงการมองหรือใช้แผ่นกรองแสงที่มีคุณภาพ เมื่อจำเป็น และต้องจัด ความสว่างให้เหมาะสมกับการทำกิจกรรมต่าง ๆ เช่น การอ่านหนังสือ การดูจอโทรทัศน์การใช้ โทรศัพท์เคลื่อนที่และแท็บเล็ต

กิจกรรมการเรียนรู้

รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบ 5E

1. ขั้นสร้างความสนใจ (คาบเรียนที่ 1: 25 นาที)

1.1 ผู้สอนแจ้งจุดประสงค์การเรียนให้ผู้เรียนทราบ

1.2 ผู้สอนกระตุ้นผู้เรียนโดยการเปิดสื่อแอนิเมชันประกอบการเรียนชุด light bright

1.3 ผู้สอนเชื่อมโยงเข้าสู่บทเรียนโดยตั้งคำถามกับผู้เรียนดังนี้

1.3.1 ผู้เรียนคิดว่าสถานที่ที่แตกต่างกันออกไป จะมีความสว่างต่างกันหรือไม่ (แนวคำตอบ: แตกต่างกัน)

1.3.2 ผู้เรียนคิดว่าความสว่างที่ต่างกันออกไปในแต่ละสถานที่นั้นส่งผลอย่างไร (แนวคำตอบ: ตอบตามความคิดของผู้เรียน)

1.4 ผู้สอนเชื่อมโยงเข้าสู่บทเรียนเกี่ยวกับความสว่าง ตามสไลด์ canva ที่ผู้สอนเตรียมไว้

2. ขั้นสำรวจและค้นหา (คาบเรียนที่ 1: 25 นาที)

2.1 ผู้สอนแจกใบกิจกรรมที่ 1 ให้ผู้เรียนคนละ 1 แผ่น

2.2 ผู้เรียนสามารถสืบค้นข้อมูลได้จากหนังสือเรียนวิทยาศาสตร์ สสวท. ม.3 ระหว่างทำกิจกรรม

3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (คาบเรียนที่ 2: 30 นาที)

3.1 ผู้สอนและผู้เรียนอภิปรายและลงข้อสรุปเรื่องความสว่างจากการเรียนรู้และการทำใบกิจกรรมได้ ดังนี้

ความสว่างมีหน่วยเป็น ลักซ์ และสามารถวัดได้ด้วยเครื่องมือที่ชื่อว่า ลักซ์มิเตอร์ ซึ่งในสถานที่ที่แตกต่างกันก็จำเป็นต้องมีความสว่างแตกต่างกันไปด้วย เนื่องจากสถานที่แต่ละแห่งมีการใช้งานที่ต่างกัน ทั้งนี้ต้องจัดให้เป็นไปตามความเหมาะสมของสถานที่นั้น ๆ

สถานที่	ความสว่าง (ลักซ์)
บ้าน	
ห้องนั่งเล่น ห้องครัว ห้องอาหาร	150-300
ห้องอ่านหนังสือ ห้องทำงาน	500-1,000
โรงเรียน	
โรงพลศึกษา หอประชุม	75-300
ห้องเรียน	300-750
ห้องสมุด ห้องปฏิบัติการ ห้องเขียนแบบ	750-1,500
โรงพยาบาล	
ห้องตรวจโรค	200-750
ห้องผ่าตัด	5,000-10,000
สำนักงาน	
บันไดฉุกเฉิน	30-75
ทางเดินในอาคาร	75-200
ห้องประชุม ห้องรับรอง	200-750

4. ขั้นขยายความรู้ (คาบเรียนที่ 2: 20 นาที)

4.1 ผู้สอนอธิบายและให้ความรู้เพิ่มเติมเรื่องความสว่างผ่านสื่อแอนิเมชันประกอบการเรียนชุด light bright อีกครั้ง

5. ขั้นประเมินผล

5.1 สังเกตพฤติกรรมของผู้เรียนขณะทำการสืบค้นข้อมูล

5.2 สังเกตจากการตอบคำถามในชั้นเรียน

5.3 สังเกตจากการทำใบกิจกรรมของผู้เรียน

สื่อการสอน

1. สไลด์ canva
2. หนังสือเรียนวิทยาศาสตร์ ม.3 สสวท.
3. สื่อแอนิเมชันประกอบการเรียนชุด light bright
4. ใบกิจกรรมที่ 1

การวัดและประเมิน

สิ่งที่ต้องการวัด/ประเมินผล	วิธีวัด/ประเมินผล	เครื่องมือวัด/ประเมินผล	เกณฑ์การประเมินผล
ด้านความรู้ (K) 1. ผู้เรียนสามารถอธิบายผลของความสว่างที่มีต่อดวงตา	1. ตรวจสอบความถูกต้องจากใบกิจกรรมที่ 1	1. ใบกิจกรรมที่ 1	1. ผู้เรียนสามารถทำใบกิจกรรมได้อยู่ในระดับดีขึ้นไปถือว่าผ่านเกณฑ์
ด้านทักษะกระบวนการ (P) 1. ผู้เรียนสามารถวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาและวิธีการจัดการความสว่างของสถานที่ต่าง ๆ ให้เหมาะสมกับกิจกรรม	1. ตรวจสอบความถูกต้องจากใบกิจกรรมที่ 1	1. ใบกิจกรรมที่ 1	1. ผู้เรียนทำใบกิจกรรมได้อยู่ในระดับดีขึ้นไปถือว่าผ่านเกณฑ์
ด้านคุณลักษณะ (A) 1. ผู้เรียนมีเจตคติที่ดีต่อการเรียนรู้เรื่องความสว่าง	1. ประเมินจากการทำกิจกรรมในห้องเรียน	1. แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียน	1. ให้คะแนนในระดับดีขึ้นไป

เกณฑ์การประเมินผลงานผู้เรียน

ประเด็นการประเมิน	ค่าน้ำหนักคะแนน	แนวทางการให้คะแนน
ด้านความรู้ (K)	3	ทำใบกิจกรรมได้ถูกต้องทั้งหมด
	2	ทำใบกิจกรรมได้ถูกต้อง แต่ผิดพลาดเล็กน้อย
	1	ทำใบกิจกรรมได้ถูกต้อง แต่ผิดพลาดเป็นส่วนมาก
	0	ทำใบกิจกรรมได้ไม่ถูกต้องเลย
ด้านกระบวนการ (P)	3	ทำใบกิจกรรมได้ถูกต้องทั้งหมด
	2	ทำใบกิจกรรมได้ถูกต้อง แต่ผิดพลาดเล็กน้อย
	1	ทำใบกิจกรรมได้ถูกต้อง แต่ผิดพลาดเป็นส่วนมาก
	0	ทำใบกิจกรรมได้ไม่ถูกต้องเลย

เกณฑ์การให้คะแนน

3 คะแนน หมายถึง ระดับดีมาก

2 คะแนน หมายถึง ระดับดี

1 คะแนน หมายถึง ระดับพอใช้

0 คะแนน หมายถึง ระดับควรปรับปรุง

แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้

ที่	ชื่อ - สกุล	คะแนนพฤติกรรม		รวม
		ปฏิบัติงานที่ได้รับมอบหมายด้วยความตั้งใจและใส่ใจรายละเอียด	ทำงานร่วมกับผู้อื่นในชั้นเรียนได้	10
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
.				
.				
.				
40				

เกณฑ์แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้

รายการประเมิน	คำอธิบายระดับคุณภาพ/ระดับคะแนน				
	ดีมาก (5)	**ดี (4)**	**พอใช้ (3)**	**น้อย (2)**	**ควรปรับปรุง (1)**
9.ปฏิบัติงานที่ได้รับมอบหมายด้วยความตั้งใจและใส่ใจรายละเอียด	ปฏิบัติงานที่ได้รับมอบหมายได้อย่างถูกต้องและครบถ้วน 100%	ปฏิบัติงานที่ได้รับมอบหมายได้อย่างถูกต้องและครบถ้วน 80%	ปฏิบัติงานที่ได้รับมอบหมายได้อย่างถูกต้องและครบถ้วน 60%	ปฏิบัติงานที่ได้รับมอบหมายได้อย่างถูกต้องและครบถ้วน 40%	ปฏิบัติงานที่ได้รับมอบหมายได้อย่างถูกต้องและครบถ้วน 20%
10. ทำงานร่วมกับผู้อื่นในชั้นเรียนได้	สมาชิกในกลุ่มมีหน้าที่ทำงานทุกคน	สมาชิกในกลุ่มมีหน้าที่ทำงาน 80%	สมาชิกในกลุ่มมีหน้าที่ทำงาน 60%	สมาชิกในกลุ่มมีหน้าที่ทำงาน 40%	สมาชิกในกลุ่มมีหน้าที่ทำงาน 20%

เกณฑ์การตัดสินพฤติกรรม (คะแนนอยู่ในช่วงเกณฑ์ดีขึ้นไปถือว่าผ่าน)

ช่วงคะแนน	ระดับคุณภาพ
10 - 8	ดีมาก
7 - 5	ดี
4 - 0	พอใช้

บันทึกผลหลังจัดการเรียนรู้

1.1 ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจ (K)

.....

.....

1.2 ผู้เรียนมีความรู้เกิดทักษะ (P)

.....

.....

1.3 ผู้เรียนมีเจตคติ ค่านิยม คุณธรรมและจริยธรรม (A)

.....

.....

1.4 ผู้เรียนจำนวน ..... คน

ผ่านจุดประสงค์การเรียนรู้ ..... คน คิดเป็นร้อยละ .....

ไม่ผ่านจุดประสงค์การเรียนรู้ ..... คน คิดเป็นร้อยละ .....

2. ปัญหา/อุปสรรค

.....

.....

3. ข้อเสนอแนะ/แนวทางแก้ไข

.....

.....

ลงชื่อ.....

(นางสาวเพ็ญพิมล บุญชู)

ครูผู้สอน

...../ ...../.....

แบบทดสอบวัดความเข้าใจก่อนเรียนและหลังเรียน

วิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เรื่อง คลื่นและแสง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ชื่อ.....ชั้น ม.3/..... เลขที่.....

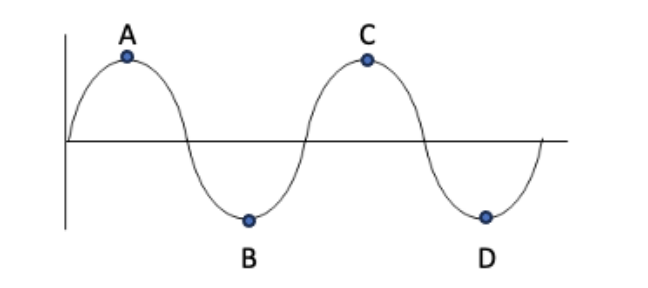
คำชี้แจง ข้อสอบมีทั้งหมด 20 ข้อ ในแต่ละข้อประกอบด้วย 2 ส่วน

ส่วนที่ 1 ให้นักเรียนทำเครื่องหมาย ✕ ในข้อที่ถูกที่สุด

ส่วนที่ 2 ให้นักเรียนเขียนเหตุผลว่าเพราะเหตุใดจึงเลือกตอบข้อนั้น โดยให้นักเรียนตอบคำถามพร้อมบอกเหตุผลในการตอบในแต่ละข้อให้สมบูรณ์ที่สุดอย่างเต็มความสามารถ

---

1. จากภาพ ข้อใดกล่าว**ไม่ถูกต้อง**



ก. จากจุด A ถึง จุด B คือคลื่น 1 ลูก

ข. จากจุด A ถึง จุด C คือค่าความยาวคลื่น

ค. จากจุด B ถึง จุด D คือค่าความยาวคลื่น

ง. จุด A คือสันคลื่น และจุด B คือท้องคลื่น

เหตุผลประกอบ.....

.....

...../

2. ข้อใดต่อไปนี้ไม่ถูกต้องเกี่ยวกับส่วนประกอบของคลื่นกล

ก. สันคลื่นคือส่วนที่สูงที่สุดของลูกคลื่น

ข. ท้องคลื่นคือส่วนที่ต่ำที่สุดของลูกคลื่น

ค. แอมพลิจูดคือจุดที่สูงสุดหรือต่ำสุดของลูกคลื่น

ง. ตำแหน่งจากสันคลื่นถึงท้องคลื่นคือหนึ่งลูกคลื่น

เหตุผลประกอบ.....

.....

...../

3. ข้อความได้ต่อไปนี้กล่าวถูกต้องเกี่ยวกับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

1. คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นคลื่นตามขวาง
2. คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเกิดจากการเหนี่ยวนำระหว่างสนามแม่เหล็กกับสนามไฟฟ้า
3. คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจำเป็นต้องอาศัยตัวกลางในการเดินทาง

ก. ข้อ 2 ถูกต้องเท่านั้น
ข. ข้อ 1 และ 2 ถูกต้อง
ค. ข้อ 2 และ 3 ถูกต้อง
ง. ข้อ 1 2 และ 3 ถูกต้อง

เหตุผลประกอบ.....
.....
...../

4. คลื่นสามชนิดต่อไปนี้ คลื่นใดมีค่าความถี่สูงสุด

1. คลื่น A มีความยาวคลื่นมากกว่าคลื่น B
2. คลื่น B มีความยาวคลื่นน้อยกว่าคลื่น A แต่มากกว่าคลื่น C

ก. คลื่น A
ข. คลื่น B
ค. คลื่น C
ง. ข้อมูลไม่เพียงพอ

เหตุผลประกอบ.....
.....
...../

5. คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าใดที่ถูกนำมาใช้ประโยชน์ด้านการสื่อสาร โทรคมนาคม

ก. คลื่นวิทยุ
ข. คลื่นแสง
ค. รังสีแกมมา
ง. รังสีอินฟาเรด

เหตุผลประกอบ.....
.....
...../

6. คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าใดที่ถูกนำมาใช้ในการทำระเบิดปรมาณู ซึ่งเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต

ก. รังสีเอกซ์

ข. คลื่นแสง

ค. รังสีแกมมา

ง. รังสีอินฟาเรด

เหตุผลประกอบ.....

.....

...../

7. ข้อใดเป็นไปตามกฎการสะท้อนของแสง

ก. ถ้ามุมตกกระทบมีค่า 90 องศา มุมสะท้อนจะมีค่า 180 องศา

ข. ถ้ารังสีตกกระทบอยู่ในระนาบแกน x รังสีสะท้อนจะอยู่ในระนาบแกน y

ค. ถ้ามุมสะท้อนมีค่า 45 องศา มุมตกกระทบตกกระทบก็มีค่า 45 องศาเช่นกัน

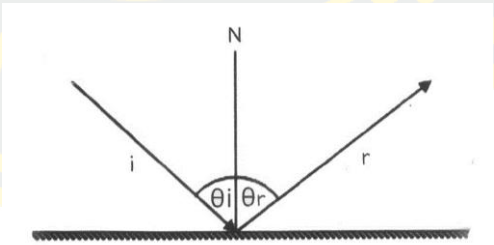
ง. รังสีตกกระทบและรังสีสะท้อนจะอยู่ในระนาบแกน x ส่วนเส้นแนวฉากจะอยู่ในระนาบแกน y

เหตุผลประกอบ.....

.....

...../

จากภาพต่อไปนี้ใช้ตอบคำถาม ข้อ 8-9



8. จากภาพ เส้น i แสดงถึงสิ่งใดต่อไปนี้

ก. รังสีสะท้อน ข. เส้นแนวฉาก

ค. รังสีตกกระทบ ง. มุมตกกระทบ

เหตุผลประกอบ.....

.....

.....

9. จากภาพ เส้น r แสดงถึงสิ่งใดต่อไปนี้

ก. รังสีสะท้อน ข. เส้นแนวฉาก

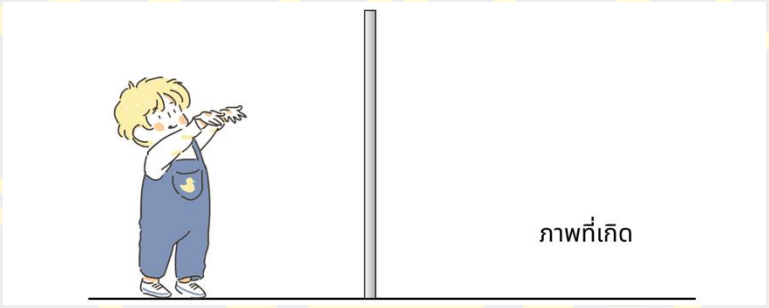
ค. รังสีตกกระทบ ง. มุมตกกระทบ

เหตุผลประกอบ.....

.....

.....

10. จากภาพ ภาพที่เกิดขึ้นจากกระจกเงาราบจะมีลักษณะแบบใด



ก.

ข.

ค.

ง.

เหตุผลประกอบ.....

.....

.....

11. จากข้อมูลต่อไปนี้ คือคุณสมบัติของกระจกเงาชนิดใด

1. ได้ภาพเสมือนหลังกระจก
2. ภาพที่ได้ทั้งขนาดใหญ่กว่า เล็กกว่า และเท่ากันกับวัตถุ
3. เกิดได้ทั้งภาพจริงและภาพเสมือน

ก. กระจกเงาราบ

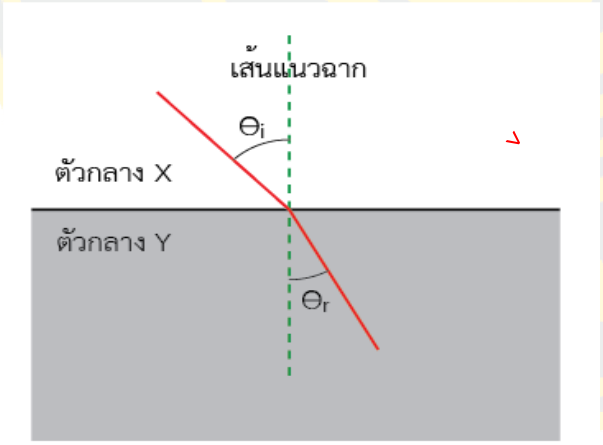
ข. กระจกเงานูน

ค. กระจกเงาเว้า

ง. ไม่มีกระจกเงาใดตรงกับคุณสมบัติข้างต้น

เหตุผลประกอบ.....
.....
...../

12. จากภาพการหักเหของแสงเมื่อแสงเคลื่อนที่จากตัวกลาง X ไปยังตัวกลาง Y ตัวกลาง X และ Y ควรเป็นตัวกลางใดตามลำดับ ($\theta_i > \theta_r$)



ก. อากาศ น้ำ

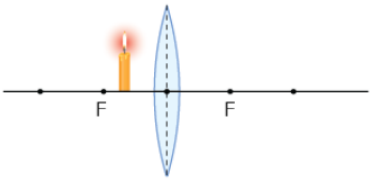
ข. น้ำ อากาศ

ค. พลาสติก น้ำ

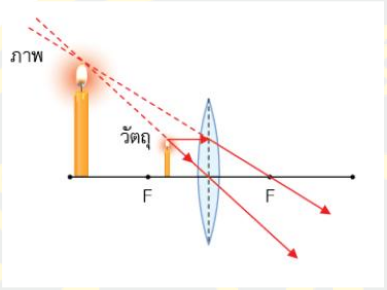
ง. พลาสติก อากาศ

เหตุผลประกอบ.....
.....
...../

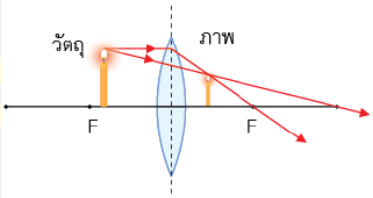
13. ตัวเลือกใดแสดงการเขียนภาพรังสีของแสงในการเกิดภาพจากเลนส์นูนได้ถูกต้อง



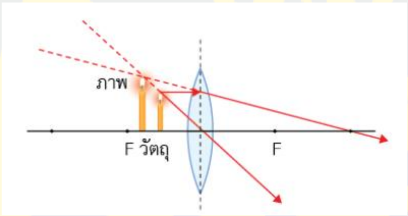
ก.



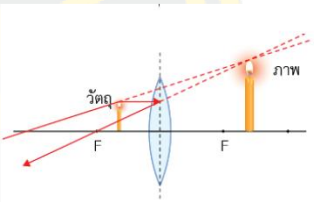
ข.



ค.



ง.

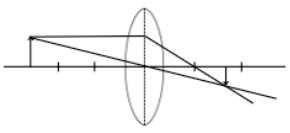


เหตุผลประกอบ.....

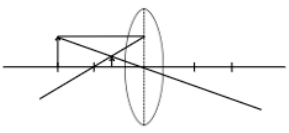
.....

...../

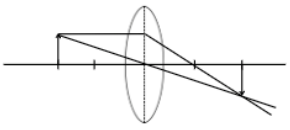
14. จากภาพการเกิดภาพจากเลนส์นูนต่อไปนี้ ข้อใดถูกต้อง



ก



ข



ค

ก. ข ถูกต้อง

ข. ก และ ค ถูกต้อง

ค. ถูกต้องทุกข้อ

ง. ไม่มีข้อใดถูกต้อง

เหตุผลประกอบ.....

.....

.....

15. ข้อใดต่อไปนี้ไม่ใช่ปรากฏการณ์ที่เกิดจากมุมวิกฤต

ก. คนสายตายาว

ข. ปรากฏการณ์มิราจ

ค. แสงแววับของเพชร

ง. แสงในเส้นใยนำแสง

เหตุผลประกอบ.....
.....
...../

16. คนสายตาสั้นเกิดจากแสงที่ทำให้เกิดภาพตกก่อนถึงจุดเรตินา คนสายตาสั้นจึงต้องแก้ปัญหาด้วยวิธีการใด

ก. ใส่แว่นกันแดด

ข. ใส่แว่นเลนส์นูน

ค. ใส่แว่นเลนส์เว้า

ง. ใส่แว่นกระจกเว้า

เหตุผลประกอบ.....
.....
...../

17. ข้อใดกล่าว**ถูกต้อง**เกี่ยวกับความสว่าง

ก. ความสว่างมีหน่วยเป็น ลักซ์

ข. ความสว่างคือปริมาณของแสงที่ตกกระทบพื้นที่หนึ่ง ๆ

ค. ความสว่างในแต่ละสถานที่มีค่าไม่เท่ากันขึ้นอยู่กับความเหมาะสมในการใช้งาน

ง. ถูกต้องทุกข้อ

เหตุผลประกอบ.....
.....
...../

18. ข้อใดคืออันตรายของแสงที่มีต่อดวงตา

ก. การใส่แว่นกันแดดในวันแดดจ้า

ข. การอ่านหนังสือในบริเวณที่ไฟหรี่

ค. การใส่แว่นกันไฟเมื่อเชื่อมเหล็ก

ง. ถูกทุกข้อ

เหตุผลประกอบ.....

.....

.....

จากตารางความสว่างต่อไปนี้ใช้ตอบคำถามข้อ 19-20

สถานที่	**ความสว่างโดยประมาณ (lux)**
ห้องเรียน	300 – 750
ห้องสมุด	750 – 1,500
โรงพลศึกษา	75 - 300
ห้องประชุม	200 - 800

19. ความสว่าง 500 lux เหมาะกับสถานที่ใดบ้าง

ก. ห้องเรียน และห้องสมุด

ข. ห้องสมุด และโรงพลศึกษา

ค. ห้องเรียน และห้องประชุม

ง. ห้องประชุม และโรงพลศึกษา

เหตุผลประกอบ.....

.....

.....

20. สถานที่ใดที่ต้องการความสว่างเพียง 100 lux

ก. ห้องสมุด

ข. ห้องเรียน

ค. ห้องประชุม

ง. โรงพลศึกษา

เหตุผลประกอบ.....

.....

......./

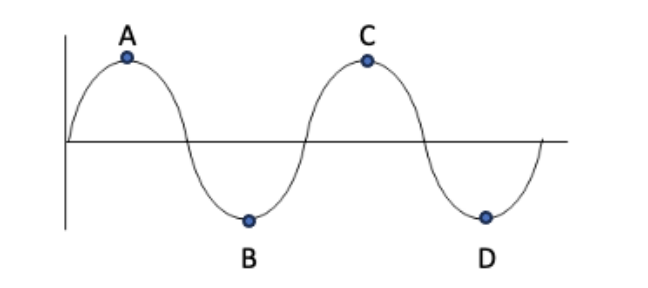
แนวคำตอบแบบทดสอบวัดความเข้าใจก่อนเรียนและหลังเรียน
วิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เรื่อง คลื่นและแสง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ชื่อ.....ชั้น ม.3/..... เลขที่.....

คำชี้แจง ข้อสอบมีทั้งหมด 20 ข้อ ในแต่ละข้อประกอบด้วย 2 ส่วน
ส่วนที่ 1 ให้นักเรียนทำเครื่องหมาย ✕ ในข้อที่ถูกที่สุด
ส่วนที่ 2 ให้นักเรียนเขียนเหตุผลว่าเพราะเหตุใดจึงเลือกตอบข้อนั้น โดยให้นักเรียนตอบคำถามพร้อมบอกเหตุผลในการตอบในแต่ละข้อให้สมบูรณ์ที่สุดอย่างเต็มความสามารถ

---

1. จากภาพ ข้อใดกล่าว**ไม่ถูกต้อง**



(ส่วนนี้เป็นความเข้าใจด้านการตีความ)

ก. จากจุด A ถึง จุด B คือคลื่น 1 ลูก
ข. จากจุด A ถึง จุด C คือค่าความยาวคลื่น
ค. จากจุด B ถึง จุด D คือค่าความยาวคลื่น
ง. จุด A คือสันคลื่น และจุด B คือท้องคลื่น

(ส่วนนี้เป็นความเข้าใจด้านการขยายความ)

เหตุผลประกอบ...เพราะหากพิจารณาจากจุด A ถึงจุด B จะเป็นคลื่นเพียงครึ่งลูก และหากพิจารณาจุดดังรูป จะมีคลื่น 1 ลูก 2 กรณี คือ จุด A ถึงจุด C และ จุด B ถึงจุด D

2. ข้อใดต่อไปนี้ไม่ถูกต้องเกี่ยวกับส่วนประกอบของคลื่นกล

(ส่วนนี้เป็นความเข้าใจด้านการตีความ)

ก. สันคลื่นคือส่วนที่สูงที่สุดของลูกคลื่น
ข. ท้องคลื่นคือส่วนที่ต่ำที่สุดของลูกคลื่น
ค. แอมพลิจูดคือจุดที่สูงสุดหรือต่ำสุดของลูกคลื่น
ง. ตำแหน่งจากสันคลื่นถึงท้องคลื่นคือหนึ่งลูกคลื่น

(ส่วนนี้เป็นความเข้าใจด้านการขยายความ)

เหตุผลประกอบ...เพราะหนึ่งลูกคลื่นคือตำแหน่งจากสันคลื่นถึงสันคลื่น หรือ ท้องคลื่นถึงท้องคลื่น ดังนั้นตำแหน่งจากสันคลื่นถึงท้องคลื่น คือลูกคลื่นเพียงครึ่งลูก

3. ข้อความได้ต่อไปนี้กล่าวถูกต้องเกี่ยวกับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

(ส่วนนี้เป็นความเข้าใจด้านการตีความ)

1. คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นคลื่นตามขวาง
2. คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเกิดจากการเหนี่ยวนำระหว่างสนามแม่เหล็กกับสนามไฟฟ้า
3. คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจำเป็นต้องอาศัยตัวกลางในการเดินทาง

ก. ข้อ 2 ถูกต้องเท่านั้น

ข. ข้อ 1 และ 2 ถูกต้อง

ค. ข้อ 2 และ 3 ถูกต้อง

ง. ข้อ 1 2 และ 3 ถูกต้อง

(ส่วนนี้เป็นความเข้าใจด้านการขยายความ)

เหตุผลประกอบ...คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นคลื่นตามขวาง ที่เกิดจากการเหนี่ยวนำระหว่างสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้า ซึ่งไม่จำเป็นต้องอาศัยตัวกลางในเดินทาง เช่น แสง เป็นต้น

4. คลื่นสามชนิดต่อไปนี้ คลื่นใดมีค่าความถี่สูงสุด

(ส่วนนี้เป็นความเข้าใจด้านการตีความ)

1. คลื่น A มีความยาวคลื่นมากกว่าคลื่น B
2. คลื่น B มีความยาวคลื่นน้อยกว่าคลื่น A แต่มากกว่าคลื่น C

ก. คลื่น A

ข. คลื่น B

ค. คลื่น C

ง. ข้อมูลไม่เพียงพอ

(ส่วนนี้เป็นความเข้าใจด้านการขยายความ)

เหตุผลประกอบ...คลื่นที่มีความยาวน้อยที่สุด จะส่งผลให้คลื่นนั้นมีความถี่มากที่สุด ซึ่งเมื่อพิจารณาแล้ว พบว่าคลื่น C มีความยาวคลื่นน้อยที่สุด แสดงว่ามีค่าความถี่มากที่สุด

5. คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าใดที่ถูกนำมาใช้ประโยชน์ด้านการสื่อสาร โทรคมนาคม

(ส่วนนี้เป็นความเข้าใจด้านการตีความ)

ก. คลื่นวิทยุ

ข. คลื่นแสง

ค. รังสีแกมมา

ง. รังสีอินฟาเรด

(ส่วนนี้เป็นความเข้าใจด้านการขยายความ)

เหตุผลประกอบ...เพราะคลื่นวิทยุเป็นคลื่นที่มีความยาวคลื่นมากที่สุด จึงสามารถเดินทางผ่านชั้นบรรยากาศได้

6. คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าใดที่ถูกนำมาใช้ในการทำระเบิดปรมาณู ซึ่งเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต

(ส่วนนี้เป็นความเข้าใจด้านการตีความ)

ก. รังสีเอกซ์

ข. คลื่นแสง

ค. รังสีแกมมา

ง. รังสีอินฟาเรด

(ส่วนนี้เป็นความเข้าใจด้านการขยายความ)

เหตุผลประกอบ...เพราะรังสีแกมมามีความยาวคลื่นน้อยกว่า 0.01 นาโนเมตร ซึ่งเป็นรังสีที่ความยาวคลื่นสั้นที่สุดจึงมีพลังงานที่สูงมาก จึงถูกนำมาใช้ในการสร้างระเบิดได้

7. ข้อใดเป็นไปตามกฎการสะท้อนของแสง

(ส่วนนี้เป็นความเข้าใจด้านการตีความ)

ก. ถ้ามุมตกกระทบมีค่า 90 องศา มุมสะท้อนจะมีค่า 180 องศา

ข. ถ้ารังสีตกกระทบอยู่ในระนาบแกน x รังสีสะท้อนจะอยู่ในระนาบแกน y

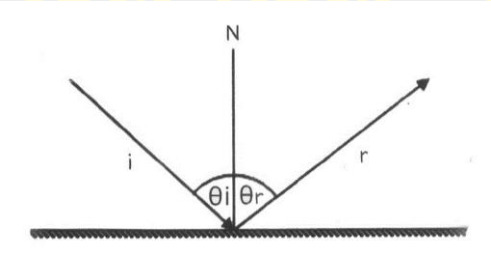
ค. ถ้ามุมสะท้อนมีค่า 45 องศา มุมตกกระทบตกกระทบก็มีค่า 45 องศาเช่นกัน

ง. รังสีตกกระทบและรังสีสะท้อนจะอยู่ในระนาบแกน x ส่วนเส้นแนวฉากจะอยู่ในระนาบแกน y

(ส่วนนี้เป็นความเข้าใจด้านการขยายความ)

เหตุผลประกอบ...เพราะกฎการสะท้อนของแสงมีอยู่ 2 ข้อ คือ มุมตกกระทบจะมีค่าเท่ากับมุมสะท้อนเสมอ และ รังสีตกกระทบ รังสีสะท้อน และเส้นแนวฉากจะอยู่ในระนาบเดียวกัน ดังนั้นตามโจทย์ข้อ ค มุมตกกระทบและมุมสะท้อนมีค่า 45 องศาเท่ากัน เป็นข้อที่ถูกต้อง

จากภาพต่อไปนี้ใช้ตอบคำถามข้อ 8-9



8. จากภาพ เส้น i แสดงถึงสิ่งใดต่อไปนี้

(ส่วนนี้เป็นความเข้าใจด้านการตีความ)

ก. รังสีสะท้อน ข. เส้นแนวฉาก

ค. รังสีตกกระทบ ง. มุมตกกระทบ

(ส่วนนี้เป็นความเข้าใจด้านการขยายความ)

เหตุผลประกอบ...เพราะเส้นรังสีตกกระทบคือเส้นที่รังสีพุ่งเข้าหาวัตถุ แทนด้วยตัวแปร i มาจากคำว่า incident ray

9. จากภาพ เส้น r แสดงถึงสิ่งใดต่อไปนี้

(ส่วนนี้เป็นความเข้าใจด้านการตีความ)

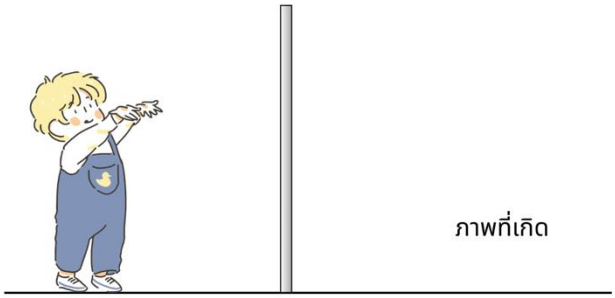
ก. รังสีสะท้อน ข. เส้นแนวฉาก

ค. รังสีตกกระทบ ง. มุมตกกระทบ

(ส่วนนี้เป็นความเข้าใจด้านการขยายความ)

เหตุผลประกอบ...เพราะเส้นรังสีสะท้อนคือเส้นที่รังสีพุ่งออกจากวัตถุ แทนด้วยตัวแปร r มาจากคำว่า reflected ray

10. จากภาพ ภาพที่เกิดขึ้นจากกระจกเงาราบจะมีลักษณะแบบใด



(ส่วนนี้เป็นความเข้าใจด้านการตีความ)

ก.

ข.

ค.

ง.

(ส่วนนี้เป็นความเข้าใจด้านการขยายความ)

เหตุผลประกอบ...เพราะภาพที่ได้จากกระจกเงาราบจะเป็นภาพเสมือนอยู่หลังกระจก ซึ่งมีลักษณะภาพกลับจากซ้ายไปขวาของวัตถุจริง จึงตรงกับข้อ ข.

11. จากข้อมูลต่อไปนี้ คือคุณสมบัติของกระจกเงาชนิดใด

1. ได้ภาพเสมือนหลังกระจก
2. ภาพที่ได้ทั้งขนาดใหญ่กว่า เล็กกว่า และเท่ากันกับวัตถุ
3. เกิดได้ทั้งภาพจริงและภาพเสมือน

(ส่วนนี้เป็นความเข้าใจด้านการตีความ)

ก. กระจกเงาราบ

ข. กระจกเงานูน

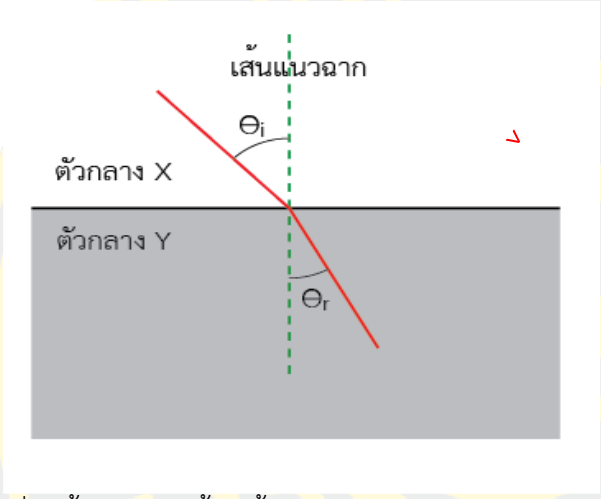
ค. กระจกเงาเว้า

ง. ไม่มีกระจกเงาใดตรงกับคุณสมบัติข้างต้น

(ส่วนนี้เป็นความเข้าใจด้านการขยายความ)

เหตุผลประกอบ...เพราะกระจกเงาเว้าใช้หลักการรวมแสงจึงทำให้เกิดได้ทั้งภาพจริงและภาพเสมือน หากเป็นภาพจริงจะเกิดหน้ากระจก หากเป็นภาพเสมือนจะเกิดหลังกระจก และยังได้ขนาดภาพที่อาจจะใหญ่กว่า เล็กกว่า หรือเท่ากันกับวัตถุ ขึ้นอยู่กับระยะของวัตถุนั้น ๆ

12. จากภาพการหักเหของแสงเมื่อแสงเคลื่อนที่จากตัวกลาง X ไปยังตัวกลาง Y ตัวกลาง X และ Y ควรเป็นตัวกลางใดตามลำดับ ($\theta_i > \theta_r$)



(ส่วนนี้เป็นความเข้าใจด้านการตีความ)

ก. อากาศ น้ำ

ข. น้ำ อากาศ

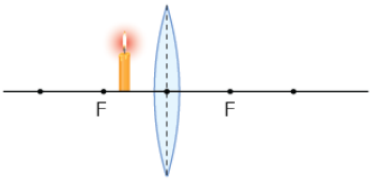
ค. พลาสติก น้ำ

ง. พลาสติก อากาศ

(ส่วนนี้เป็นความเข้าใจด้านการขยายความ)

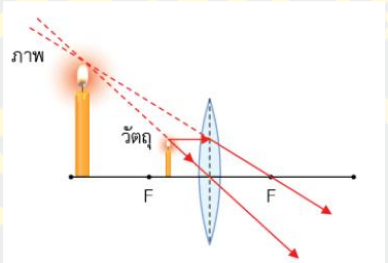
เหตุผลประกอบ...เพราะการหักเหของแสงที่ทำให้เกิดมุมตกกระทบมากกว่ามุมหักเห หรือตามที่โจทย์กำหนดคือ $\theta_i > \theta_r$ เกิดจากการเดินทางของแสงผ่านตัวกลางที่มีความเร็วมากไปยังตัวกลางที่มีความเร็วน้อยกว่า ซึ่งอากาศเป็นตัวกลางที่มีความเร็วมากที่สุด และมากกว่าน้ำด้วย ดังนั้น เมื่อแสงเดินทางผ่านอากาศไปยังน้ำ จะทำให้เส้นรังสีเบนเข้าหาเส้นปกติ ซึ่งหมายความว่ามุมตกกระทบจะมากกว่ามุมหักเห

13. ตัวเลือกใดแสดงการเขียนภาพรังสีของแสงในการเกิดภาพจากเลนส์นูนได้ถูกต้อง

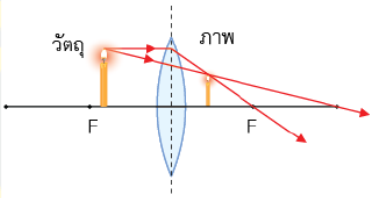


(ส่วนนี้เป็นความเข้าใจด้านการตีความ)

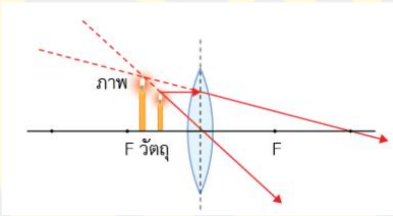
ก.



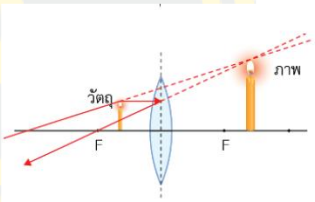
ข.



ค.



ง.



(ส่วนนี้เป็นความเข้าใจด้านการขยายความ)

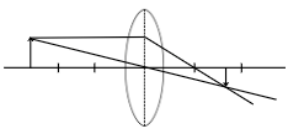
เหตุผลประกอบ...เพราะเลนส์นูนใช้หลักการรวมแสง และหลักการเขียนภาพที่เกิดจากเลนส์นูนคือ

1. ลากเส้นรังสีออกจากหัววัตถุในแนวขนานไปชนกับเส้นปกติและลากลงมาผ่านจุด F'

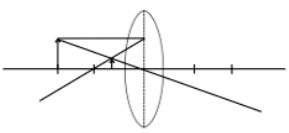
2. ลากเส้นรังสีที่ 2 ออกจากหัววัตถุ โดยทำการลากผ่านไปยังจุดกึ่งกลางเลนส์ได้เลย

3. จะเกิดจุดตัดขึ้น ทำให้เกิดเป็นภาพออกมา

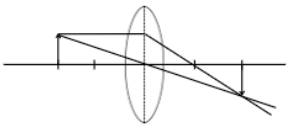
14. จากภาพการเกิดภาพจากเลนส์นูนต่อไปนี้ ข้อใดถูกต้อง



ก



ข



ค

(ส่วนนี้เป็นความเข้าใจด้านการตีความ)

ก. ข ถูกต้อง

ข. ก และ ค ถูกต้อง

ค. ถูกต้องทุกข้อ

ง. ไม่มีข้อใดถูกต้อง

(ส่วนนี้เป็นความเข้าใจด้านการขยายความ)

เหตุผลประกอบ...เพราะหลักการในการวาดภาพที่เกิดจากเลนส์นูนคือการรวมแสง ดังนั้นข้อ ก และ ค เป็นการวาดภาพจากหลักการรวมแสง ส่วนข้อ ข เป็นหลักการกระจายแสง ซึ่งไม่ถูกต้องกับเลนส์นูน

15. ข้อใดต่อไปนี้ไม่ใช่ปรากฏการณ์ที่เกิดจากมุมวิกฤต

(ส่วนนี้เป็นความเข้าใจด้านการตีความ)

ก. คนสายตายาว

ข. ปรากฏการณ์มิราจ

ค. แสงแวววับของเพชร

ง. แสงในเส้นใยนำแสง

(ส่วนนี้เป็นความเข้าใจด้านการขยายความ)

เหตุผลประกอบ...ข้ออื่นถูกต้องทั้งหมด แต่ข้อ ก. ผิดเพราะมุมวิกฤตคือมุมตกกระทบที่เล็กที่สุดซึ่งทำให้การสะท้อนกลับทั้งหมด โดยจะเกิดขึ้นเมื่อแสงเดินทางจากตัวกลางที่มีดรรชนีหักเหสูงไปยังตัวกลางที่มีดรรชนีหักเหต่ำกว่า ซึ่งทุกข้อเป็นการหักเหของแสงแบบเกิดมุมวิกฤตทั้งหมด ยกเว้นข้อ ก.

16. คนสายตาสั้นเกิดจากแสงที่ทำให้เกิดภาพตกก่อนถึงจุดเรตินา คนสายตาสั้นจึงต้องแก้ปัญหาด้วยวิธีการใด

(ส่วนนี้เป็นความเข้าใจด้านการตีความ)

ก. ใส่แว่นกันแดด

ข. ใส่แว่นเลนส์นูน

ค. ใส่แว่นเลนส์เว้า

ง. ใส่แว่นกระจกเว้า

(ส่วนนี้เป็นความเข้าใจด้านการขยายความ)

เหตุผลประกอบ...คนที่สายตาสั้นเกิดจากการที่สุดโฟกัสของดวงตาทำให้เกิดภาพก่อนถึงจุดเรตินา จึงต้องใส่แว่นเลนส์เว้าเพื่อทำให้เกิดการกระจายแสงเพื่อให้ภาพที่เกิดขึ้นไปตกที่จุดเรตินาพอดี

17. ข้อใดกล่าว**ถูกต้อง**เกี่ยวกับความสว่าง

(ส่วนนี้เป็นความเข้าใจด้านการตีความ)

ก. ความสว่างมีหน่วยเป็น ลักซ์

ข. ความสว่างคือปริมาณของแสงที่ตกกระทบพื้นที่หนึ่ง ๆ

ค. ความสว่างในแต่ละสถานที่มีค่าไม่เท่ากันขึ้นอยู่กับความเหมาะสมในการใช้งาน

ง. ถูกต้องทุกข้อ

(ส่วนนี้เป็นความเข้าใจด้านการขยายความ)

เหตุผลประกอบ...เพราะความสว่างคือปริมาณของแสงที่ตกกระทบกับพื้นที่หนึ่ง ๆ มีหน่วยเป็นลักซ์ ซึ่งความสว่างในแต่ละที่จะไม่เท่ากัน ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมในการใช้งาน

18. ข้อใดคืออันตรายของแสงที่มีต่อดวงตา

(ส่วนนี้เป็นความเข้าใจด้านการตีความ)

ก. การใส่แว่นกันแดดในวันแดดจ้า

ข. การอ่านหนังสือในบริเวณที่ไฟหรี่

ค. การใส่แว่นกันไฟเมื่อเชื่อมเหล็ก

ง. ถูกทุกข้อ

(ส่วนนี้เป็นความเข้าใจด้านการขยายความ)

เหตุผลประกอบ...เพราะการอ่านหนังสือในบริเวณที่แสงไฟไม่เพียงพอจะทำให้สายตาเสีย ส่วนคำตอบในข้ออื่น ๆ คือการป้องกันอันตรายจากแสงที่มีต่อดวงตา

จากตารางความสว่างต่อไปนี้ใช้ตอบคำถามข้อ 19-20

สถานที่	**ความสว่างโดยประมาณ (lux)**
ห้องเรียน	300 – 750
ห้องสมุด	750 – 1,500
โรงพลศึกษา	75 - 300
ห้องประชุม	200 - 800

19. ความสว่าง 500 lux เหมาะกับสถานที่ใดบ้าง
(ส่วนนี้เป็นความเข้าใจด้านการตีความ)

ก. ห้องเรียน และห้องสมุด
ข. ห้องสมุด และโรงพลศึกษา
ค. ห้องเรียน และห้องประชุม
ง. ห้องประชุม และโรงพลศึกษา

(ส่วนนี้เป็นความเข้าใจด้านการขยายความ)
เหตุผลประกอบ...เพราะห้องเรียนมีค่าความสว่างอยู่ที่ 300-750 lux และ ห้องประชุมมีค่าความสว่างอยู่ที่ 200-800 lux ซึ่งเป็นช่วงความสว่างที่อยู่ในช่วง 500 lux

20. สถานที่ใดที่ต้องการความสว่างเพียง 100 lux
(ส่วนนี้เป็นความเข้าใจด้านการตีความ)

ก. ห้องสมุด
ข. ห้องเรียน
ค. ห้องประชุม
ง. โรงพลศึกษา

(ส่วนนี้เป็นความเข้าใจด้านการขยายความ)
เหตุผลประกอบ...เพราะจากตาราง โรงพลศึกษาใช้ความสว่างที่ 75 – 300 lux ซึ่งเป็นความสว่างที่อยู่ในช่วง 100 lux

แบบประเมินความพึงพอใจ

คำชี้แจง ผู้ตอบแบบสอบถาม คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับชมสื่อแอนิเมชันประกอบการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง คลื่นและแสง โดยโปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่อง ☐ ที่ตรงกับความคิดเห็นของท่านหลังจากรับชมสื่อ

รายการ	ระดับความพึงพอใจ				
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	พอใจ	ปรับปรุง
1. ด้านเนื้อหา					
1.1 เนื้อหาเข้าใจได้ง่าย					
1.2 สนุกและชวนติดตาม					
1.3 ระยะเวลามีความเหมาะสมกับเนื้อหาที่นำเสนอ					
1.4 ภาพโดยรวมในด้านเนื้อหา					
1.5 ข้าพเจ้าชอบและอยากดูสื่อแอนิเมชันนี้อีก					
2. ด้านการออกแบบสื่อ					
2.1 ข้าพเจ้ามีความชื่นชอบตัวละคร					
2.2 ข้าพเจ้ามีความชื่นชอบฉาก					
2.3 ข้าพเจ้ามีความชื่นชอบสี					
2.4 ข้าพเจ้ามีความชื่นชอบการเคลื่อนไหวของตัวละคร					
2.5 ข้าพเจ้ามีความชื่นชอบข้อความบรรยาย					
2.6 ภาพโดยรวมด้านการออกแบบสื่อ					
3. ด้านภาพและเสียง					
3.1 ข้าพเจ้าชื่นชอบภาพที่นำเสนอ					
3.2 ความคมชัดของภาพ					
3.3 ข้าพเจ้าชื่นชอบเสียงบรรยาย					
3.4 ข้าพเจ้าชื่นชอบเสียงดนตรี					
3.5 ภาพโดยรวมในด้านภาพและเสียง					

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(.....)

ประวัติย่อของผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล	นางสาวเพ็ญพิมล บุญชู
วัน เดือน ปี เกิด	23 เมษายน 2541
สถานที่เกิด	จังหวัดชลบุรี
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	บ้านเลขที่ 115/21 หมู่ 2 ตำบลบ้านสวน อำเภอเมืองชลบุรี จังหวัดชลบุรี 20000
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2563 วิทยาศาสตร์บัณฑิต (ฟิสิกส์) มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ พ.ศ. 2568 การศึกษามหาบัณฑิต (การสอนวิทยาศาสตร์) มหาวิทยาลัยบูรพา