

การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์
สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 4 จังหวัดสระแก้ว

ปริญญานิพนธ์

ของ

ศศิธร บุญภาพ

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา (ฟิสิกส์)

พฤษภาคม 2548

การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์
สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 4 จังหวัดสระแก้ว

ปริญญานิพนธ์

ของ

ศศิธร บุญภาพ

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา (ฟิสิกส์)

พฤษภาคม 2548

การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์
สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 4 จังหวัดสระแก้ว

บทคัดย่อ

ของ

ศศิธร บุญภาพ

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา (ฟิสิกส์)

พฤษภาคม 2548

ศศิธร บุญภาพ. (2548). การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 4 จังหวัดสระแก้ว. ปริญญาโท กศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา(ฟิสิกส์)). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
คณะกรรมการควบคุม : อาจารย์ ดร.สมปราวณา วงศ์บุญหนัก,
รองศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์.

การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมาย 2 ประการ คือ 1) เพื่อพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 4 ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 70/70 และ 2) เพื่อศึกษาผลการเรียนรู้ด้านความรู้ ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และด้านเจตคติต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์

การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ มีการดำเนินการสร้าง 3 ขั้นตอนประกอบด้วย 1)การพัฒนาและการประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์จากผู้เชี่ยวชาญ 2) การหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์โดยการนำไปทดลองวิจัยกับนักเรียนจำนวน 3 คน ,9 คน และ 15 คน ตามลำดับ และ 3) การนำบทเรียนคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นไปทดลองสอนกับกลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนอรัญประเทศ จังหวัดสระแก้ว ซึ่งได้มาโดยการสุ่มแบบแบ่งกลุ่ม (Cluster Random Sampling) จำนวน 30 คน รูปแบบการทดลองที่ใช้คือ แบบกลุ่มเดียว โดยมีการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน การวิเคราะห์ข้อมูล กรณีทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนใช้สถิติ t – test dependent และกรณีการทดสอบหลังเรียนใช้สถิติ t-test one group

ผลการศึกษาพบว่า

1. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่องแสงเชิงฟิสิกส์ ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพ 71.81/73.00 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด
2. ผลการเรียนรู้ด้านความรู้ของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน
3. ผลการเรียนรู้ด้านความรู้หลังเรียนได้คะแนนร้อยละ 76.25 ซึ่งสูงกว่าระดับดี
4. ผลการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน
5. ผลการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนได้คะแนนร้อยละ 73.44 ซึ่งสูงกว่าระดับดี
6. เจตคติต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ หลังเรียนได้คะแนน 4.15 ซึ่งสูงกว่าระดับดี

A DEVELOPMENT OF COMPUTER-ASSISTED INSTRUCTION LESSONS WITH
INTERNET NETWORK LINKAGE ON “ PHYSICAL OPTICS” FOR THE FOURTH
KEY STAGE STUDENTS IN SAKEAO PROVINCE

AN ABSTRACT
BY
SASITHON BOONPAP

Presented in partial fulfillment of the requirements for the
Master of Education degree in Science Education (Physics)
at Srinakharinwirot University

May 2005

Sasithon Boonpap. (2005). *A Development of Computer-Assisted Instruction Lessons with Internet Network Linkage on "Physical Optics" for The Fourth Key Stage Students in Sakaew Province*. Master thesis, M.Ed. (Science Education(Physics)). Bangkok: Graduate School, Srinakharinwirot University. Advisor Committee : Dr. Sompratana Wongboonnuk, Assoc. Prof. Dr. Natthapong Charoenpit.

This study was conducted under two objectives. : 1) to develop the computer-assisted instruction lessons with internet network linkage on "Physical Optics" for the forth key stage students, to reach the 70/70 criterion and 2) to investigate learning outcomes, on knowledge, science process skill and attitude towards the developed computer-assisted instruction lessons with internet network linkage on "Physical Optics"

The study was accomplished through three stages of operation ; 1) development and quality evaluation of the computer-assisted instruction lessons by experts. 2) efficiency identification of the computer- assisted instruction lessons by three consecutive try-outs with three , nine and fifteen students , respectively and 3) instruction experimentation with thirty M.S. VI students of Aranprathet school in Sakaew province by the Cluster Random Sampling. The experimental design used was the "One-group Pretest-Posttest." Data were analyzed by the dependent t-test and the one group t-test for pre and post tests comparisons and for posttest investigation only, respectively.

The findings were as follows :

1. The efficiency of the developed computer assisted instruction lessons with internet network linkage was 71.81/73.00 , which was higher than the criterion 70/70.
2. Students' post-test scores on knowledge were significantly higher than their pre-test.
3. The post-test average scores on knowledge designated as "good level" of 76.25 percent.
4. Students' post-test scores on science process skills were significantly higher than their pre-test.
5. The post-test average scores on science process skills designated as "good level" of 73.44 percent.

6. Students' post-test scores on attitude towards the development of computer-assisted instruction lessons with internet network linkage on "Physical Optics" designated as "good level" of 4.15

การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์
สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 4 จังหวัดสระแก้ว

ปริญญานิพนธ์

ของ

ศศิธร บุญภาพ

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา (ฟิสิกส์)

พฤษภาคม 2548

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ปริญญานิพนธ์
เรื่อง

การพัฒนบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์
สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 4 จังหวัดสระแก้ว

ของ
นางสาวศศิธร บุญภาพ

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา (ฟิสิกส์)
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เพ็ญศิริ จิระเดชากุล)
วันที่ เดือน 2548

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์

..... ประธาน
(อาจารย์ ดร.สมปรารถนา วงศ์บุญหนัก)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์)

..... กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม
(อาจารย์ ดร.สนอง ทองปาน)

..... กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ปราโมทย์ ฉลุกลัป)

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัย

จาก

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ เนื่องจากได้รับความกรุณาเป็นอย่างดีจาก อาจารย์ ดร. สมปรารถนา วงศ์บุญหนัก ประธานกรรมการที่ปรึกษาและรองศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์ กรรมการที่ปรึกษา ที่ได้อุทิศเวลาอันมีค่า กรุณาให้คำปรึกษาและแนะนำแนวทางในการทำวิจัย ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ มาโดยตลอด ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งและขอกราบขอบพระคุณในความกรุณาไว้เป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.สนอง ทองปาน ที่กรุณาให้คำแนะนำและตรวจสอบแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย รวมทั้งให้คำแนะนำเพิ่มเติมในการสอบปากเปล่าเกี่ยวกับปริญญานิพนธ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ปราโมทย์ นฤกัลป์ ที่กรุณาให้คำแนะนำเพิ่มเติมในการสอบปากเปล่าเกี่ยวกับปริญญานิพนธ์

ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์รังสรรค์ ศรีสาคร ,อาจารย์ราม ดิยาวารี ,ผู้ช่วยศาสตราจารย์อุษณา นฤกัลป์ ,อาจารย์พิสิฐ ศรีสวัสดิ์ ที่กรุณาให้คำแนะนำและตรวจสอบแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์พิสิฐ ศรีสวัสดิ์ ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำเกี่ยวกับการจัดทำเว็บไซต์ ตลอดจนช่วยแก้ไขปัญหาดังต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นด้วยดีตลอดมา

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้อำนวยการโรงเรียนสิรินธรราชวิทยาลัย จังหวัดนครปฐม ผู้อำนวยการโรงเรียนวัฒนาธร จังหวัดสระแก้ว คณะครูอาจารย์ทุกท่านที่ได้อำนวยความสะดวก และให้ความอนุเคราะห์ในการพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้อำนวยการโรงเรียนอรัญประเทศ และคณะครูอาจารย์ทุกท่านที่ให้ความสะดวก เป็นกำลังใจ สนับสนุนและช่วยเหลือในการดำเนินการเก็บข้อมูลให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี และขอขอบคุณนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ทุกคน ที่ให้ความร่วมมือในการเก็บข้อมูลงานวิจัยครั้งนี้เป็นอย่างดี

ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา สมาชิกในครอบครัวทุกท่าน อาจารย์สุกัญญา เมฆสวัสดิ์ อาจารย์สุทิดา ดันติกุลวิจิตร ตลอดจนพี่ ๆ น้อง ๆ นิสิตปริญญาโทวิทยาศาสตร์ศึกษา ที่ให้คำแนะนำช่วยเหลือและเป็นกำลังใจแก่ผู้วิจัยมาโดยตลอด ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาและขอขอบพระคุณไว้ ณ โอกาสนี้

คุณค่าและประโยชน์ใด ๆ อันเกิดจากของปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นเครื่องบูชาพระคุณของแผ่นดิน คุณบิดามารดา คุณครูอาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่าน

ศศิธร บุญภาพ

สารบัญ

บทที่	หน้า
1	
บทนำ.....	1
ภูมิหลัง.....	1
ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	5
ความสำคัญของการวิจัย.....	5
ขอบเขตของการวิจัย.....	5
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	8
สมมติฐานของการวิจัย.....	10
กรอบแนวคิดการวิจัย.....	11
2	
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	12
หลักสูตรสถานศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 และ	
สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์.....	13
เนื้อหาสาระ เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์	
ทฤษฎีเกี่ยวกับแสง.....	15
หลักการซ้อนทับของคลื่น	17
การแทรกสอดของแสง	19
การเลี้ยวเบนของแสง	29
โพลาไรเซชันของแสง	34
อินเทอร์เน็ต	
ความหมาย	39
บริการบนอินเทอร์เน็ต.....	40
บทบาทที่สำคัญของอินเทอร์เน็ตเพื่อการศึกษา.....	43
แนวคิดพื้นฐานการจัดการเรียนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต.....	45
รูปแบบของอินเทอร์เน็ตทางการศึกษา.....	47
คุณลักษณะของการเรียนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต.....	51
จุดเด่นของการเรียนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต	52

สารบัญ (ต่อ)

บทที่

หน้า

2 (ต่อ)

การเรียนการสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต	
ความหมาย.....	53
การออกแบบเว็บเพื่อการศึกษา	54
ข้อควรพิจารณาในการออกแบบเว็บเพื่อการศึกษา.....	58
โครงสร้างของเว็บเพื่อการศึกษา	59
คุณภาพของเว็บเพื่อการศึกษา.....	62
การพัฒนาเว็บเพื่อการศึกษา.....	63
งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเรียนการสอนผ่านเว็บ.....	65
ผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้.....	67
ความหมาย.....	67
กรอบพฤติกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้.....	67
การสร้างเครื่องมือวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้.....	70
การวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้โดยใช้แผนที่ความคิด.....	72
งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลการเรียนรู้ด้านความรู้.....	77
ผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์.....	80
ความหมาย.....	80
ประเภทของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์.....	81
การประเมินผลทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์.....	86
งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการ	
ทางวิทยาศาสตร์.....	86
เจตคติต่อวิทยาศาสตร์.....	88
ความหมาย.....	88
การวัดผลการเรียนรู้ด้านเจตคติต่อวิทยาศาสตร์.....	89
งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเจตคติต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน	
ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต.....	92

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
3 วิธีการดำเนินการวิจัย.....	94
ขั้นตอนที่ 1 การพัฒนาและการประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์.....	94
ขั้นตอนที่ 2 การหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์.....	97
ขั้นตอนที่ 3 การนำบทเรียนคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นไปทดลองสอน.....	99
การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	111
การวิเคราะห์ข้อมูล.....	112
สถิติที่ใช้ในการวิจัย.....	113
4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	119
ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต.....	119
ผลการเรียนรู้ด้านความรู้ของนักเรียน.....	120
ผลการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน.....	124
เจตคติของนักเรียนต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต.....	127
5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	128
ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	128
สมมติฐานในการวิจัย.....	128
วิธีดำเนินการวิจัย.....	129
การวิเคราะห์ข้อมูล.....	131
สรุปผลการวิจัย.....	132
อภิปรายผล.....	133
ข้อเสนอแนะ.....	143
บรรณานุกรม.....	145
ภาคผนวก.....	153

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
ภาคผนวก ก.....	154
ภาคผนวก ข.....	161
ภาคผนวก ค.....	190
ภาคผนวก ง.....	212
ภาคผนวก จ.....	229
ภาคผนวก ฉ.....	237
ภาคผนวก ช.....	265
ภาคผนวก ซ.....	286
ภาคผนวก ฌ.....	291
ประวัติย่อผู้วิจัย.....	295

บัญชีตาราง

ตาราง	หน้า
1 คะแนนตามค่าประจำของแต่ละระดับความเห็น.....	91
2 สรุปการแก้ไขข้อบกพร่องจากแผ่นเรื่องราวบทเรียนและบทเรียนคอมพิวเตอร์ ช่วยสอนตามความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ.....	95
3 สรุปการแก้ไขข้อบกพร่องจากบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่าน ความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ.....	97
4 สรุปการแก้ไขข้อบกพร่องจากบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่าน ความเห็นของนักเรียน.....	98
5 การแบ่งช่วงเวลาและการประเมินผลการใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์.....	100
6 การจำแนกแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้แบบปรนัย.....	101
7 การจำแนกแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้แบบอัตนัย.....	103
8 เกณฑ์และตัวบ่งชี้การประเมินผลการเรียนรู้ด้านความรู้โดยใช้แผนที่ความคิด.....	105
9 การจำแนกแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์....	108
10 คะแนนพฤติกรรมทางบวก และพฤติกรรมทางลบ.....	110
11 แบบแผนการวิจัย.....	111
12 ผลการประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์โดยผู้เชี่ยวชาญ.....	119
13 เปรียบเทียบค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากแบบฝึกหัดระหว่างเรียน และแบบทดสอบหลังเรียน.....	120
14 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยของผลการเรียนรู้ด้านความรู้จากการทดสอบ แบบปรนัยก่อนเรียนและการทดสอบหลังเรียน.....	121
15 ร้อยละของคะแนนเฉลี่ยของผลการเรียนรู้ด้านความรู้จากการทดสอบ แบบปรนัยหลังเรียน.....	122
16 ร้อยละของคะแนนเฉลี่ยของผลการเรียนรู้ด้านความรู้จากการทดสอบ แบบอัตนัยหลังเรียน.....	123
17 ร้อยละของคะแนนเฉลี่ยของผลการเรียนรู้ด้านความรู้จากการทำแผนที่ความคิด หลังเรียน.....	124

บัญชีตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
18 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยของผลการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จากแบบทดสอบนัยก่อนเรียนและการทดสอบหลังเรียน.....	125
19 ร้อยละของคะแนนเฉลี่ยของผลการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จากแบบทดสอบหลังเรียน.....	126
20 คะแนนเฉลี่ยเจตคติของนักเรียนต่อการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์	127
21 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ด้านเนื้อหาของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่าน เครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์.....	213
22 สรุปการประเมินคุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่าย อินเทอร์เน็ต เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ โดยผู้เชี่ยวชาญ.....	215
23 สรุปความคิดเห็นของนักเรียนต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่าย อินเทอร์เน็ต เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ โดยนักเรียน.....	216
24 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างจุดประสงค์และพฤติกรรมที่ต้องการวัดของ แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้(แบบปรนัย).....	217
25 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างจุดประสงค์และพฤติกรรมที่ต้องการวัดของ แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้(แบบอัตนัย).....	220
26 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของเกณฑ์ที่ใช้ประเมินพฤติกรรมการแสดงออก กับระดับคะแนนของแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้แบบอัตนัย.....	221
27 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของเกณฑ์และตัวบ่งชี้การประเมินผลการเรียนรู้ ด้านความรู้โดยใช้แผนที่ความคิด.....	222
28 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างหน่วยการเรียนรู้และประเมินพฤติกรรม ที่ต้องการวัดของแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการ.....	224
29 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของรายการประเมินและพฤติกรรมที่ต้องการวัด ของแบบสอบถามวัดเจตคติต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่าย อินเทอร์เน็ต เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์.....	227

บัญชีตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
30 แสดงค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดผล การเรียนรู้ด้านความรู้.....	230
31 แสดงค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดผล การเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์.....	234
32 ค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบฝึกหัดระหว่างเรียนของนักเรียน จำนวน 9 คน.....	238
33 ค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้แบบปรนัย หลังเรียนของนักเรียน จำนวน 9 คน.....	238
34 ค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบฝึกหัดระหว่างเรียนของนักเรียน จำนวน 15 คน.....	239
35 ค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้แบบปรนัย หลังเรียนของนักเรียน จำนวน 15 คน.....	240
36 ค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบฝึกหัดระหว่างเรียนของนักเรียน จำนวน 30 คน.....	241
37 ค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้แบบปรนัย หลังเรียนของนักเรียน จำนวน 30 คน.....	243
38 คะแนนผลการเรียนรู้ด้านความรู้แบบปรนัยจากการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน ของนักเรียน จำนวน 30 คน..	245
39 ค่าร้อยละของคะแนนผลการเรียนรู้ด้านความรู้แบบปรนัยจากการทดสอบก่อนเรียน และหลังเรียนของนักเรียน จำนวน 30 คน.....	247
40 คะแนนผลการเรียนรู้ด้านความรู้แบบปรนัยจากการทดสอบหลังเรียนของ นักเรียนจำนวน 30 คน.....	249
41 คะแนนผลการเรียนรู้ด้านความรู้แบบอัตนัยจากการทดสอบหลังเรียนของ นักเรียนจำนวน 30 คน.....	251
42 คะแนนผลการเรียนรู้ด้านความรู้โดยใช้แผนที่ความคิดหลังเรียนของ นักเรียนจำนวน 30 คน.....	253

บัญชีตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
43 คะแนนจากการทำแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้แบบปรนัย อัตรา และ การทำแผนที่ความคิดหลังเรียนของนักเรียนจำนวน 30 คน.....	255
44 คะแนนผลการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จากการทดสอบ ก่อนและหลังเรียนของนักเรียนจำนวน 30 คน.....	257
45 ค่าร้อยละของผลการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ก่อนและหลังเรียนของนักเรียนจำนวน 30 คน.....	259
46 คะแนนผลการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียน ของนักเรียน จำนวน 30 คน.....	261
47 คะแนนผลเจตคติของนักเรียนต่อการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต จำนวน 30 คน.....	263

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 การซ้อนทับของคลื่น.....	18
2 การซ้อนทับของคลื่นดลสองคลื่น.....	18
3 การซ้อนทับของคลื่นดลสองคลื่นซึ่งเหมือนกันทุกประการ.....	19
4 การทดลองของยัง.....	20
5 ตำแหน่งการแทรกสอด.....	21
6 การแทรกสอดของแสงผ่านสลิตคู่.....	22
7 การแทรกสอดของแสงผ่านสลิตคู่ที่มีระยะห่างระหว่างช่องต่างกัน.....	22
8 ทางเดินของแสงจาก S_1 และ S_2 ไปยังฉาก.....	23
9 การแทรกสอดของแสงจาก S_1 และ S_2 ไปยังฉาก.....	24
10 การแทรกสอดของแสงผ่านเกรตติงไปยังฉาก.....	26
11 การทดลองวัดความยาวคลื่นแสงโดยมองผ่านเกรตติง.....	27
12 การเปรียบเทียบการแทรกสอดของแสงผ่านสลิตเดี่ยว สลิตคู่และเกรตติง.....	29
13 การเลี้ยวเบนของแสงผ่านรูเล็ก ๆ.....	30
14 การเลี้ยวเบนของคลื่นผ่านช่องกั้นขนาดต่าง ๆ.....	31
15 การเลี้ยวเบนของคลื่นผ่านช่องกั้น.....	31
16 รังสีของแสงที่ออกจากช่องกั้น.....	32
17 แถบมืดแถบสว่างเล็ก ๆ ในแถบสว่างจากสลิตเดี่ยว.....	32
18 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสง ณ ตำแหน่งต่าง ๆ บนฉาก	33
19 ผลที่เกิดจากแสงผ่านช่องแคบเดี่ยวที่มีความกว้างของช่องสลิตขนาดต่างกัน.....	34
20 ตัวทำแสงโพลาไรซ์กับตัววิเคราะห์ตั้งฉากกันจะไม่มีแสงออกจากตัววิเคราะห์.....	35
21 แสงผ่านแผ่นโพลาไรซ์ 1 แผ่น.....	35
22 การโพลาไรซ์โดยการสะท้อน.....	37
23 การโพลาไรซ์โดยผ่านผลึก.....	37
24 การจัดแสดงหน้าเว็บเพจแบบเชิงเส้น.....	55
25 การจัดแสดงหน้าเว็บเพจแบบลำดับขั้น.....	55
26 การจัดแสดงหน้าเว็บเพจแบบผสม.....	56

บัญชีภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
27 โครงสร้างแผนที่ความคิดชนิดกระจายออก.....	72
28 โครงสร้างแผนที่ความคิดชนิดปลายเปิด.....	73
29 โครงสร้างแผนที่ความคิดชนิดปลายปิด.....	73
30 โครงสร้างแผนที่ความคิดชนิดเชื่อมโยงข้ามชุด.....	73
31 โครงสร้างแผนที่ความคิดชนิดผสม.....	74
32 การให้คะแนนแผนที่ความคิด.....	75
33 ทดลองใช้แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้กับนักเรียน 100 คน.....	292
34 ทดลองใช้แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ กับนักเรียน 100 คน.....	292
35 ทดลองใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตกับ นักเรียนจำนวน 3 คน.....	292
36 ทดลองใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตกับ นักเรียนจำนวน 15 คน.....	293
37 ทดลองใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตกับ นักเรียนจำนวน 30 คน.....	293
38 ทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้หลังเรียนกับกลุ่มตัวอย่าง 30 คน.....	293
39 ทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้หลังเรียนกับกลุ่มตัวอย่าง 30 คน.....	294
40 ทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียน กลุ่มตัวอย่าง 30 คน.....	294

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

ในภาวะที่โลกกำลังเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วเนื่องจากแรงขับเคลื่อนจากกระแสโลกาภิวัตน์ การเปิดเสรีทางเศรษฐกิจและการติดต่อสื่อสารที่รวดเร็วฉับพลันทำให้โลกไร้พรมแดน ซึ่งนำไปสู่การแข่งขันในด้านต่าง ๆ การที่จะสร้างเสริมขีดความสามารถของประเทศในการแข่งขันระดบนานาชาติ จะต้องอาศัยการพัฒนาทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นสำคัญ เนื่องจากความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีได้เข้ามาเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันมากขึ้น และเป็นเครื่องมือที่จะช่วยยกระดับมาตรฐานความเป็นอยู่ของประชาชนให้ดีขึ้น การจะส่งเสริมพัฒนาทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีจะต้องอาศัยการวางรากฐานทางการศึกษาที่มีคุณภาพ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นเร่งด่วนที่จะต้องพัฒนาทางด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา เพื่อให้คนไทยมีความรู้ความเข้าใจในวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สามารถดำเนินชีวิตได้อย่างรู้เท่าทันและนำไปสู่การพัฒนาที่ยั่งยืน(สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. 2543 : คำนำ)

ตามพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พุทธศักราช 2542 ได้กำหนดแนวการจัดการศึกษาที่ยึดหลักว่า ผู้เรียนทุกคนมีความสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้และถือว่าผู้เรียนมีความสำคัญที่สุด การจัดกระบวนการเรียนรู้ มาตรา 24 ได้ระบุให้สถานศึกษาและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องดำเนินการดังนี้ 1) จัดเนื้อหาสาระและกิจกรรมให้สอดคล้องกับความสนใจและความถนัดของผู้เรียนโดยคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล 2) ฝึกทักษะกระบวนการคิด การจัดการ การเผชิญสถานการณ์ และการประยุกต์ความรู้มาใช้ เพื่อป้องกันและแก้ไขปัญหา 3) จัดกิจกรรมให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากประสบการณ์จริง ฝึกการปฏิบัติให้ทำได้ คิดเป็น ทำเป็น รักการอ่านและเกิดการใฝ่รู้อย่างต่อเนื่อง 4) จัดการเรียนการสอนโดยผสมผสานสาระความรู้ต่าง ๆ อย่างได้สัดส่วนสมดุลกันรวมทั้งปลูกฝังคุณธรรม ค่านิยมที่ดีงามและคุณลักษณะอันพึงประสงค์ไว้ในทุกสาระการเรียนรู้ 5) ส่งเสริมสนับสนุนให้ผู้สอนสามารถจัดบรรยากาศ สภาพแวดล้อม สื่อการเรียนการสอนและอำนวยความสะดวกเพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ รวมทั้งสามารถใช้การวิจัยเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการเรียนรู้ ทั้งนี้ผู้สอนและผู้เรียนอาจเรียนรู้ไปพร้อมกันจากสื่อการเรียนการสอนและแหล่งเรียนรู้ 6) จัดการเรียนรู้ให้เกิดขึ้นได้ทุกเวลา ทุกสถานที่ มีการประสานความร่วมมือกับบิดามารดา ผู้ปกครอง และบุคคลในชุมชนทุกฝ่าย เพื่อร่วมกันพัฒนาผู้เรียนตามศักยภาพ (อุดมศักดิ์ ธนะกิจรุ่งเรือง. 2546 : 26) ดังนั้นการจัดการศึกษาที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ มีความจำเป็นที่บุคลากรทางการศึกษาต้องปรับกระบวนการทัศน์ในการพัฒนาคุณภาพทางการศึกษา โดยให้ความสำคัญกับผู้เรียน ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้แสวงหาความรู้ด้วยตนเองให้มากที่สุด

วิทยาศาสตร์เป็นศาสตร์ที่ประกอบด้วยเนื้อหาสาระและกระบวนการที่มนุษย์ใช้ศึกษา ปรากฏการณ์ในธรรมชาติ การเรียนรู้วิทยาศาสตร์มีวิธีการหลากหลายในการแสวงหาความรู้ สร้างองค์ความรู้ พัฒนาการ ทดลองและสร้างสรรค์สิ่งประดิษฐ์ ซึ่งผู้เรียนสามารถแสวงหาสาระความรู้ ได้ตลอดเวลาและทุกสถานที่ไม่จำกัดเฉพาะในห้องเรียน การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์จะต้อง มุ่งพัฒนาให้มีความสมบูรณ์ ทั้งด้านจิตใจ ร่างกาย ปัญญา และสังคม สามารถพึ่งตนเอง ร่วมมือกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ พัฒนาสังคมและสิ่งแวดล้อมไปพร้อมกัน แต่การสอนวิทยาศาสตร์ที่ผ่านมา สิ่งแรกที่ครูตระหนัก คือ การทำให้นักเรียนได้รับความรู้ให้มากที่สุดเท่าที่หลักสูตรกำหนดให้ การสอน จะเป็นการพูดของครูฝ่ายเดียว นักเรียนไม่ได้ฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ไม่สนใจที่จะฝึก การคิด ไม่สนใจจะซักถามหรือทำการทดลอง นอกจากนี้หลักสูตรที่ใช้ยังเป็นหลักสูตรที่อิงจุดประสงค์ เน้นความรู้ความจำ เน้นการเรียนเพื่อการสอบ รูปแบบการเรียนการสอนจะเน้นผู้สอนเป็นสำคัญ ไม่ยืดหยุ่น ยึดติดกับเวลาและตำราเรียน เน้นการถ่ายทอดความรู้และเนื้อหา โดยละเลยที่จะพัฒนา ศักยภาพของผู้เรียน ไม่นำเหตุการณ์และปัญหาจากชุมชนเข้ามาเรียนรู้ การสอนจึงเป็นเพียงสอน แต่ตัวความรู้ ไม่ได้สอนให้ผู้เรียนรู้จักคิด ผู้เรียนมีหน้าที่เพียงจดจำสิ่งที่ผู้สอนถ่ายทอดให้ได้มากที่สุด สิ่งที่เกิดกับผู้เรียนจึงเป็นเพียงการจำได้โดยปราศจากความรู้ความเข้าใจ เมื่อสอบเสร็จผู้เรียนก็จะลืม เป็นความรู้ที่แผ่วเบา ไม่ลุ่มลึก ไม่เป็นมรรคเป็นผลที่จะติดตัวผู้เรียนตลอดไป ดังจะเห็นได้จากรายงาน ผลการตรวจราชการประจำปีงบประมาณ 2542 ของผู้ตรวจราชการ 12 เขตการศึกษา สรุปได้ว่า คุณภาพการศึกษาอยู่ระดับต้องปรับปรุง เนื่องจากผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระดับชั้นต่าง ๆ อยู่ใน เกณฑ์ต่ำ โดยเฉพาะกลุ่มวิชาวิทยาศาสตร์ อีกทั้งพบว่าการเรียนการสอนส่วนใหญ่ผู้สอนยังคงมุ่งสอน ตามตำรา ไม่ยืดหยุ่นเป็นศูนย์กลาง และจากผลการประเมินคุณภาพการศึกษาทั้งโดยกรมวิชาการ และองค์กรนานาชาติ มีข้อมูลยืนยันได้ว่าเด็กไทยมีผลการเรียนด้านวิทยาศาสตร์ที่สู้ประเทศอื่นไม่ได้ แม้กระทั่งประเทศเพื่อนบ้านในแถบเอเชีย จากปัญหาดังกล่าวเป็นเครื่องชี้ให้เห็นว่าการศึกษาไทย ยังเผชิญกับวิกฤตอย่างต่อเนื่อง ทำให้ไม่สามารถใช้พลังขับเคลื่อนและเป็นเครื่องมือให้เกิดการพัฒนา ประเทศ จึงได้มีความพยายามที่จะแก้ไขปัญหามาตรับชาติด้วยการปฏิรูปการศึกษา

การปฏิรูปกระบวนการเรียนรู้จำเป็นต้องปรับพฤติกรรมการเรียนการสอนทั้งของผู้เรียนและครู กล่าวคือ ลดบทบาทครูผู้สอนจากการเป็นผู้บอกเล่าและบรรยายมาเป็นการวางแผนจัดกิจกรรมให้ ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ โดยผ่านกระบวนการที่สำคัญคือ กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ ซึ่งเป็น กระบวนการที่จะนำไปสู่การสร้างองค์ความรู้ โดยผ่านกิจกรรมการสังเกต การตั้งคำถาม การวางแผน เพื่อการทดลอง การสำรวจตรวจสอบ ซึ่งเป็นวิธีการหาข้อมูลโดยตรงด้วยวิธีการที่หลากหลายทั้งเชิง ปริมาณและคุณภาพ กระบวนการแก้ปัญหา การสืบค้นข้อมูล การอภิปราย ซึ่งกิจกรรมต่าง ๆ ต้องเน้นที่บทบาทของผู้เรียน และต้องคำนึงถึงว่ากิจกรรมการเรียนนั้นเน้นการพัฒนากระบวนการคิด

วางแผนลงมือปฏิบัติ ศึกษา ค้นคว้า รวบรวมข้อมูลด้วยวิธีการต่าง ๆ จากแหล่งเรียนรู้ ตรวจสอบ วิเคราะห์ข้อมูล การแก้ปัญหา การมีปฏิสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน เพื่อให้ผู้เรียนมีเจตคติที่ดีต่อการเรียนรู้ มีวิธีการเรียนรู้โดยตระหนักถึงความสำคัญของการเรียนรู้ มีพลังปัญญารู้ทันโลก เป็นบุคคลที่พึงประสงค์ในสังคมไทย ดังนั้นในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์จึงควรมุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้พัฒนาวิธีคิด ทั้งความคิดเป็นเหตุเป็นผล คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์วิจารณ์ มีทักษะที่สำคัญในการค้นคว้าหาความรู้ สร้างองค์ความรู้มีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบและสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้ โดยบทบาทของครูผู้สอนจะเป็นเพียงผู้อำนวยการความสะดวกในการจัดการเรียนรู้ เป็นผู้วางแผน ให้คำปรึกษา สนับสนุน ตลอดจนเป็นผู้กระตุ้นและสร้างบรรยากาศของการเรียนรู้ให้เกิดแก่ผู้เรียน ให้ผู้เรียนสามารถแสวงหาความรู้ได้ด้วยตนเอง (สมหวัง พิธิยานุวัฒน์. 2543 : 1)

จากแนวโน้มของการจัดการศึกษาที่เปลี่ยนไป เริ่มเห็นความสำคัญของการเรียนรู้ที่แตกต่างกันไปตามศักยภาพของผู้เรียนแต่ละบุคคล และเชื่อว่าผู้เรียนมีความสามารถที่จะสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองโดยผ่านประสบการณ์ต่างๆ ที่จะทำให้เกิดกระบวนการคิด (พรณี เกษมกล. 2546 : 48) การจัดการเรียนการสอนนอกเหนือจากในห้องเรียน ครูผู้สอนอาจเลือกใช้เทคโนโลยีเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนรู้ผ่านสื่ออิเล็กทรอนิกส์ถือเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่จะทำให้ผู้เรียนมีเสรีภาพในการกำหนดเส้นทางการเรียนรู้ตามความสนใจและความถนัด เชื้อต่อการจัดการเรียนรู้ที่ยืดความแตกต่างระหว่างบุคคลของผู้เรียน นอกจากนี้การใช้สื่ออิเล็กทรอนิกส์ยังเป็นการสร้างความสามารถในการหาความรู้ด้วยตนเอง เนื่องจากเป็นการเรียน “วิธีการเรียนรู้” ผู้เรียนจะต้องได้รับการฝึกฝนทักษะในการค้นหาข้อมูล การเรียนรู้วิธีการเข้าถึงแหล่งความรู้ การเลือกวิธีการเรียนรู้และวิธีการประมวลผลความรู้ด้วยตนเอง (เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์. 2544 : 6-7) การนำคอมพิวเตอร์มาใช้ในการศึกษาในลักษณะการนำเสนอการเรียนการสอนด้วยคอมพิวเตอร์ จัดเป็นการเรียนรู้โดยใช้สื่ออิเล็กทรอนิกส์รูปแบบหนึ่ง ซึ่งจะมีการนำเสนอสื่อประสมอันได้แก่ ข้อความ ภาพนิ่ง กราฟิก แผนภูมิ กราฟ ภาพเคลื่อนไหว วิดิทัศน์และเสียง เพื่อถ่ายทอดเนื้อหาบทเรียนหรือองค์ความรู้ในลักษณะที่ใกล้เคียงกับการสอนจริงในห้องเรียนมากที่สุด คอมพิวเตอร์ช่วยสอนสามารถดึงดูดความสนใจของผู้เรียน และกระตุ้นผู้เรียนให้เกิดความต้องการที่จะเรียนรู้ (ถนอมพร เลาหจรัสแสง. 2541 : 7) การนำคอมพิวเตอร์มาเชื่อมโยงเป็นเครือข่ายที่เรียกว่าอินเทอร์เน็ต ถือเป็นการนำเทคโนโลยีและวิธีการใหม่มาใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนการสอน เป็นการเชื่อมโยงระบบการเรียนรู้ระหว่างครูและนักเรียนเป็นศูนย์กลางเข้าด้วยกัน สร้างระบบการเรียนรู้ตามอัธยาศัยและต่อเนื่อง ขยายโอกาสการเรียนรู้ โดยที่ไม่ยึดติดกับเวลา สถานที่และบุคคล สร้างระบบการศึกษาแบบเสมือนจริง รวบรวมแหล่งทรัพยากรการเรียนรู้ ขยายขอบเขตการเรียนรู้ให้กว้างขึ้นเป็นการเปิดประตูสู่โลกกว้าง จึงเป็นกิจกรรมที่เชื้อต่อกระบวนการเรียนรู้

ที่เน้นให้ผู้เรียนคิดเป็น ทำเป็น แก้ปัญหาเป็น ทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้ดียิ่งขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ เอนก ประดิษฐพงษ์. (2545 : บทคัดย่อ) ที่พบว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตทำให้ผู้เรียนมีผลการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์และมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่สูงขึ้น และสอดคล้องกับงานวิจัยของทิภากร สาลิกา.(2546 : บทคัดย่อ) ที่พบว่ากิจกรรม การเรียนรู้ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตช่วยเพิ่มประสิทธิภาพทางการเรียน ทำให้ผู้เรียนมีผลการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ดีขึ้น และมีเจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์

จากลักษณะของเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตที่เอื้อต่อสภาพการเรียนรู้ที่ยืดหยุ่นเป็นสำคัญ ผู้วิจัยสนใจที่จะพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 4 ซึ่งเป็นสาระการเรียนรู้เพิ่มเติมเรื่องคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์พื้นฐานพุทธศักราช 2544 ประกอบด้วย หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 ทฤษฎีเกี่ยวกับแสง หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 หลักการสะท้อนหักเหของคลื่น หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 การแทรกสอดของแสง หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 การเลี้ยวเบนของแสง หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 โพลาริเซชันของแสง ซึ่งเนื้อหาดังกล่าว จะมีลักษณะเป็นนามธรรม ผู้เรียนไม่สามารถมองเห็นภาพได้ชัดเจน ต้องใช้จินตนาการมากพอสมควร ทำให้ผู้เรียนมองว่าเนื้อหาดังกล่าวเป็นเรื่องยากที่จะเรียนรู้และทำความเข้าใจ ส่งผลต่อการสร้างความคิดรวบยอด ประกอบกับการทดลองในห้องเรียนที่มีลักษณะไม่เอื้ออำนวย เช่น อุปกรณ์-เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองไม่มีประสิทธิภาพ ห้องปฏิบัติการมีแสงสว่างจากภายนอกมารบกวน เนื่องจากการทดลองในเรื่องการแทรกสอดและการเลี้ยวเบนของแสงต้องใช้ห้องมืด ซึ่งห้องปฏิบัติการโดยทั่วไปของโรงเรียนต่างๆ จะไม่มีห้องดังกล่าว ทำให้ผู้เรียนไม่สามารถมองเห็นภาพของผลการทดลองได้ชัดเจน และเนื่องจากเนื้อหาในเรื่องการแทรกสอดและการเลี้ยวเบนของแสงอาจต้องใช้ระยะเวลาในการศึกษาที่มากพอสมควร เวลาที่ใช้ในห้องเรียนและห้องปฏิบัติการที่มีจำกัด อาจทำให้ผู้เรียนบางคนไม่สามารถที่จะรับรู้และเข้าใจได้ในทันที ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะแก้ปัญหาดังกล่าว โดยสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ ซึ่งมีลักษณะการนำเสนอที่ประกอบด้วยเนื้อหา สถานการณ์จำลอง/การทดลอง แบบฝึกหัด และแบบทดสอบ ผู้เรียนสามารถศึกษาเพิ่มเติมได้นอกเหนือจากเวลาที่เรียนในห้องเรียน ส่งเสริมการเรียนรู้ตามศักยภาพของผู้เรียน ซึ่งจะก่อให้เกิดความคิดรวบยอดในเรื่องดังกล่าว ตลอดจนเป็นการกระตุ้นให้ผู้เรียนได้ใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์บางอย่างที่เกี่ยวข้องกับบทเรียน ได้แก่ ทักษะการสังเกต ทักษะการคำนวณ ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างสเปกกับสเปส และสเปกกับเวลา ทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูล ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป ซึ่งบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตดังกล่าว จะเป็นแนวทางหนึ่งในการส่งเสริมให้ผู้เรียนได้มีความรู้ มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และมีเจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์มากยิ่งขึ้น

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 4 (มัธยมศึกษาปีที่ 4-6) ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 70/70
2. เพื่อศึกษาผลการเรียนรู้ด้านความรู้ ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติของนักเรียนต่อการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

ความสำคัญของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้จะได้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ เพื่อใช้เป็นสื่อในการเรียนการสอน ซึ่งจะเป็นประโยชน์และเป็นแนวทางในการพัฒนาและปรับปรุงกิจกรรมการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้ยังเป็นแนวทางในการพัฒนาศักยภาพของครูผู้สอน เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนได้พัฒนาผลการเรียนรู้ด้านความรู้ ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติของนักเรียนต่อการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีขอบเขตของการดำเนินการ 3 ตอน แต่ละขั้นตอนมีขอบเขตดำเนินการดังนี้

ตอนที่ 1 การพัฒนาและการประเมินคุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

การพัฒนาและการประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ดำเนินการ ดังนี้

1.1 เนื้อหาสาระเรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ ซึ่งอยู่ในขอบข่ายของสาระการเรียนรู้เพิ่มเติมเรื่อง คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์พื้นฐาน พุทธศักราช 2544 โดยแบ่งเนื้อหาความรู้เป็น 5 หน่วยการเรียนรู้ดังนี้

หน่วยการเรียนรู้ที่ 1	ทฤษฎีเกี่ยวกับแสง
หน่วยการเรียนรู้ที่ 2	หลักการสะท้อนหักของคลื่น
หน่วยการเรียนรู้ที่ 3	การแทรกสอดของแสง
หน่วยการเรียนรู้ที่ 4	การเลี้ยวเบนของแสง
หน่วยการเรียนรู้ที่ 5	โพลาไรเซชันของแสง

1.2 โปรแกรมที่ใช้ในการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ ซึ่งประกอบด้วย

- 1) โปรแกรมระบบปฏิบัติการ Windows 98 , Windows Me , Windows xp
- 2) โปรแกรมอ่านข้อมูลบนเว็บ (Web Browser) ได้แก่ Internet Explorer
- 3) โปรแกรมสร้างเว็บไซต์ (HTML Editor) ได้แก่ Microsoft FrontPage 2002
- 4) โปรแกรมสร้างภาพกราฟฟิกและภาพเคลื่อนไหว ได้แก่ Macromedia Flash

MX และ Adobe Photoshop version 7.0

1.3 การประเมินคุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ โดยผ่านผู้เชี่ยวชาญ เพื่อประเมินคุณภาพด้านเนื้อหาและการนำเสนอ ด้านภาษา และตัวอักษร ด้านกราฟฟิกและพื้นหลัง โดยใช้แบบประเมินมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ได้แก่ 5 4 3 2 และ 1 หมายถึง ดีมาก ดี ปานกลาง พอใช้ และควรปรับปรุง

ตอนที่ 2 การหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

การหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ ดำเนินการดังนี้

2.1 นำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ที่ผ่านการประเมินคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญและปรับปรุงแก้ไขเรียบร้อยแล้ว ไปทดลองสอนกับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างและมีระดับความสามารถแตกต่างกัน คือ เก่ง ปานกลาง อ่อน จำนวน 3 คน เพื่อดูความเหมาะสมในด้านเนื้อหาและการนำเสนอ ด้านภาษาและตัวอักษร ด้านกราฟฟิกและพื้นหลัง

2.2 นำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ที่ได้รับการปรับปรุงแก้ไขเรียบร้อยแล้ว ไปทดลองสอนกับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างและมีระดับความสามารถแตกต่างกัน คือ เก่ง ปานกลาง อ่อน จำนวน 9 คน เพื่อนำผลที่ได้มาใช้ในการกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์

2.3 นำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ไปทดลองสอนกับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างและมีระดับความสามารถแตกต่างกัน คือ เก่ง ปานกลาง อ่อน จำนวน 15 คน เพื่อหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่องแสงเชิงฟิสิกส์ ตามเกณฑ์ที่กำหนด

ตอนที่ 3 การนำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ ที่พัฒนาขึ้นไปทดลองสอน

การนำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ ที่มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ไปทดลองสอน ดำเนินการดังนี้

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

3.1.1 ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จังหวัดสระแก้ว ที่เรียนในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2547 ที่เลือกเรียนสาระการเรียนรู้เพิ่มเติมในกลุ่มสาระวิทยาศาสตร์

3.1.2 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ของโรงเรียนอรัญประเทศ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2547 ที่เลือกเรียนสาระการเรียนรู้เพิ่มเติมในกลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ ได้มาจากการสุ่มแบบเจาะจงในจังหวัดสระแก้ว ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นโรงเรียนที่มีคุณภาพของโรงเรียนอยู่ในระดับปานกลาง มีคุณภาพทางการศึกษาเทียบเคียงกับโรงเรียนอื่น ๆ ในจังหวัดสระแก้ว แล้วนำมาสุ่มแบบแบ่งกลุ่ม (Cluster Random Sampling) 1 ห้องเรียน จำนวน 30 คน ซึ่งนักเรียนในแต่ละห้องมีผลการเรียนไม่แตกต่างกัน เนื่องจากทางโรงเรียนได้จัดห้องเรียนโดยละความสามารถของนักเรียน

3.2 ตัวแปรที่ศึกษา

3.2.1 ตัวแปรอิสระ ได้แก่ บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์

3.2.2 ตัวแปรตาม ได้แก่

- 1) ผลการเรียนรู้ด้านความรู้
- 2) ผลการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
- 3) เจตคติของนักเรียนต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์

3.3 เนื้อหาที่ใช้ในการทดลองสอน

เนื้อหาที่ใช้ในการทดลองสอนเป็นเนื้อหาเรื่องแสงเชิงฟิสิกส์ ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งในสาระการเรียนรู้เพิ่มเติมเรื่องคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าสำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 4 ในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์พื้นฐาน พุทธศักราช 2544 ประกอบด้วยเนื้อหาย่อย 5 หน่วยการเรียนรู้ดังนี้

หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 ทฤษฎีเกี่ยวกับแสง

หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 หลักการซ้อนทับของคลื่น

หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 การแทรกสอดของแสง

หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 การเลี้ยวเบนของแสง

หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 โฟลาไรเซนซ์ของแสง

3.4 ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยทำการทดลองสอนกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2547 ทดลองสอนเป็นเวลา 4 สัปดาห์ ๆ ละ 4 คาบ ๆ ละ 60 นาที โดยเป็นชั่วโมงการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนจำนวน 2 คาบ ชั่วโมงทดลองสอนจำนวน 14 คาบ รวม 16 คาบ

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. **บทเรียนคอมพิวเตอร์** หมายถึง สารที่สร้างขึ้นด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์และใช้เป็นสื่อการเรียนการสอนเพื่อการนำเสนอเนื้อหาในลักษณะสื่อประสม (Multimedia) ซึ่งประกอบด้วยข้อความ ภาพนิ่ง กราฟิก เสียง ภาพเคลื่อนไหว ในการถ่ายทอดเนื้อหาบทเรียนจะมีการถามคำถามและรับคำตอบจากผู้เรียน และแสดงผลการเรียนรู้ในรูปแบบของข้อมูลย้อนกลับได้

2. **บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์** หมายถึง สื่อเทคโนโลยีที่จัดทำขึ้นในลักษณะหน้าเอกสารอิเล็กทรอนิกส์ สร้างขึ้นจากโปรแกรมสำเร็จรูป ใช้เป็นสื่อในการเรียนการสอน โดยผู้เรียนเรียนด้วยตนเองตามคำแนะนำของบทเรียน ซึ่งประกอบด้วยเนื้อหา 5 หน่วยการเรียนรู้ ได้แก่ หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 ทฤษฎีเกี่ยวกับแสง หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 หลักการสะท้อนหักเหของคลื่น หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 การแทรกสอดของแสง หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 การเลี้ยวเบนของแสง หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 โฟลาไรเซนซ์ของแสง ภายในบทเรียนประกอบด้วย ข้อความ สถานการณ์จำลอง การทดลอง ภาพเคลื่อนไหว กราฟิก แบบฝึกหัด และแบบทดสอบ

3. **ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์** หมายถึง ผลการใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ โดยหาความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนที่ได้จากการทำแบบฝึกหัดทำยบทเรียนแต่ละหน่วยการเรียนกับคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้หลังการเรียนจบทุกบทเรียน โดยคิดเป็นร้อยละแล้วเปรียบเทียบหาประสิทธิภาพ

ตัวเลข 70 ตัวแรก หมายถึง ค่าร้อยละที่ได้จากการนำคะแนนของนักเรียนที่ได้จากการทำแบบฝึกหัดแต่ละหน่วยการเรียนรู้ในระหว่างเรียน

ตัวเลข 70 ตัวหลัง หมายถึง ค่าร้อยละที่ได้จากการนำคะแนนของนักเรียนที่ได้จากการทำแบบทดสอบหลังจากเรียนจบทุกบทเรียน

4. ผลการเรียนรู้ด้านความรู้ หมายถึง ความสามารถในการเรียนรู้ของนักเรียนที่เกิดจากการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ ประกอบด้วยพฤติกรรม 4 ด้าน คือ ด้านความรู้-ความจำ ด้านความเข้าใจ ด้านกระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และด้านการนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้ของนักเรียน ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

- 1) การวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้ โดยใช้แบบทดสอบแบบปรนัย 4 ตัวเลือก
- 2) การวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้ โดยใช้แบบทดสอบแบบอัตนัยเขียนตอบ มีเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูปรีค ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น
- 3) การวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้ที่ได้จากการทำแผนที่ความคิด (Mind map) โดยกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูปรีค

นำผลการประเมินในแต่ละส่วนมาเป็นผลการเรียนรู้ด้านความรู้ แล้วนำไปเทียบกับเกณฑ์ผลการเรียนรู้ด้านความรู้ในระดับดี มีค่าร้อยละ 70

5. ผลการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถของผู้เรียนในการใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ ทักษะที่สามารถเกิดขึ้นในการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ ซึ่งวัดได้จากแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แบบปรนัย 4 ตัวเลือก ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยเลือกประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่สอดคล้องกับเนื้อหาของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ จำนวน 6 ทักษะ ได้แก่ ทักษะการสังเกต ทักษะการพยากรณ์ ทักษะการคำนวณ ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปกกับสเปส ทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูล ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป นำผลการประเมินไปเทียบกับเกณฑ์ผลการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดี มีค่าร้อยละ 70

6. เจตคติของนักเรียนต่อการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ หมายถึง พฤติกรรมที่แสดงออกในด้านบวกและด้านลบของนักเรียนต่อการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ ประกอบด้วยพฤติกรรมด้านความรู้สึกนึกคิด พฤติกรรมด้านการแสดงออกและการเห็นประโยชน์ของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต วัดได้จากแบบสอบถามวัดเจตคติของนักเรียนต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ แบบประมาณค่า 5 ระดับ ได้แก่ 5 , 4 , 3 , 2 และ 1 หมายถึง มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย และน้อยที่สุดตามลำดับ จำนวน 30 ข้อ ซึ่งผู้วิจัยสร้างขึ้นตามวิธีของลิเคิร์ตโดยดัดแปลงจากแบบสอบถามวัด

เจตคติของณัฐพงษ์ เจริญพิทย์ (2542 : 144-146) จากนั้นนำผลการประเมินมาเทียบเกณฑ์อยู่ในระดับดี คือ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4

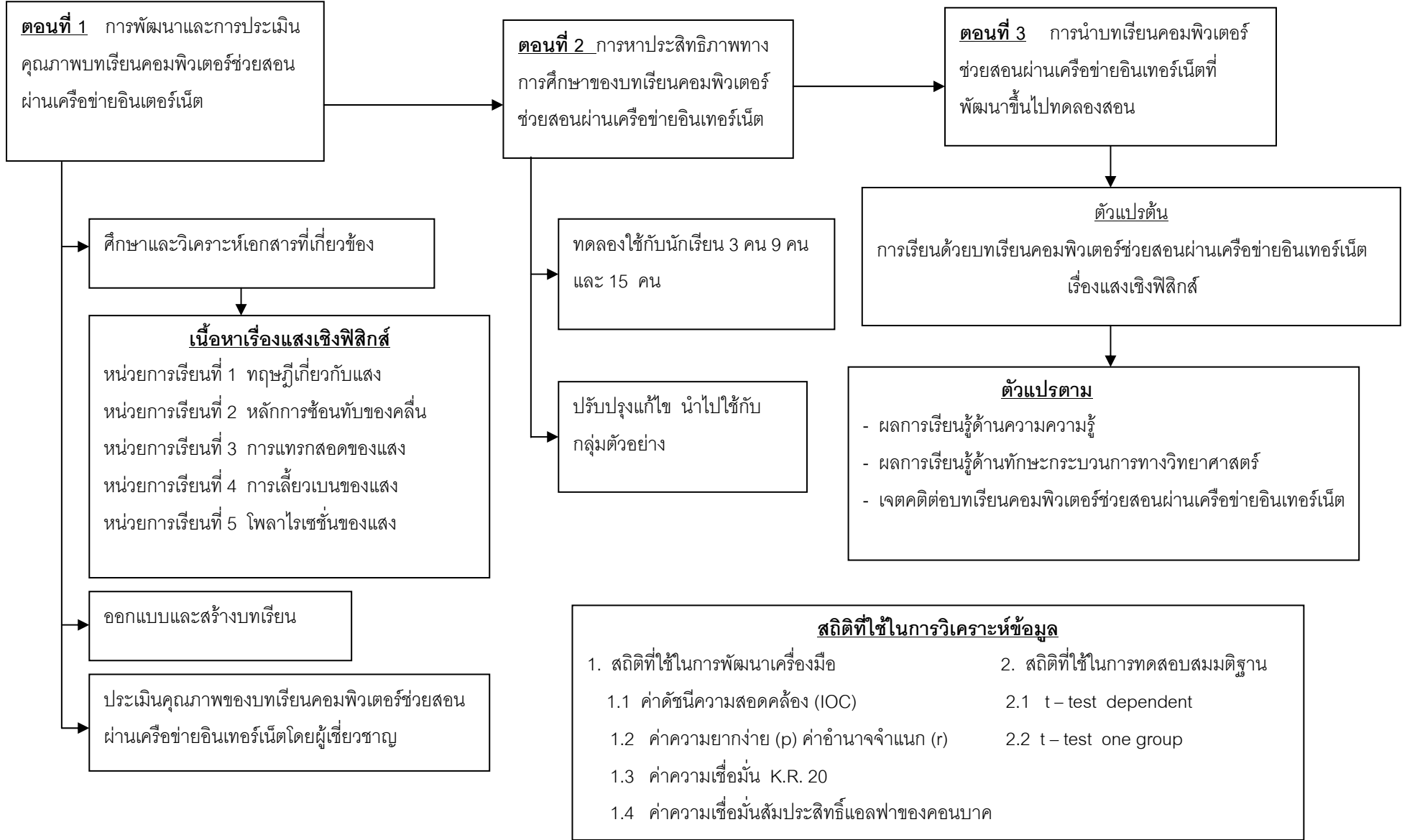
7. **สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพิ่มเติม** หมายถึง กลุ่มเนื้อหาสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่กำหนดเพิ่มเติมจากสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์พื้นฐานทั้ง 8 สาระการเรียนรู้ ที่กำหนดตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2544 ได้แก่ สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพิ่มเติมช่วงชั้นที่ 4 เรื่อง คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า แล้วนำส่วนหนึ่งของเนื้อหาพัฒนาเป็นบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ ประกอบด้วยเนื้อหาเรื่อง 1) ทฤษฎีเกี่ยวกับแสง 2) หลักการสะท้อนหักเหของคลื่น 3) การแทรกสอดของแสง 4) การเลี้ยวเบนของแสง 5) โฟลาไรเซนซ์ของแสง

สมมติฐานของการวิจัย

1. นักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ มีผลการเรียนรู้ด้านความรู้หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน
2. นักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ มีผลการเรียนรู้ด้านความรู้อยู่ในระดับดี
3. นักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ มีผลการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน
4. นักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ มีผลการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดี
5. นักเรียนที่ได้เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ มีเจตคติต่อการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ อยู่ในระดับดี

กรอบแนวคิดการวิจัย

การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 4 จังหวัดสระแก้ว



บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยนำเสนอตามหัวข้อดังต่อไปนี้

1. หลักสูตรสถานศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 และสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
2. แสงเชิงฟิสิกส์
 - 2.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับแสง
 - 2.2 หลักการซ้อนทับของคลื่น
 - 2.3 การแทรกสอดของแสง
 - 2.4 การเลี้ยวเบนของแสง
 - 2.5 โพลาไรเซชันของแสง
3. อินเทอร์เน็ต
 - 3.1 ความหมายของอินเทอร์เน็ต
 - 3.2 บริการบนอินเทอร์เน็ต
 - 3.3 บทบาทที่สำคัญของอินเทอร์เน็ตต่อการศึกษา
 - 3.4 แนวคิดพื้นฐานการจัดการเรียนการสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต
 - 3.5 รูปแบบของอินเทอร์เน็ตทางการศึกษา
 - 3.6 คุณลักษณะของการเรียนการสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต
 - 3.7 จุดเด่นของการเรียนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต
4. การเรียนการสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต
 - 4.1 ความหมายของการเรียนการสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต
 - 4.2 การออกแบบเว็บเพื่อการศึกษา
 - 4.3 ข้อควรพิจารณาในการออกแบบเว็บเพื่อการศึกษา
 - 4.4 โครงสร้างของเว็บเพื่อการศึกษา
 - 4.5 คุณภาพของเว็บเพื่อการศึกษา
 - 4.6 การพัฒนาเว็บเพื่อการศึกษา
 - 4.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเรียนการสอนผ่านเว็บ

5. ผลการเรียนรู้ด้านความรู้

- 5.1 ความหมายของผลการเรียนรู้ด้านความรู้
- 5.2 กรอบพฤติกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้
- 5.3 การสร้างเครื่องมือวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้
- 5.4 การวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้โดยใช้แผนที่ความคิด
- 5.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลการเรียนรู้ด้านความรู้

6. ผลการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

- 6.1 ความหมายของผลการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
- 6.2 ประเภทของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
- 6.3 การประเมินผลทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
- 6.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

7. เจตคติต่อวิทยาศาสตร์

- 7.1 ความหมายของเจตคติต่อวิทยาศาสตร์
- 7.2 การวัดผลการเรียนรู้ด้านเจตคติต่อวิทยาศาสตร์
- 7.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเจตคติต่อการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

1. หลักสูตรสถานศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และมาตรฐานการเรียนรู้

พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 ได้กำหนดให้การศึกษาเป็นกระบวนการเรียนรู้เพื่อความเจริญงอกงามของบุคคลและสังคมโดยการถ่ายทอดความรู้ การฝึก การอบรม การสืบสานทางวัฒนธรรม การสร้างสรรค์ความก้าวหน้าทางวิชาการ การสร้างองค์ความรู้ อันเกิดจากการจัดสภาพแวดล้อมสังคมแห่งการเรียนรู้และปัจจัยเกื้อหนุนให้บุคคลเกิดการเรียนรู้อย่างต่อเนื่องตลอดชีวิต การจัดการศึกษาต้องเป็นไปเพื่อพัฒนาคนไทยให้เป็นมนุษย์ที่สมบูรณ์ทั้งร่างกาย จิตใจ สติปัญญา ความรู้ และคุณธรรม มีจริยธรรมและวัฒนธรรมในการดำรงชีวิต สามารถอยู่ร่วมกับผู้อื่นได้อย่างมีความสุข เปิดโอกาสให้สังคมมีส่วนร่วมในการจัดการศึกษา พัฒนาสาระและกระบวนการเรียนรู้ให้เป็นไปอย่างต่อเนื่อง ดังนั้นจึงเห็นสมควรกำหนดให้มีหลักสูตรสถานศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 ขึ้นโดยยึดหลักความมีเอกภาพด้านนโยบายและมีความหลากหลายในการปฏิบัติ กล่าวคือ จัดเป็นหลักสูตรแกนกลาง จัดโครงสร้างหลักสูตรให้ยืดหยุ่น กำหนดมาตรฐานการศึกษารวม 12 ปี โดยแบ่งเป็น 4 ช่วงชั้น คือ ช่วงชั้นที่ 1) ชั้นประถมศึกษาปีที่ 1-3 ช่วงชั้นที่ 2) ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4-6 ช่วงชั้นที่ 3) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1-3 ช่วงชั้นที่ 4) ชั้น

มัธยมศึกษาปีที่ 4-6 กำหนดสาระการเรียนรู้เป็น 8 กลุ่ม ได้แก่ ภาษาไทย คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ สังคมศึกษา ศาสนาและวัฒนธรรม สุขศึกษาและพลศึกษา ศิลปะ การงานอาชีพและเทคโนโลยีและภาษาต่างประเทศ โดยสาระการเรียนรู้ทั้ง 8 กลุ่มนี้เป็นพื้นฐานสำคัญที่ผู้เรียนทุกคนต้องเรียนรู้ โดยจัดเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มแรกประกอบด้วย ภาษาไทย คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และสังคมศึกษา ศาสนาและวัฒนธรรม ซึ่งเป็นสาระการเรียนรู้ที่สถานศึกษาต้องใช้เป็นหลักในการจัดการเรียนการสอน เพื่อสร้างพื้นฐานการคิดและเป็นกลุ่ตฤทธีในการแก้ปัญหาและวิกฤตของชาติ และกลุ่มที่สอง ประกอบด้วย สุขศึกษาและพลศึกษา ศิลปะ การงานอาชีพและเทคโนโลยีและภาษาต่างประเทศ ซึ่งเป็นสาระการเรียนรู้ที่เสริมสร้างพื้นฐานความเป็นมนุษย์และสร้างศักยภาพในการคิดและการทำงานอย่างสร้างสรรค์ โดยสถานศึกษาต้องจัดให้กับผู้เรียนโดยยึดหลักผู้เรียนสำคัญที่สุด เพื่อให้ผู้เรียนมีคุณลักษณะอันพึงประสงค์ตามมาตรฐานการเรียนรู้ซึ่งกำหนดไว้ 2 ลักษณะ คือ ลักษณะที่ 1 มาตรฐานการเรียนรู้การศึกษาขั้นพื้นฐาน เป็นมาตรฐานการเรียนรู้ในแต่ละกลุ่มสาระการเรียนรู้ เมื่อผู้เรียนเรียนจบการศึกษาขั้นพื้นฐาน และลักษณะที่ 2 มาตรฐานการเรียนรู้ช่วงชั้น เป็นมาตรฐานการเรียนรู้ในแต่ละกลุ่มสาระการเรียนรู้ เมื่อผู้เรียนเรียนจบในแต่ละช่วงชั้น คือ ประถมศึกษาปีที่ 3 ประถมศึกษาปีที่ 6 มัธยมศึกษาปีที่ 3 และมัธยมศึกษาปีที่ 6

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ได้แบ่งสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ออกเป็น 8 สาระ ดังนี้ สาระที่ 1) สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต สาระที่ 2) ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม สาระที่ 3) สารและสมบัติของสาร สาระที่ 4) แรงและการเคลื่อนที่ สาระที่ 5) พลังงาน สาระที่ 6) กระบวนการเปลี่ยนแปลงของโลก สาระที่ 7) ดาราศาสตร์และอวกาศ และสาระที่ 8) ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มาตรฐานการเรียนรู้การศึกษาขั้นพื้นฐานสาระที่ 5 : พลังงาน ประกอบด้วย 1 มาตรฐาน คือ มาตรฐาน ว 5.1 : เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกับการดำรงชีวิต การเปลี่ยนแปลงภาพประกอบพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสารและพลังงาน ผลของการใช้พลังงานต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐานการเรียนรู้ช่วงชั้น เป็นมาตรฐานการเรียนรู้เมื่อผู้เรียนจบการศึกษาในแต่ละชั้น และในสาระที่ 5 : พลังงาน มาตรฐาน ว 5.1 มีมาตรฐานการเรียนรู้ช่วงชั้นของนักเรียนช่วงชั้นที่ 4 (ม.4-ม.6) มีรายละเอียดดังนี้

1. สำรวจตรวจสอบและอธิบายสมบัติของคลื่นกล และความสัมพันธ์ระหว่างความถี่ ความยาวคลื่น อัตราเร็ว
2. สำรวจตรวจสอบและอธิบายการเกิดคลื่นเสียง ความเข้มของเสียง การได้ยินเสียง คุณภาพของเสียง มลภาวะของเสียงที่มีผลต่อสุขภาพ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

3. สืบค้นข้อมูลและอธิบายสเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า รวมทั้งประโยชน์และอันตรายของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

4. สืบค้นข้อมูลและอธิบายปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิวชันและฟิชชัน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสสารและพลังงาน การนำไปใช้ประโยชน์และโทษต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

5. สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในสาระที่ 4 : แรงและการเคลื่อนที่ สาระที่ 5 : พลังงาน สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 4 มีสาระการเรียนรู้เพิ่มเติมดังนี้

- 1) กลศาสตร์
- 2) ความร้อนและอุณหพลศาสตร์
- 3) คลื่น
- 4) ไฟฟ้าแม่เหล็ก
- 5) คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า
- 6) ฟิสิกส์อะตอมและฟิสิกส์นิวเคลียร์

จากสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพิ่มเติมสำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 4 ผู้วิจัยได้เลือกทำการศึกษาในสาระเพิ่มเติมเรื่อง คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งมีมาตรฐานการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องในเรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ ดังนี้

1. การสำรวจตรวจสอบและวิเคราะห์เกี่ยวกับสมบัติการแทรกสอดและการเลี้ยวเบนของแสง
2. การทดลองและอภิปรายเกี่ยวกับแสงโพลาไรซ์ ซึ่งเป็นแสงที่มีระนาบของสนามไฟฟ้าเพียงระนาบใดระนาบหนึ่ง ส่วนแสงที่มีระนาบของสนามไฟฟ้าหลายระนาบ เรียกว่า แสงไม่โพลาไรซ์

2. แสงเชิงฟิสิกส์

ผู้วิจัยได้ศึกษาเนื้อหาสาระ เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ จากเอกสารและตำราเรียนต่าง ๆ สรุปสาระสำคัญได้ดังนี้ (จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2524 : 280-295) ; (ทบวงมหาวิทยาลัย. 2543 : 214-239) ; (มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2538 : 117-125) ; (วิจิต กฤษณะภักดี. 2538 : 224-252) ; (วิไลวรรณ ภูละออ. 2542 : 179-231) ; (สมพงษ์ ใจดี. 2542 : 121-156) ; (สุรพล รักวิจัย. 2541? : 1-19)

2.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับแสง

ธรรมชาติของแสงมี 2 ลักษณะ คือ แสงถูกส่งออกไปจากจุดกำเนิดแสงทุกทิศทางในรูปของคลื่น ซึ่งเป็นแนวความคิดของคริสเตียน ฮอยเกนส์ (Christian Huygens) อีกลักษณะหนึ่งของธรรมชาติของแสงคือ แสงจะถูกส่งออกไปในรูปแบบของการไหลของอนุภาคซึ่งมีพลังงานติดตัวไปด้วย เรียกว่า โฟตอนหรือควอนตา (Photons or Quanta)

แสงมีธรรมชาติคู่กัน (Dual Nature) ของอนุภาคและคลื่นกล่าวคือ ในบางกรณีแสงประพฤติคล้ายอนุภาค (Particle-Like) และในหลายกรณีแสงก็ประพฤติคล้ายคลื่น (Wave-Link) ซึ่งจะกล่าวถึงความเป็นมาโดยย่อจนสามารถสรุปรวมไว้เป็นธรรมชาติคู่กันของแสง ดังนี้

กรีกโบราณ เชื่อว่า แสงเป็นอนุภาคเล็ก ๆ ที่เรียกว่า “เม็ด” (Corpuscle) ซึ่งแหล่งต้นทาง (Source) ของแสงปล่อยออกมาแล้วไปกระตุ้นต่อระบบโสตประสาททำให้เกิดการมองเห็นได้

พ.ศ. 2186-2270 เซอร์ไอแซกนิวตัน (Sir Isaac Newton) ได้เป็นผู้ที่ขยายความคิดว่าแสงเป็นอนุภาคตามทฤษฎีอนุภาคของแสง (Particle Theory of Light) โดยได้กล่าวถึงการทดลองที่แสดงถึงพฤติกรรมของแสงเกี่ยวกับการสะท้อน (Reflection) และการหักเห (Refraction)

จากแนวคิดดังกล่าวทำให้คนส่วนมากในสมัยนั้นเชื่อว่า “แสงคือลำอนุภาคที่หลุดออกมาจากแหล่งต้นทาง”

ในปี พ.ศ. 2213 ฮอยเกนส์ (Christian Huygens) ได้แสดงให้เห็นว่า กฎการสะท้อนและหักเหของแสงอาจอธิบายได้โดยใช้ทฤษฎีคลื่นของแสง ต่อมา ยัง (Young) พบว่าแสงสามารถเกิดการแทรกสอดทำให้วัดความยาวคลื่นแสงได้ เฟรสเนล (Fresnel) ได้ทดลองให้เห็นว่าแสงเคลื่อนที่เป็นเส้นตรง กริมาลดี (Grimaldi) พบว่าแสงสามารถเลี้ยวเบนได้ โดยใช้อธิบายด้วยทฤษฎีคลื่นของแสง

ในปี พ.ศ. 2416 แมกซ์เวลล์ (Maxwell) ได้ตั้งทฤษฎีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งความเร็วของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามีค่าเท่ากับความเร็วของคลื่นแสง เป็นการสนับสนุนว่าแสงก็เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าด้วย แต่ทฤษฎีคลื่นของแสงไม่สามารถอธิบายปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก (Photoelectric Effect) ว่าเมื่อแสงตกกระทบผิวโลหะจะมีโฟโตอิเล็กตรอน (Photoelectron) หลุดออกมา โดยที่พลังงานจลน์ของอิเล็กตรอนดังกล่าวไม่ขึ้นกับความเข้มของแสง ซึ่งสิ่งที่เกิดขึ้นดังกล่าวขัดต่อทฤษฎีคลื่นของแสง

พ.ศ. 2401-2490 มักซ์ พลังค์ (Max Planck) เป็นผู้ที่พัฒนาแนวคิดเกี่ยวกับการทำให้เป็นควอนตัมของพลังงาน พ.ศ. 2422-2498 แอลเบิร์ต ไอน์สไตน์ (Albert Einstein) ได้เสนอทฤษฎีสัมพัทธภาพ มวลกับพลังงานจะสมมูลกัน นอกจากนั้นยังมีทฤษฎีควอนตัมที่กล่าวถึงพลังงานที่เรียกว่า ควอนตัมของพลังงานหรือโฟตอน ซึ่งพลังงานของโฟตอนจะมีค่าไม่เท่ากันโดยจะมีค่าขึ้นอยู่กับความถี่หรือความยาวคลื่นของแสงนั้น คอมป์ตัน (Compton) ยังได้พบอีกว่า โฟตอนเหล่านี้เมื่อชนกับอิเล็กตรอน พลังงานและโมเมนตัมของโฟตอนจะเปลี่ยนไป ซึ่งทั้งพลังงานและโมเมนตัมนี้เป็นสมบัติของอนุภาคเมื่อมีการชนกัน

ต่อมาเป็นที่ยอมรับกันว่าแสงมีความเป็นทวิภาพ ดังนั้นจึงได้มีการพัฒนารวมสองทฤษฎีของแสงเข้าด้วยกัน ทั้งทฤษฎีคลื่นของแสงและทฤษฎีโฟตอน จากการนำทฤษฎีคลื่นของแสงและทฤษฎีโฟตอนไปอธิบายปรากฏการณ์ของแสงที่พบนั้น ทั้งสองทฤษฎีต่างก็อธิบายได้สอดคล้องกับผลการทดลองบางอย่าง เช่น การแผ่ของแสงสามารถอธิบายด้วยทฤษฎีคลื่นของแสงได้ดี และทฤษฎี

คลื่นของแสงยังสามารถอธิบายพฤติกรรมการหักเหของแสง การสะท้อน การแทรกสอด การเลี้ยวเบน และการโพลาไรซ์ของแสงได้ดี ขณะที่ทฤษฎีโฟตอนของแสงสามารถอธิบายปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก ปรากฏการณ์การแผ่รังสีของวัตถุดำ และปรากฏการณ์คอมพ์ตันได้ดี แต่ทั้งนี้ไม่ได้หมายความว่าแสงจะแสดงพฤติกรรมทั้งสองอย่างนี้พร้อมกัน ในแต่ละสถานะการณ์แสงจะแสดงเพียงพฤติกรรมหนึ่งเท่านั้น

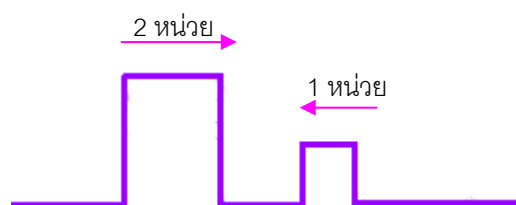
2.2 หลักการซ้อนทับของคลื่น

การซ้อนทับของคลื่น (Superposition of waves) สามารถอธิบายได้โดยใช้หลักการซ้อนทับ (Principle of superposition) กล่าวคือเมื่อคลื่นตั้งแต่สองคลื่นเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางมาพบกัน การกระจัดของคลื่นรวม ณ ตำแหน่งใดและเวลาใดที่เกิดการซ้อนทับของคลื่นจะเท่ากับ ผลบวกของการกระจัดของแต่ละคลื่น ณ ตำแหน่งนั้นและเวลานั้น

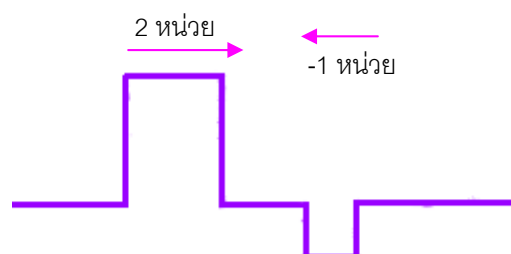
หลักการรวมกันของคลื่น กล่าวว่า เมื่อคลื่นจำนวน n คลื่น วิ่งมาอยู่ที่ตำแหน่งเดียวกัน ถ้าการกระจัดของคลื่นเหล่านี้ จุดใดจุดหนึ่งเป็น $y_1, y_2, y_3, \dots, y_n$ ตามลำดับ การกระจัดของคลื่นรวมที่จุดนั้นหาได้จาก

$$\bar{y} = \bar{y}_1 + \bar{y}_2 + \dots + \bar{y}_n$$

เมื่อคลื่นสองคลื่นที่มีการกระจัดในทิศเดียวกันเคลื่อนที่มาพบกัน คลื่นทั้งสองจะรวมกัน ทำให้การกระจัดรวมมีขนาดมากกว่าการกระจัดเดิมของแต่ละคลื่น เมื่อคลื่นทั้งสองเคลื่อนที่ผ่านกันแล้ว คลื่นแต่ละคลื่นจะมีลักษณะเหมือนเดิมและเคลื่อนที่ในทิศเดิมดังภาพ ก ในทางตรงกันข้าม ถ้าคลื่นสองคลื่นมีการกระจัดในทิศตรงกันข้ามเคลื่อนที่มาพบกัน คลื่นทั้งสองจะรวมกัน ทำให้การกระจัดรวมมีขนาดน้อยกว่าการกระจัดเดิมของแต่ละคลื่น เมื่อคลื่นทั้งสองเคลื่อนที่ผ่านกันแล้ว คลื่นแต่ละคลื่นจะมีลักษณะเหมือนเดิมและเคลื่อนที่ในทิศเดิมดังภาพ ข



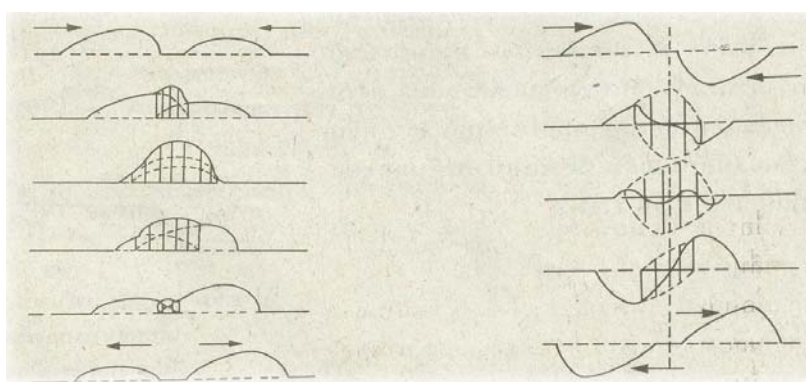
ก. คลื่นสองคลื่นที่มีการกระจัดในทิศเดียวกัน



ข. คลื่นสองคลื่นที่มีการกระจัดในทิศตรงกันข้าม

ภาพประกอบ 1 แสดงการซ้อนทับของคลื่น

พิจารณาคลื่นในภาพประกอบ 2 ก เมื่อคลื่นทั้งสองมาพบกันจะเกิดการซ้อนทับ โดยสันคลื่นทั้งสองซ้อนทับกัน การซ้อนทับลักษณะนี้จะทำให้เกิดการกระจัดใหม่ซึ่งมีขนาดเท่ากับผลบวกของการกระจัดของคลื่นทั้งสอง ผลของการซ้อนทับกันของคลื่นทำให้แอมพลิจูดของคลื่นลัพธ์เพิ่มขึ้น เรียกว่าการแทรกสอดแบบเสริม (Constructive Interference) ในทางตรงกันข้าม ถ้าคลื่นทั้งสองมาพบกันในลักษณะที่มีเฟสต่างกันหรือการกระจัดของคลื่นทั้งสองอยู่ในทิศตรงข้ามกัน ดังภาพประกอบ 2 ข การซ้อนทับลักษณะนี้จะทำให้เกิดการกระจัด ซึ่งมีขนาดเท่ากับผลต่างระหว่างการกระจัดของคลื่นทั้งสอง ผลของการซ้อนทับของคลื่นจะทำให้แอมพลิจูดของคลื่นลัพธ์ที่ตำแหน่งนั้นลดลง เรียกผลของการซ้อนทับของคลื่นในกรณีนี้ว่า การแทรกสอดแบบหักล้าง (Destructive Interference)



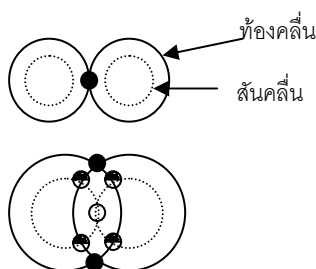
- ก. เมื่อคลื่นดลทั้งสองมีการกระจัด
ในทิศเดียวกัน
- ข. เมื่อคลื่นดลทั้งสองมีการกระจัด
ในทางทิศตรงกันข้าม

ภาพประกอบ 2 แสดงการซ้อนทับของคลื่นดลสองคลื่น

ที่มา : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2541). หนังสือเรียนวิชาฟิสิกส์ 3

ว 027 : 30

ถ้าแหล่งกำเนิดคลื่นทั้งสอง ทำให้เกิดคลื่นดล ซึ่งหน้าคลื่นเป็นภาพประกอบวงกลมที่เหมือนกันทุกประการ อาจเขียนแผนภาพแสดงการซ้อนทับของคลื่นทั้งสองได้ดังภาพประกอบ 3



ภาพประกอบ 3 แสดงการซ้อนทับของคลื่นดลสองคลื่นซึ่งเหมือนกันทุกประการ

ที่มา : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2541). หนังสือเรียนวิชาฟิสิกส์ 3

ว 027 : 32

กรณีที่คลื่นทั้งสองพบกันในลักษณะที่ท้องคลื่นของคลื่นทั้งสองหรือสันคลื่นของคลื่นทั้งสองมาพบกัน แอมพลิจูดของคลื่นรวมจะเพิ่มขึ้น นั่นคือ ท้องคลื่นของคลื่นรวมจะต่ำกว่าเดิม และสันคลื่นของคลื่นรวมจะสูงขึ้นกว่าเดิม ในภาพประกอบการซ้อนทับของท้องคลื่นแทนด้วย ● ส่วนการซ้อนทับของสันคลื่นแทนด้วย ○ ถ้าสันคลื่นของคลื่นหนึ่งพบกันท้องคลื่นของอีกคลื่นหนึ่ง แอมพลิจูดของคลื่นรวมจะเท่ากับผลต่างของแอมพลิจูดของคลื่นทั้งสองซึ่งในที่นี้เขียนแทนด้วย

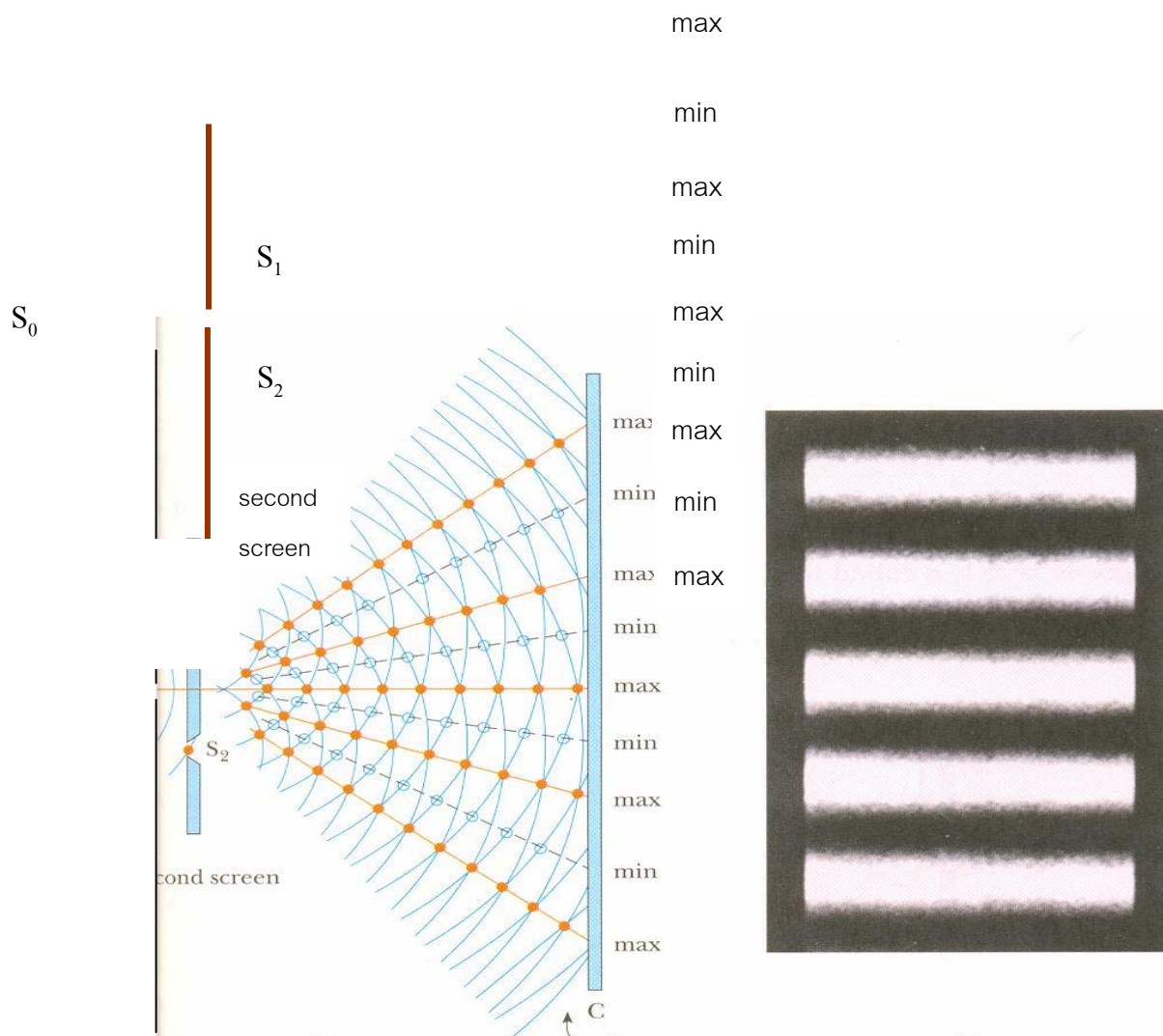
เนื่องจากคลื่นวงกลมเคลื่อนที่ออกจากแหล่งกำเนิดคลื่นทุกทิศทุกทาง ● เมื่อมีคลื่นวงกลมจากแหล่งกำเนิดสองแหล่ง คลื่นวงกลมจะไปพบกันตามแนวเส้นตรงที่เชื่อมต่อระหว่างแหล่งกำเนิดทั้งสองและจะพบกัน ณ ตำแหน่งอื่น ๆ อีกด้วย ซึ่งไม่ว่าจะพบกัน ณ ตำแหน่งใดก็จะเกิดการซ้อนทับของคลื่นขึ้น จากที่กล่าวมาแล้วนั้น พิจารณาเฉพาะเมื่อมีคลื่นสองคลื่นมาพบกันเท่านั้น ตามความเป็นจริงแล้วถ้ามีคลื่นมากกว่าสองคลื่นเคลื่อนที่มาพบกัน ก็จะมีการซ้อนทับของคลื่นเช่นเดียวกัน

2.3 การแทรกสอดของแสง (Interference)

เมื่อคลื่นสองขบวน (หรือมากกว่า) เคลื่อนที่มาพบกันที่จุดๆ หนึ่งในเวลาเดียวกันจะเกิดการซ้อนทับกันระหว่างคลื่นทั้งสอง การกระจัดของคลื่นรวม ณ ตำแหน่งใดและเวลาใดที่เกิดการซ้อนทับของคลื่นจะเท่ากับผลรวมของการกระจัดของคลื่นทั้งสอง ณ ตำแหน่งนั้น เวลานั้น ปรากฏการณ์เช่นนี้เรียกว่า การแทรกสอด (Interference)

สำหรับการแทรกสอดของแสง จะเกิดขึ้นได้เมื่อคลื่นแสงสองชุดเป็นแสงอาพันธ์ (Coherent light) คือ เป็นแสงที่มีความถี่เท่ากันและมีผลต่างเฟส ณ เวลาใด ๆ เป็นค่าคงตัว แหล่งกำเนิดคลื่นแสงอาพันธ์ทำได้โดยใช้แสงจากแหล่งกำเนิดเดียวกัน ไปตกกระทบฉากที่บีบที่เจาะเป็นช่องเล็กๆยาว (Slit) สองช่องใกล้กัน แสงที่ออกจากช่องเล็กๆยาวทั้งสองจะเป็นแสงอาพันธ์ ถ้าคลื่นแสงทั้งสองชุดไม่เป็นแสงอาพันธ์ คือ มีความถี่ต่างกันหรือมีผลต่างเฟสเปลี่ยนแปลงตามเวลา ภาพการแทรกสอดที่เกิดขึ้นจะดูได้ไม่ชัดเจน

การทดลองการแทรกสอดของโธมัส ยัง



ภาพประกอบ 4 การทดลองของยัง

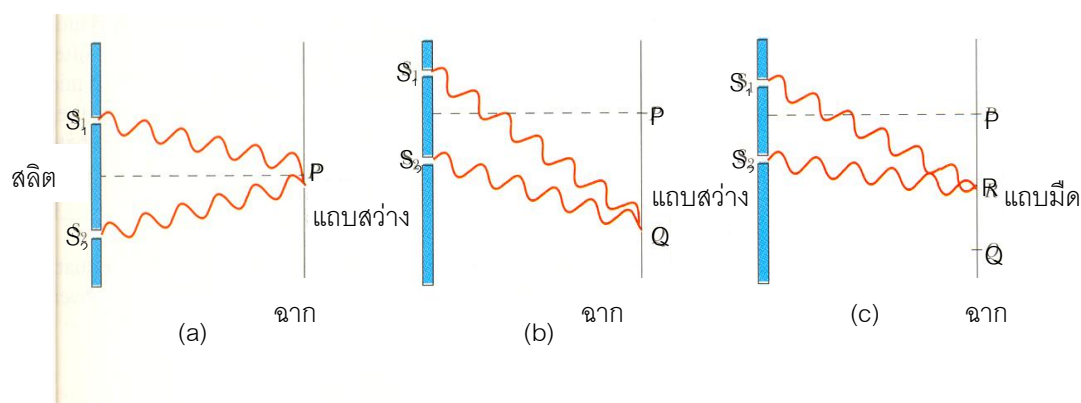
ที่มา : Serway and Beichner. (2000). *Physics For Scientists and Engineers with Modern Physics* : 1187.

ยัง (Young, 1773-1829) นักวิทยาศาสตร์ชาวอังกฤษเป็นคนแรกที่ทดลองให้เห็นว่าคลื่นแสงสามารถแทรกสอดกันได้ โดยใช้เครื่องมือที่แสดงไว้ในภาพประกอบ 4 เมื่อ S_0 เป็นจุดกำเนิดคลื่นที่ให้แสงสีเดียว S_1 และ S_2 เป็นช่องแคบเล็กมากๆ สองช่อง ซึ่งอยู่ใกล้กันและอยู่ห่างจาก S_0 เล็กน้อย จึงทำให้ได้ว่าหน้าคลื่นที่ไปถึง S_1 และ S_2 เป็นหน้าคลื่นอันเดียวกันตามหลักการของฮอยเกนส์ ซึ่งถือได้ว่า S_1 และ S_2 เป็นจุดกำเนิดคลื่นใหม่ที่มีความถี่และเฟส ตรงกันได้ เนื่องจาก

อยู่บนหน้าคลื่นอันเดียวกัน ดังนั้น S_1 และ S_2 จึงเป็นแหล่งกำเนิดคลื่นอาพันธ์ (มีความถี่เท่ากันและมีเฟสต่างกันอย่างคงที่)

หลักการแทรกสอดของแสงผ่านสลิตคู่

เงื่อนไขของการแทรกสอดแบบหักล้างและแบบเสริมกัน



ภาพประกอบ 5 แสดงตำแหน่งการแทรกสอด

ที่มา : Serway and Beichner. (2000). *Physics For Scientists and Engineers with Modern Physics* : 1190.

เมื่อแสงตกกระทบบนสลิตคู่ แสงจะเลี้ยวเบนและแทรกสอดทำให้เกิดภาพแถบมืดแถบสว่างสลับกันบนฉาก

แถบสว่างเกิดจากแสงแทรกสอดแบบเสริมกัน (คลื่นทั้งสองมาพบกันโดยมีเฟสตรงกันหรือต่างกัน 2π เรเดียน) การที่คลื่นทั้งสองมีเฟสตรงกันหรือต่างกัน 2π แปลว่าคลื่นทั้งสองขบวนเดินทางมาด้วยระยะทางที่เท่ากันหรือต่างกันเป็นจำนวนเท่าของ λ

แถบมืดเกิดจากแสงแทรกสอดแบบหักล้างกัน (คลื่นทั้งสองมาพบกันโดยมีเฟสต่างกัน π เรเดียน) การที่คลื่นทั้งสองมีเฟสต่างกัน π แสดงว่าคลื่นทั้งสองเดินทางมาด้วยระยะทางที่ต่างกันเป็นจำนวน $\lambda/2$, $3\lambda/2$, $5\lambda/2$, ...

จากภาพ (a) ณ ตำแหน่ง P จะเกิดการแทรกสอดแบบเสริมกัน เนื่องจากว่าแสงจากแหล่งกำเนิด S_1 และ S_2 เดินทางมาพบกันด้วยระยะทางที่เท่ากัน (หมายความว่า $S_1P - S_2P = 0$)

จากภาพ (b) ณ ตำแหน่ง Q จะเกิดการแทรกสอดแบบหักล้างกัน เนื่องจากว่าแสงจากแหล่งกำเนิด S_1 และ S_2 เดินทางมาพบกันด้วยระยะทางที่ต่างกัน λ (หมายความว่า $S_1P - S_2P = \lambda$)

จากภาพ (c) ณ ตำแหน่ง R จะเกิดการแทรกสอดแบบหักล้างกัน เนื่องจากว่าแสงจากแหล่งกำเนิด S_1 และ S_2 เดินทางมาพบกันด้วยระยะทางที่ต่างกัน $\lambda/2$ (หมายความว่า $S_1Q - S_2Q = \lambda/2$)



ภาพประกอบ 6 แสดงการแทรกสอดของแสงผ่านสลิตคู่

เมื่อพิจารณาแถบมืดแถบสว่าง พบว่า

- 1) แถบสว่างแต่ละแถบจะมีความกว้างเท่ากัน (ใกล้เคียงกัน)
- 2) ระยะห่างระหว่างแถบสว่างที่ใกล้กันจะเท่ากัน
- 3) ระยะห่างระหว่างแถบมืดที่ใกล้กันจะเท่ากัน
- 4) ระยะห่างระหว่างแถบสว่างที่ใกล้กันจะเท่ากับระยะห่างระหว่างแถบมืดที่ใกล้กัน

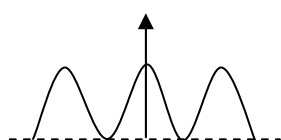
สำหรับภาพการแทรกสอดจากสลิตคู่ ความจริงแล้วแถบมืดและแถบสว่างจะมีความกว้างเท่า ๆ กัน แต่เนื่องจากแสงของแถบสว่างมีการแผ่ไปยังบริเวณที่เป็นแถบมืดด้วย ทำให้มองเห็นแถบมืดมีขนาดเล็กลงจากความเป็นจริง

สำหรับสลิตคู่ที่มีระยะห่างระหว่างช่องต่าง ๆ กัน เช่น 50 ไมโครเมตร , 100 ไมโครเมตร , 250 ไมโครเมตร จะให้ภาพการแทรกสอดที่มีขนาดของแถบสว่างต่างกันและแถบสว่างจะมีความเข้มแสงต่างกัน

- 1) ถ้าสลิตคู่มีระยะระหว่างช่องน้อย จะให้แถบสว่างมีความกว้างมาก โดยความเข้มแสงมีค่าน้อย
- 2) ถ้าสลิตคู่มีระยะระหว่างช่องมาก จะให้แถบสว่างมีความกว้างน้อยโดยความเข้มแสงมีค่ามาก



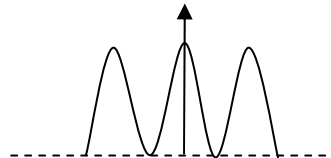
ความเข้ม



สลิตคู่มีระยะห่างช่องน้อย



ความเข้ม



สลิตคู่มีระยะห่างช่องมาก

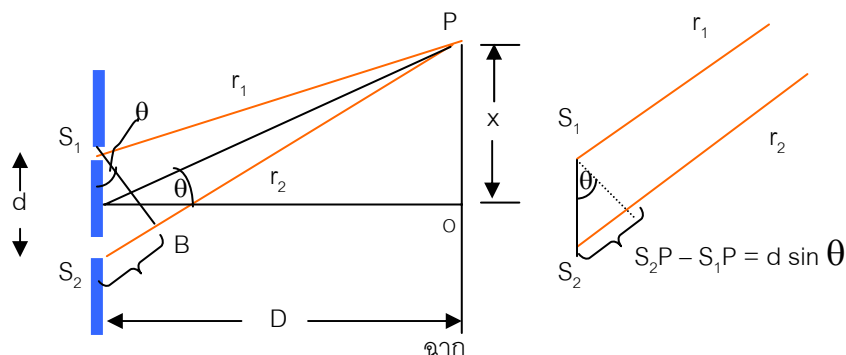
ก. การแทรกสอดของแสงผ่าน

สลิตคู่ขนาด 50 ไมโครเมตร

ข. การแทรกสอดของแสงผ่าน

สลิตคู่ขนาด 250 ไมโครเมตร

ภาพประกอบ 7 แสดงการแทรกสอดของแสงผ่านสลิตคู่ที่มีระยะห่างระหว่างช่องต่างกัน
การคำนวณการแทรกสอดของแสงผ่านสลิตคู่



ภาพประกอบ 8 แสดงทางเดินของแสงจาก S_1 และ S_2 ไปยังฉาก

ที่มา : Serway and Beichner. (2000). *Physics For Scientists and Engineers with Modern Physics* : 1189

เมื่อพิจารณาจุด P ซึ่งทำมุม θ กับแกนที่ลากจากกึ่งกลางของ S_1 และ S_2 ถึงฉาก แม้ว่าแสงจาก S_1 และ S_2 จะมีเฟสตรงกัน แต่เมื่อไปพบกันที่จุด P แสงจากทั้งสองแหล่งกำเนิดดังกล่าวไม่จำเป็นจะต้องมีเฟสตรงกันเสมอไป ทั้งนี้ขึ้นกับผลต่างของทางเดินแสงจาก S_1 และ S_2 ไปถึงฉาก หรือ $r_2 - r_1$ ดังภาพ ผลต่างของระยะทางนี้หาได้โดยกำหนดให้ P เป็นจุดศูนย์กลาง $PB = S_1P$ และเนื่องจากระยะ D มากกว่า d มาก ๆ จึงถือได้ว่า S_1B เป็นเส้นตรงและตั้งฉากกับ S_2P ถ้าให้ผลต่างของระยะ S_2P กับ S_1P คือ δ ดังนั้นจะได้สมการดังนี้

$$S_2P - S_1P = \delta = d \sin \theta$$

จากการรวมกันได้ของคลื่น (Superposition Principle) จุด P จะเป็นจุดสว่าง คือ เกิดการแทรกสอดแบบเสริมกันเมื่อ $d \sin \theta$ เท่ากับจำนวนเท่าของความยาวคลื่น และ P จะเป็นจุดมืด คือ เกิดการแทรกสอดแบบหักล้างเมื่อ $d \sin \theta$ เท่ากับจำนวนครึ่งของความยาวคลื่น นั่นคือ

แถบสว่างบนฉาก (ปฏิบัพ) จะเกิดขึ้น เมื่อ

$$\delta = d \sin \theta = n\lambda \quad (n = 0, 1, 2, \dots)$$

หรือ

$$d\left(\frac{x}{D}\right) = n\lambda$$

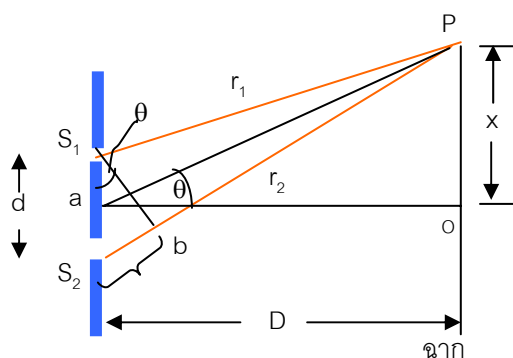
แถบมืดบนฉาก (บัพ) จะเกิดขึ้น เมื่อ

$$\delta = d \sin \theta = \left(n + \frac{1}{2}\right)\lambda \quad (n = 0, 1, 2, \dots)$$

หรือ

$$d\left(\frac{x}{D}\right) = \left(n + \frac{1}{2}\right)\lambda$$

พิสูจน์สมการการแทรกสอดของแสงผ่านสลิตคู่

ภาพประกอบ 9 แสดงการแทรกสอดของแสงจาก S_1 และ S_2 ไปยังฉาก

ที่มา : Serway and Beichner. (2000). *Physics For Scientists and Engineers with Modern Physics* : 1189

กำหนดให้ P ในภาพเป็นตำแหน่งบัพที่ n นับจากแนวกลาง

$$\text{สมการการแทรกสอดที่ P คือ } S_2P - S_1P = n\lambda \quad \dots\dots\dots (1)$$

จาก S_1 ลากเส้น S_1P ตั้งฉากกับ S_2P ที่ bเพราะว่าระยะห่างของฉากจาก S_1 และ S_2 มากกว่าระยะห่างของช่อง S_1 และ S_2 มาก ๆ ($D \gg d$)เพราะฉะนั้น จะได้ว่า $S_1P \parallel aP \parallel S_2P$ ดังนั้น S_1P ประมาณ Pb

$$\text{สมการ (1) เขียนใหม่ได้} \quad S_2P - Pb = n\lambda \quad \dots\dots\dots (2)$$

แต่ $S_2P - Pb = S_2b$

$$\text{ดังนั้นสมการ (2) เขียนใหม่ได้} \quad S_2b = n\lambda \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$\frac{s_2 b}{s_1 s_2}$$

จาก $\Delta S_1 S_2 b$ จะได้ $\sin \theta$

$$S_2 b = S_1 S_2 \sin \theta = d \sin \theta$$

จากสมการ (3) จะได้ $d \sin \theta = n\lambda$ (4)

เพราะว่า $n \frac{\lambda}{d}$ มีค่าน้อยมาก ดังนั้นมุม θ จึงมีค่าน้อยด้วย จะได้ $\sin \theta$ ประมาณ $\tan \theta$

จาก $\Delta a o P$ $\tan \theta = \frac{oP}{ao} = \frac{x}{D}$

แทนในสมการ (4) จะได้ $d \sin \theta = \frac{dx}{D} = n\lambda$

ดังนั้น สมการการแทรกสอดเมื่อ P เป็นปฏิบัพ คือ

$$d \sin \theta = \frac{dx}{D} = n\lambda \quad \text{เมื่อ } n = 0, 1, 2, \dots$$

ผลสรุปจากการทดลองของยัง นอกจากจะอธิบายการเกิดลดทอนของการแทรกสอดบนฉากได้ ยังสามารถคำนวณหาความยาวคลื่นของแสงได้ เนื่องจากระยะ d และระยะ x มีค่าน้อยมาก เมื่อเทียบกับระยะห่างระหว่างฉากกับช่องเล็กยาว (D) ดังนั้น มุม θ จะเป็นมุมที่เล็กมาก ซึ่งในกรณีนี้จะได้

$$\sin \theta \approx \tan \theta = \frac{x}{D}$$

สำหรับแถบสว่าง จากสมการ $d \sin \theta = n\lambda$ แทน $\sin \theta \approx \tan \theta = \frac{x}{D}$

$$d \frac{x}{D} = n\lambda$$

จะได้ $x_b = \frac{n\lambda D}{d}$

x_b คือ ระยะจากกึ่งกลางฉาก (0) ถึงตำแหน่งของแถบสว่าง

สำหรับแถบมืด จากสมการ $d \sin \theta = (n + \frac{1}{2})\lambda$ แทน $\sin \theta \approx \tan \theta = \frac{x}{D}$

$$d \frac{x}{D} = (n + \frac{1}{2})\lambda$$

จะได้ $x_d = (n + \frac{1}{2}) \frac{\lambda D}{d}$

x_d คือ ระยะจากกึ่งกลางฉาก (0) ถึงตำแหน่งของแถบมืด

การเลี้ยวเบนและแทรกสอดของแสงผ่านเกรตติง (Grating)

จากการศึกษาสมบัติการแทรกสอดของแสงผ่านสลิตคู่ ทำให้ได้ความสัมพันธ์ $d \sin \theta = n\lambda$ หรือ $\frac{dx}{D} = n\lambda$ ซึ่งสมการนี้ใช้หาความยาวคลื่นของแสงได้ ถ้าระยะ D คงที่ เมื่อ d มีค่าน้อยลง x จะมีค่าเพิ่มขึ้น และถ้า d มีค่ามากขึ้น x จะมีค่าลดลง ถ้า x มีค่าน้อยลงมากจะทำให้แถบสว่างอยู่ชิดกันมาก ดังนั้นการวัดความยาวคลื่นแสงจะทำได้ยากและมีข้อผิดพลาดได้ง่าย ในทางปฏิบัติจึงใช้วิธีการลดระยะ d ลงไป ซึ่งทำได้โดยเพิ่มจำนวนช่องให้แต่ละช่องอยู่ชิดกันมากขึ้น สลิตที่มีจำนวนช่องมากโดยแต่ละช่องมีขนาดเท่ากันและระยะห่างระหว่างช่องมีค่าน้อย เรียกว่า “เกรตติง”

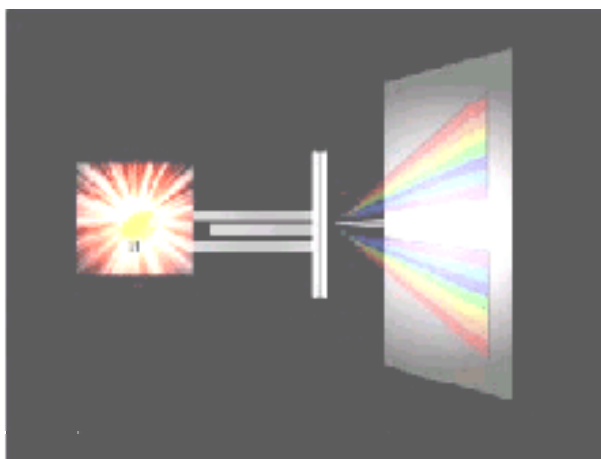
เกรตติง (Grating) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้แยกแสง เพื่อศึกษาการเลี้ยวเบนและการแทรกสอดของแสงช่วยให้วัดค่าความยาวคลื่นต่าง ๆ ของแสงได้ง่ายและถูกต้องมากขึ้น

เกรตติงทำจากแก้วหรือพลาสติกบาง ๆ โดยขีดให้เป็นช่องยาว ๆ ขนานกันจำนวนมาก ๆ และแต่ละช่องอยู่ใกล้กันมาก เกรตติงมีหลายขนาด เช่น เกรตติงชนิด 10,000 ช่องต่อเซนติเมตร หมายความว่า ในความยาว 1 เซนติเมตร จะมีช่องเล็ก ๆ จำนวน 10,000 ช่อง

โดยระยะห่างระหว่างช่อง (d) หาได้จากสมการ

$$\text{ระยะห่างระหว่างช่อง (d)} = \frac{1}{10,000} \text{ cm} = 10^{-6} \text{ m}$$

เมื่อแสงผ่านเกรตติง ผลการเลี้ยวเบนและแทรกสอดบนฉากจะคล้ายกับกรณีแสงผ่านสลิตคู่ (การคำนวณใช้สูตรเหมือนสลิตคู่) แต่ภาพที่ได้จะชัดเจนกว่า คือ ระยะห่างระหว่างแถบสว่างจะมากกว่า และแถบสว่างมีความเข้มมากกว่า



แถบสว่างลำดับที่ 1 ($n=0$) มีสีขาว

แถบสว่างกลาง ($n=0$) มีสีขาว

แถบสว่างลำดับที่ 1 ($n=0$) มีสีขาว

ภาพประกอบ 10 แสดงการแทรกสอดของแสงผ่านเกรตติงไปยังฉาก

1) แถบสว่างกลาง ($n = 0$) จะมองเห็นเป็นสีขาว

2) แถบสว่างลำดับที่ 1 ($n = 1$) จะเห็นเป็นสเปกตรัมของแสงขาว คือ ประกอบด้วยแสง 7 สี คือ ม่วง คราม น้ำเงิน เขียว เหลือง แสด แดง ตามลำดับ (เมื่อเทียบกับแนวกลาง)

3) แถบสว่างลำดับที่ 2 , 3 , 4 n จะเป็นสเปกตรัมของแสงขาวเหมือนกับแถบสว่างลำดับที่ 1

จากสมการ $d \sin \theta = n\lambda$ ถ้าความยาวคลื่น λ น้อย จะทำให้มุม θ เล็กลงด้วย ดังนั้นจะเห็นว่าในแถบสว่างลำดับหนึ่ง ๆ แสงสีม่วง (ความยาวคลื่นน้อย).. จะเบี่ยงเบนได้น้อย แสงสีแดง(ความยาวคลื่นมาก) จะเบี่ยงเบนมาก

เนื่องจากช่องของเกรตติงมีขนาดเล็กและอยู่ชิดกันมากจึงทำให้แสงที่ออกจากช่องของเกรตติงเป็นรังสีขนาน เมื่อแสงดังกล่าวไปพบกันจะเกิดการซ้อนทับกันเหมือนช่องคู่และทุก ๆ คู่ จะให้เงื่อนไขการซ้อนทับเหมือนกันหมดเราจึงพิจารณาเงื่อนไขการซ้อนทับของเกรตติงจากช่องคู่เพียงคู่เดียว

ถ้าให้แสงที่ผ่านช่องของเกรตติงไปเสริมกันจะได้

$$d \sin \theta = n\lambda$$

$$d = \text{ระยะห่างของช่อง} = \frac{1}{\text{จำนวนช่อง}}$$

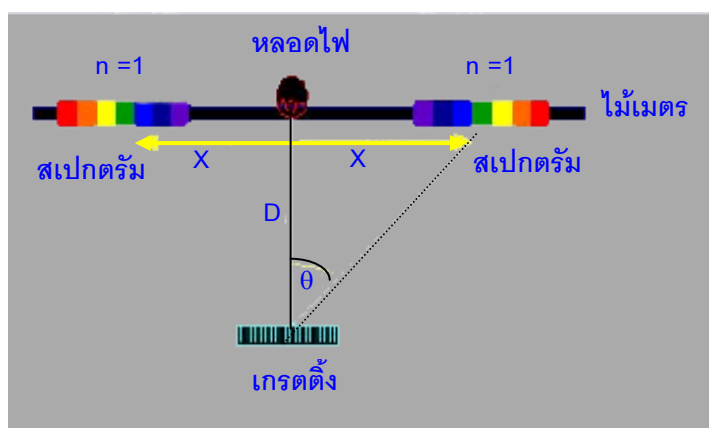
$$\theta = \text{มุมเบนของแสง}$$

$$n = \text{ลำดับที่ของปฏิบัพ (หรือสเปกตรัม)}$$

$$\lambda = \text{ความยาวคลื่นของแสง}$$

การทดลองวัดความยาวคลื่นแสงโดยมองผ่านเกรตติง

เมื่อใช้เกรตติงมองดูแสงจากไส้หลอดไฟ จะเห็นสเปกตรัมของแสงขาวหรือแถบสีต่าง ๆ ซึ่งมีความยาวคลื่นต่างกัน สเปกตรัมของแสงขาวจากไส้หลอดไฟ (วัตถุร้อน) เป็นสเปกตรัมต่อเนื่อง ซึ่งประกอบด้วยแสง 7 สี เรียงจากความยาวคลื่นมากไปน้อย ดังนี้ แดง แสด เหลือง เขียว น้ำเงิน คราม ม่วง



ภาพประกอบ 11 แสดงการทดลองวัดความยาวคลื่นแสงโดยมองผ่านเกรตติง

ในแถบสว่างหนึ่ง ๆ สีแดงมีความยาวคลื่นมากที่สุด จะเบี่ยงเบนจากแนวกลางมากที่สุด สีม่วงมีความยาวคลื่นน้อยสุด จะเบี่ยงเบนจากแนวกลางน้อยสุด

จากสมการ
$$d \sin \theta = n\lambda$$

จะได้
$$\lambda = \frac{d}{n} \sin \theta$$

ในการทดลอง สเปกตรัมที่มองเห็นชัดเจน จะเป็นสเปกตรัมในชุดที่อยู่ใกล้กับหลอดไฟมากที่สุด (ชุดที่ $n = 1$) ดังนั้นจากสมการดังกล่าวจะได้ว่า

$$\lambda = \frac{d}{n} \sin \theta$$

$$\lambda = d \sin \theta$$

$$\lambda = \frac{dx}{D}$$

λ คือ ความยาวคลื่นของสเปกตรัม (แถบสี) ที่ต้องการวัด

d คือ ระยะห่างระหว่างช่องของเกรตติง

x คือ ระยะเบี่ยงเบนของสเปกตรัม (แถบสี) ที่ต้องการวัด

D คือ ระยะห่างจากเกรตติงถึงไม้วัด

θ คือ มุมเบี่ยงเบนของสเปกตรัม (แถบสี) ที่ต้องการวัด

ในการทดลอง ถ้าระยะเบี่ยงเบน x ทางซ้ายและขวาไม่เท่ากัน ในการคำนวณให้หาค่าเฉลี่ยดังนี้

$$X_{\text{เฉลี่ย}} = \frac{X_{\text{ทางซ้าย}} + X_{\text{ทางขวา}}}{2}$$

ในการทดลองเกรตติงที่ใช้มี $d = 10^{-6}$ m แสงมี $\lambda = 10^{-7}$ m

จะได้ว่า
$$\frac{d}{\lambda} = \frac{10^{-6}}{10^{-7}}$$

$$d = 10 \lambda$$

ถ้าเกรตติงที่ใช้มีระยะห่างระหว่างช่อง (d) มากขึ้น เช่น $d = 100\lambda$ จะบอกตำแหน่งของแถบสว่างได้ยากและการวัดจะผิดพลาดได้ง่าย

การคำนวณการแทรกสอดของแสงผ่านเกรตติง

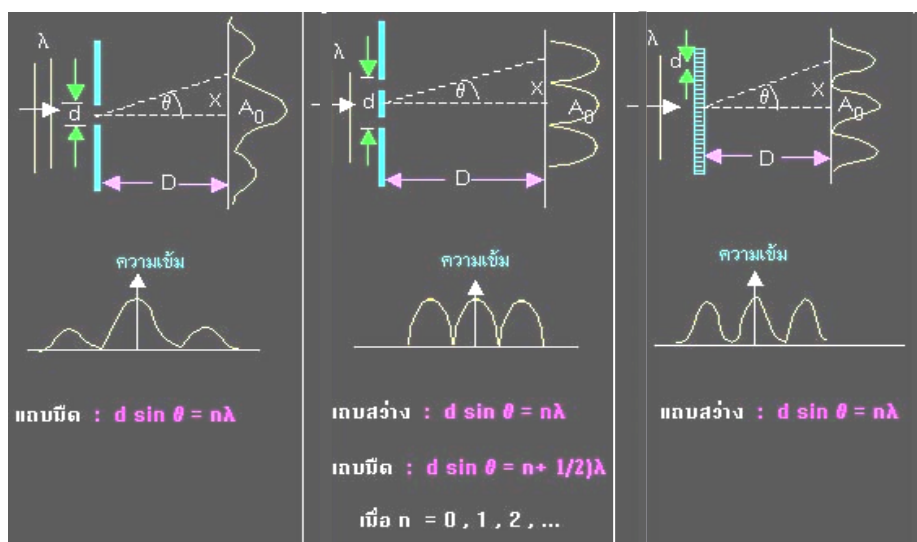
เมื่อฉายแสงสีเดียวผ่านเกรตติง จะเกิดภาพการเลี้ยวเบนและแทรกสอดบนฉากคล้ายกับกรณีสลิตคู่ เมื่อพิจารณาแถบสว่างต่าง ๆ อาจหาได้จาก สมการดังนี้

ตำแหน่งปฏิบัพ (A) $d \sin \theta = n\lambda$

ตำแหน่งบัพ (N) $d \sin \theta = (n + 1/2) \lambda$

ถ้าแถบสว่างในลำดับที่ใกล้เคียงกัน (เช่น ลำดับที่ 1 กับ 2 ลำดับที่ 2 กับ 3 ลำดับที่ 5 กับ 6 ลำดับที่ n กับ $n + 1$ เป็นต้น) มีขอบอยู่ชิดติดกัน แสดงว่าแสงสีแดงในลำดับที่ n ซ้อนทับกับแสงสีม่วงในลำดับที่ $n + 1$ (แสงสีแดง-แสงสีม่วง มีมุมเบี่ยงเบน (θ) เท่ากัน แต่อยู่ในชุดของแถบสว่างต่างกัน)

เราสามารถเปรียบเทียบการแทรกสอดของแสงผ่านสลิตเดี่ยว สลิตคู่และเกรตติงได้ดังรูป



ก. สลิตเดี่ยว

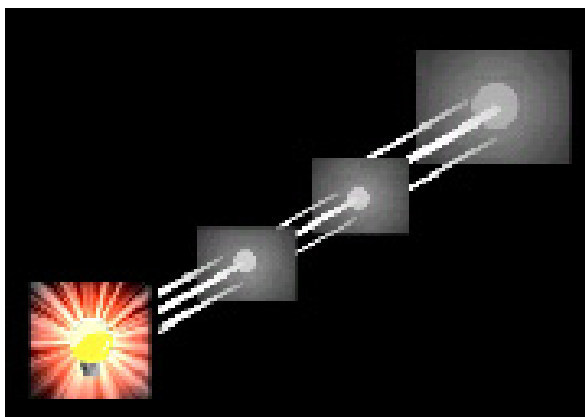
ข. สลิตคู่

ค. เกรตติง

ภาพประกอบ 12 แสดงการเปรียบเทียบการแทรกสอดของแสงผ่านสลิตเดี่ยว สลิตคู่และเกรตติง

2.4 การเลี้ยวเบนของแสง

กริมาลดี (Francesco Grimaldi) เป็นคนแรกที่ทดลองพบสมบัติการเลี้ยวเบนของแสง โดยให้แสงอาทิตย์ผ่านรูเล็ก ๆ เข้าไปในห้องมืด แล้วผ่านรูเล็ก ๆ ของวัตถุที่บดแสงไปกระทบฉาก พบว่าแถบสว่างที่เกิดขึ้นบนฉากมีขนาดใหญ่กว่ารูเล็ก



ภาพประกอบ 13 แสดงการเลี้ยวเบนของแสงผ่านรูเล็ก ๆ

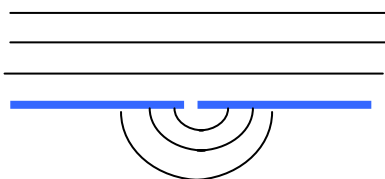
การที่แถบสว่างมีขนาดใหญ่กว่ารูเล็ก ๆ ของวัตถุทึบแสง แสดงว่าแสงแสดงสมบัติการเลี้ยวเบนและการแทรกสอด

การเลี้ยวเบน (Diffraction) เป็นสมบัติอีกอย่างหนึ่งของคลื่นและมักมีพฤติกรรมรวมกันกับการแทรกสอด โดยทั่วไปจึงมักกล่าวถึงการแทรกสอดและการเลี้ยวเบนควบคู่กันไป อย่างไรก็ตาม พฤติการณ์ที่เกิดขึ้นมักมีการเลี้ยวเบนเกิดขึ้นก่อนแล้วจึงมีการแทรกสอดเกิดขึ้นโดยมีสมบัติการเลี้ยวเบนดังกล่าวเป็นส่วนเสริม ผลของการเลี้ยวเบนจะปรากฏเป็นลวดลายของการเลี้ยวเบนขึ้นบนฉากซึ่งมีทั้งแถบสว่างและแถบมืดคล้ายๆ กับลวดลายการแทรกสอด

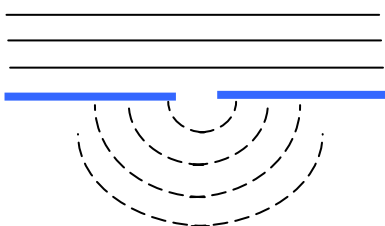
ลักษณะของคลื่นแสงที่เลี้ยวเบนผ่านช่องกั้นจะมีลักษณะขึ้นอยู่กับความกว้างของช่องกั้น เมื่อเทียบกับความยาวคลื่นแสงเดิม

กำหนดให้ d แทนความกว้างของช่องกั้น และ λ แทนความยาวคลื่น

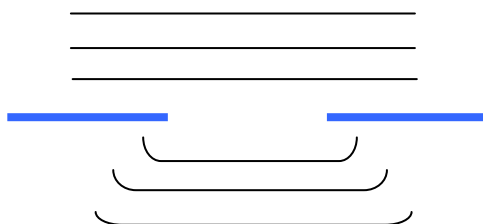
ถ้า $d \ll \lambda$ คลื่นที่ผ่านช่องคลื่นจะเป็นคลื่นวงกลม



ถ้า $d = \lambda$ จะเกิดการเลี้ยวเบนซึ่งเห็นได้ชัดเจน



ถ้า $d \gg \lambda$ แทบจะไม่เห็นการเลี้ยวเบน



ภาพประกอบ 14 แสดงการเลี้ยวเบนของคลื่นผ่านช่องกั้นขนาดต่าง ๆ

การหาตำแหน่งแถบมืดแถบสว่างบนฉาก

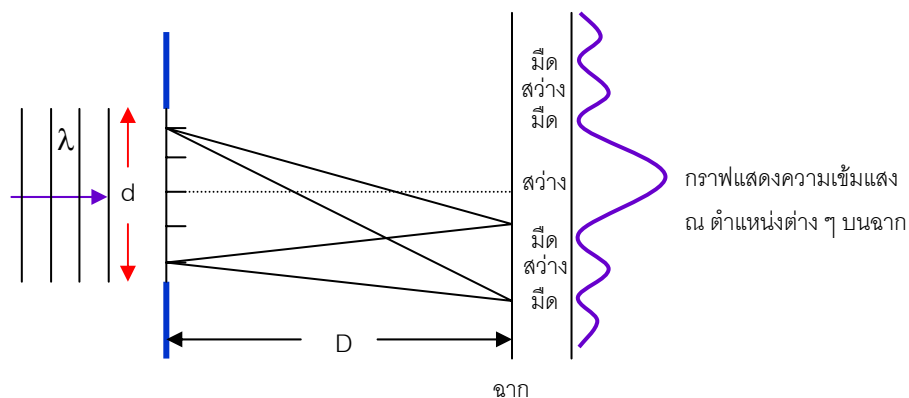
กรณีช่องแคบเดี่ยว (single slit) พิจารณาในกรณีช่องเดี่ยวที่มีความกว้างของช่องใกล้เคียงกับความยาวคลื่น พบว่าจะเกิดแนวการรวมกันแบบเสริมและแบบหักล้างคงที่เช่นเดียวกับคลื่นนิ่งจากการแทรกสอด โดยจะพิจารณาเฉพาะตำแหน่งที่มีการรวมกันแบบหักล้างหรือตำแหน่งบัพ (N)

ตำแหน่งบัพ

$$d \sin \theta = n\lambda = dx/D$$

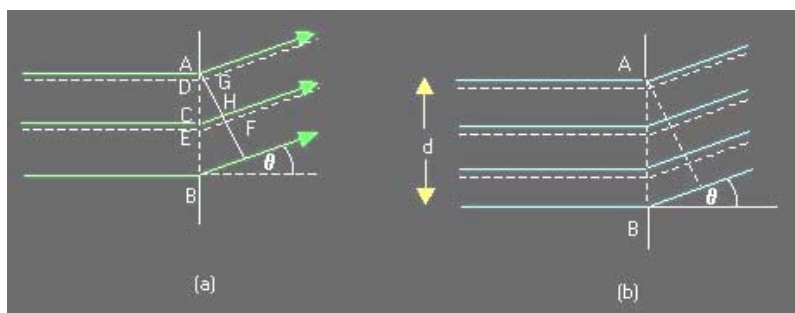
บทพิสูจน์ การหาตำแหน่งแถบมืดแถบสว่างบนฉาก

ให้คลื่นแสงสีเดียวความยาวคลื่น λ ส่องผ่านช่องเดี่ยวที่มีความกว้าง d ทำให้เกิดการแทรกสอด เนื่องจากการเลี้ยวเบนบนฉากที่ห่างจากช่องเดี่ยว D ดังภาพ



ภาพประกอบ 15 แสดงการเลี้ยวเบนของคลื่นผ่านช่องกั้น

จากภาพประกอบ 15 อาศัยหลักของฮอยเกนส์ ซึ่งกล่าวว่าทุกจุดบนหน้าคลื่นจะกระทำตัวเป็นแหล่งกำเนิดคลื่นใหม่ ถ้าเราให้ฉากอยู่ห่างจากช่องเดี่ยวมาก ๆ ($D \gg d$) จะได้รังสีที่ออกจากช่องเดี่ยวเป็นรังสีขนาน และตำแหน่งมืดบนฉากคือตำแหน่งที่คลื่นหักล้างกัน



ภาพประกอบ 16 แสดงรังสีของแสงที่ออกจากช่องกัน

พิจารณาภาพประกอบ 16 (a) ถ้าแบ่งครึ่งช่อง AB จะพบว่าถ้ารังสีออกจาก A และ C มีทางเดินต่างกัน $\lambda/2$ แล้ว ทุก ๆ คู่ที่อยู่ใต้ A และ C ซึ่งห่างกัน $d/2$ เช่น D และ E จะมีทางเดินต่างกัน $\lambda/2$ ด้วย เป็นผลทำให้คลื่นหักล้างกันหมดบนฉากจะได้ว่าแต่ละคู่มีเงื่อนไขดังนี้

$$(d/2) \sin \theta = \lambda/2$$

$$d \sin \theta = \lambda \quad \text{เป็นตำแหน่งบัพที่ 1}$$

ทำนองเดียวกันถ้าแบ่งช่องกว้าง d เป็น 4 ส่วนเท่า ๆ กัน ดังรูป (b) จะได้ทุก ๆ คู่มีระยะห่างกัน $d/4$ และคลื่นจะหักล้างกันเมื่อระยะทางเดินต่างกัน นั่นคือ $\lambda/2$

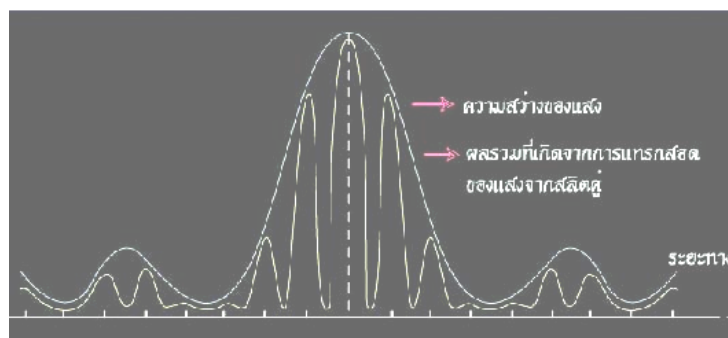
$$(d/4) \sin \theta = \lambda/2$$

$$d \sin \theta = 2\lambda \quad \text{เป็นตำแหน่งบัพที่ 2}$$

เพราะฉะนั้น ถ้าแบ่งช่องกว้าง d เป็น 6, 8, 10, ... จะได้ $d \sin \theta = 3\lambda, 4\lambda, 5\lambda, \dots$ ตามลำดับ ฉะนั้นจะได้สมการการหาตำแหน่งบัพของการเลี้ยวเบนผ่านช่องเดี่ยว ดังนี้

$$d \sin \theta = n\lambda = dx/D$$

ปรากฏการณ์เลี้ยวเบนและการแทรกสอดของแสงจะเกิดขึ้นด้วยกันเสมอ จากการสังเกตภาพของแถบมืดและแถบสว่างจากสลิตคู่ จะพบว่า แถบมืดแถบสว่างมีขนาดเล็กกว่าในกรณีของภาพจากสลิตเดี่ยว ทั้งนี้เนื่องจากแสงมีการเลี้ยวเบนเมื่อผ่านสลิตแต่ละช่อง โดยแสงที่เลี้ยวเบนไปจากสลิตเดี่ยวทั้งสองจะแทรกสอดกันแล้วทำให้เกิดแถบมืดแถบสว่างเล็กในแถบสว่างจากสลิตเดี่ยวดังภาพประกอบ 17



ภาพประกอบ 17 แสดงแถบมืดแถบสว่างเล็ก ๆ ในแถบสว่างจากสลิตเดี่ยว

การเลี้ยวเบนของแสงผ่านช่องแคบเดี่ยวขนาดต่าง ๆ

เมื่อแสงผ่านช่องแคบเดี่ยว แถบสว่างจะมีขนาดใหญ่กว่าความกว้างของช่องแคบ แสดงว่าแสงมีสมบัติการเลี้ยวเบน

จากการศึกษาพบว่าแสงมีความยาวคลื่นสั้นมาก คือ ประมาณ 10^{-7} เมตร

ถ้าให้ λ คือ ความยาวคลื่นแสง d คือ ความกว้างของช่องแคบเดี่ยว

1. เมื่อแสงผ่านช่องแคบเดี่ยวที่มีขนาดความกว้างโตกว่าความยาวคลื่นแสงมาก ๆ ($d \gg \lambda$) ภาพการเลี้ยวเบนบนฉากจะคล้ายกับกรณีของกริมาติ คือ จะเห็นเฉพาะภาพของแถบสว่างบนฉาก
2. เมื่อแสงผ่านช่องแคบเดี่ยวที่มีขนาดความกว้างประมาณใกล้เคียงกับความยาวคลื่นแสง ($d = \lambda$) ภาพการเลี้ยวเบนบนฉากจะมีทั้งแถบสว่างและแถบมืดสลับกัน

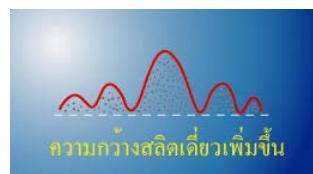
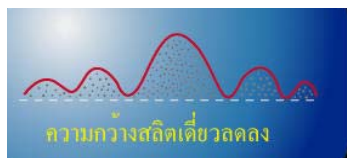
กรณีแสงผ่านช่องแคบเดี่ยวที่มีขนาดความกว้างประมาณใกล้เคียงกับความยาวคลื่นแสง ($d \geq \lambda$)

1. แถบสว่างกลางจะมีความกว้างมากที่สุดและมีความเข้มมากที่สุด ส่วนแถบสว่างอื่น ๆ ที่แผ่ออกไปทั้งสองข้างจะมีความกว้างและความสว่างลดลงตามลำดับ ดังภาพประกอบ 18



ภาพประกอบ 18 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสง ณ ตำแหน่งต่าง ๆ บนฉาก

2. แถบมืดและแถบสว่างบนฉาก เกิดจากการเลี้ยวเบนแล้วไปแทรกสอด โดย
 - 1) แถบสว่าง เกิดจากการแทรกสอดแบบเสริมกัน
 - 2) แถบมืด เกิดจากการแทรกสอดแบบหักล้างกัน
3. ถ้าลดความกว้างของช่องแคบเดี่ยวลง แถบสว่างกลางจะมีความกว้างเพิ่มขึ้น และระยะห่างระหว่างแถบสว่างที่อยู่ใกล้กันจะมากขึ้น
 - 1) สลิตเดี่ยวมีขนาดความกว้างมาก ได้ภาพของแถบสว่างแถบเดียวกับกรณีการทดลองของกริมาติ
 - 2) สลิตเดี่ยวมีขนาดความกว้างน้อย ได้ภาพของแถบสว่างแถบมืดสลับกัน
 ถ้าเพิ่มความกว้างของช่องแคบเดี่ยว แถบสว่างกลางจะมีความกว้างลดลง และระยะห่างระหว่างแถบสว่างที่อยู่ใกล้กันจะน้อยลง ดังภาพประกอบ 19



ภาพประกอบ 19 แสดงผลที่เกิดจากแสงผ่านช่องแคบเดี่ยวที่มีความกว้างของช่องสลิตขนาดต่างกัน

2.5 โพลาริเซชันของแสง

แสงเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ประกอบด้วยเวกเตอร์ของสนามแม่เหล็กและเวกเตอร์ของสนามไฟฟ้ากระจายรอบทิศในแนวตั้งฉากกับแนวการเคลื่อนที่ของคลื่นแสง แสงในธรรมชาติมีระนาบการสั่นได้หลายระนาบไม่แน่นอน เรียกแสงธรรมชาติดังกล่าวนี้ว่า “แสงไม่โพลาริซ์”

ถ้าทำให้สนามไฟฟ้า (หรือสนามแม่เหล็ก) ในลำแสง มีระนาบการสั่นเพียงระนาบเดียวที่แน่นอนเรียกแสงที่มีระนาบการสั่นเพียงระนาบเดียวว่า “คลื่นโพลาริซ์” เรียกกระบวนการสั่นที่แน่นอนว่า “ระนาบโพลาริเซชัน” และเรียกปรากฏการณ์ที่ทำให้แสงมีระนาบการสั่นเพียงระนาบเดียวนี้นี้ว่า “โพลาริเซชัน”

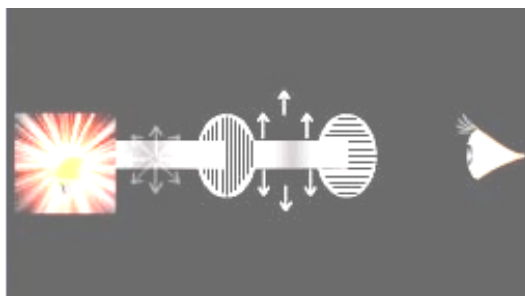
ปรากฏการณ์โพลาริเซชัน จะเกิดขึ้นได้เฉพาะในคลื่นตามขวางเท่านั้น ดังนั้น จึงกล่าวได้ว่า โพลาริเซชันเป็นปรากฏการณ์ที่สนับสนุนว่า แสงเป็นคลื่นตามขวาง

การทำให้แสงโพลาริซ์โดยใช้แผ่นโพลารอยด์

โพลารอยด์ เป็นวัสดุที่ช่วยลดความเข้มแสง โดยยอมให้สนามไฟฟ้าของแสงผ่านไปเฉพาะในแนวที่ขนานกับแกนของโพลารอยด์ (จะดูดกลืนสนามไฟฟ้าในแนวตั้งฉากกับแกนของโพลารอยด์)

ถ้าให้แสงไม่โพลาริซ์ผ่านแผ่นโพลารอยด์ แสงที่ผ่านออกมาจะเป็นแสงโพลาริซ์ที่มีทิศของโพลาริเซชันขนานกับแกนของโพลารอยด์ จึงเรียกแผ่นโพลารอยด์นี้ว่า ตัวทำให้แสงโพลาริซ์

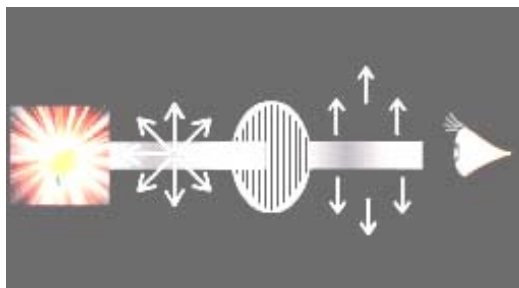
(Polarizer) นอกจากนี้แผ่นโพลารอยด์ยังทำหน้าที่เป็นตัววิเคราะห์ ว่าแสงนั้นเป็นแสงโพลาริซ์หรือไม่ โดยการนำแผ่นโพลารอยด์แผ่นที่สอง (P_2) มาทาบแสงที่ออกมาจากแผ่นแรก (P_1) ถ้าวาง P_2 ให้แกนของ P_2 ตั้งฉากกับแกนของ P_1 แล้วไม่ปรากฏว่ามีแสงผ่านออกจากแผ่น P_2 แสดงว่า แสงที่ผ่าน P_1 ออกมา เป็นแสงโพลาริซ์สมบูรณ์ ดังภาพประกอบ 20



ภาพประกอบ 20 ตัวทำแสงโพลาไรซ์กับตัววิเคราะห์ตั้งฉากกันจะไม่มีแสงออกจากตัววิเคราะห์

แสงธรรมชาติมีความเข้มมาก เมื่อให้แสงธรรมชาติผ่านแผ่นโพลาไรซ์ความเข้มแสงจะลดครึ่งหนึ่งของเดิม

1. กรณีแผ่นโพลาไรซ์ 1 แผ่น



ภาพประกอบ 21 แสดงแสงผ่านแผ่นโพลาไรซ์ 1 แผ่น

เมื่อแสงผ่านโพลาไรซ์ 1 แผ่น ความเข้มแสงจะลดลงประมาณครึ่งหนึ่งของเดิม (ลดลง 50%)

ถ้าให้ I คือ ความเข้มแสงจากแหล่งกำเนิด

I_1 คือ ความเข้มแสงที่ผ่านโพลาไรซ์แผ่นที่ 1

จะได้ว่า

$$I_1 = \frac{I}{2}$$

เมื่อหมุนแกนโพลาไรซ์ 1 แผ่นไปเรื่อย ๆ ความเข้มแสงที่ผ่านโพลาไรซ์ยังคงมีค่าสม่ำเสมอ ไม่ว่าแกนโพลาไรซ์จะวางในแนวใดก็ตาม ความเข้มแสงยังคงมีค่าเท่าเดิม ($I_1 = \frac{I}{2}$)

2. กรณีแผ่นโพลาไรซ์ 2 แผ่น

แสงที่ผ่านโพลาไรซ์แต่ละแผ่นจะมีระนาบการสั่นของสนามไฟฟ้าในแนวขนานกับแกนของโพลาไรซ์แต่ละแผ่น เมื่อนำโพลาไรซ์สองแผ่นมาประกบกัน แล้วหมุนแกนโพลาไรซ์แผ่นใดแผ่นหนึ่งไปเรื่อย ๆ ความเข้มแสงที่ผ่านโพลาไรซ์แผ่นที่สองจะมีค่าไม่สม่ำเสมอ

ถ้าให้ I คือ ความเข้มแสงจากแหล่งกำเนิด

I_1 คือ ความเข้มแสงที่ผ่านโพลาไรซ์แผ่นที่ 1

I_2 คือ ความเข้มแสงที่ผ่านโพลาไรซ์แผ่นที่ 2

θ คือ มุมระหว่างแกนของโพลาไรซ์ทั้งสอง

จะได้ความสัมพันธ์ดังนี้

$$I_2 = I_1 \cos^2 \theta$$

เมื่อ
$$I_1 = \frac{I}{2}$$

จากสมการ สรุปได้ว่า

1) ถ้าแกนโพลาไรซ์ทั้งสองขนานกัน ($\theta = 0^\circ$) ความเข้มแสงที่ผ่านโพลาไรซ์แผ่นที่สอง

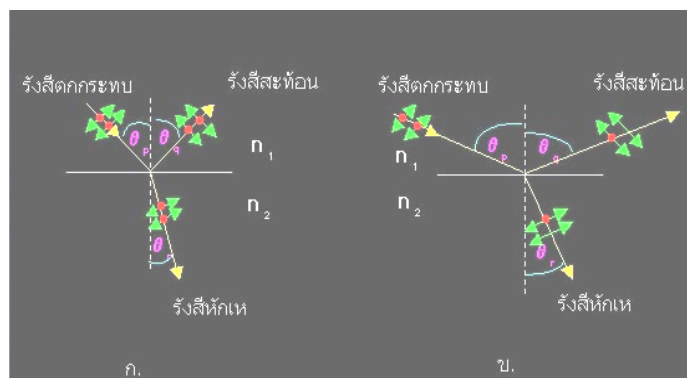
(I_2) จะมีค่ามากที่สุด กล่าวคือ $I_2 = I_1 = \frac{I}{2}$

2) ถ้าแกนโพลาไรซ์ทั้งสองตั้งฉากกัน ($\theta = 90^\circ$) ความเข้มแสงที่ผ่านโพลาไรซ์แผ่นที่สอง (I_2) จะมีค่าน้อยสุด

โพลาไรเซชันโดยการสะท้อน

เมื่อแสงไม่โพลาไรซ์ตกกระทบบนผิวตัวกลาง แสงที่สะท้อนอาจจะเป็นแสงไม่โพลาไรซ์หรือแสงโพลาไรซ์ก็ได้ ขึ้นอยู่กับมุมตกกระทบ สำหรับมุมตกกระทบ 0 องศา หรือ 90 องศา แสงสะท้อนจะเป็นแสงไม่โพลาไรซ์ แต่จากการทดลองพบว่ามุมตกกระทบค่าหนึ่งแสงที่สะท้อนจะเป็นแสงโพลาไรซ์ 100%

ถ้าแสงไม่โพลาไรซ์ตกกระทบบนผิวตัวกลางโปร่งใสด้วยมุมตกกระทบค่าหนึ่ง เวกเตอร์ของสนามไฟฟ้าประกอบด้วย 2 ส่วน ส่วนแรกมีทิศขนานกับผิว (แสดงด้วยจุด) อีกส่วนหนึ่งขนานกับส่วนแรก (แสดงด้วยลูกศร) ทั้งสองส่วนอยู่บนระนาบที่ตั้งฉากกับทิศการเคลื่อนที่ของคลื่น จากการทดลองพบว่า สนามไฟฟ้าส่วนที่ขนานกับผิวจะสะท้อนได้มากกว่าอีกส่วนหนึ่ง ดังนั้นรังสีสะท้อนและรังสีหักเหจึงเป็นแสงโพลาไรซ์บางส่วน



ภาพประกอบ 22 แสดงการโพลาไรซ์โดยการสะท้อน

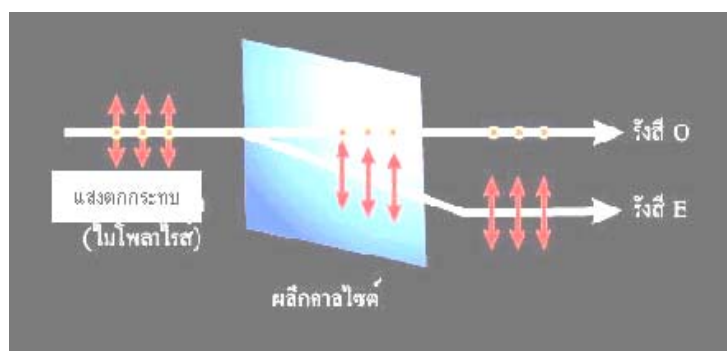
เมื่อรังสีตกกระทบบนด้วยมุมตกกระทบบ้างหนึ่ง พบว่า ทั้งรังสีสะท้อนและรังสีหักเหจะเป็นแสงโพลาไรซ์บางส่วน แต่ถ้าเปลี่ยนมุมตกไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งรังสีสะท้อนกับรังสีหักเหตั้งฉากกัน จากผลการทดลองพบว่า แสงสะท้อนจะเป็นแสงโพลาไรซ์ 100 % จะมีสนามไฟฟ้าเฉพาะในแนวขนานกับผิวเท่านั้น ในขณะที่แสงหักเหจะเป็นแสงโพลาไรซ์บางส่วน มุมตกกระทบนี้นี้เรียกว่า มุมโพลาไรซ์ (Polarizing Angle) θ_p ดังแสดงในรูป ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$n = \frac{\sin \theta_p}{\cos \theta_p} = \tan \theta_p$$

สมการนี้เรียกว่า กฎของบรีวสเตอร์ (Brewster 's Law) เรียกมุม θ_p บางครั้งเรียกว่า มุมบรีวสเตอร์ (Brewster 's Angle) และเนื่องจากดรรชนีหักเหของตัวกลางขึ้นกับความยาวคลื่นของแสง ดังนั้นมุมบรีวสเตอร์จะขึ้นกับความยาวคลื่นของแสงเช่นกัน

โพลาไรเซชันโดยผ่านผลึกหักเหสองแนว

สารโปร่งใสที่มีเนื้อเดียวและมีดัชนีหักเหของแสงเดียวเป็นค่าเดียวกันเรียกว่าสารสมลักษณะ เช่น แก้ว ความเร็วของแสงในตัวกลางสมลักษณะ มีค่าเท่ากันทุกทิศทางและให้หน้าคลื่นเป็นทรงกลม แต่ถ้าเป็นสารอสมลักษณะ เช่น ผลึกแคลไซต์ ถึงแม้จะเป็นเนื้อเดียวกัน แต่พบว่าดัชนีหักเหของแสงเดียวกันจะมีมากกว่า 1 ค่า ความเร็วของแสงในตัวกลางอสมลักษณะในทิศต่างกันจะมีค่าไม่เท่ากัน หน้าคลื่นของแสงในตัวกลางชนิดนี้จะมี 2 ชุด คือหน้าคลื่นทรงกลม 1ชุด และหน้าคลื่นทรงรี 1 ชุด เมื่อแสงตกกระทบบนตัวกลางชนิดนี้จะมีการหักเหออกเป็น 2 แนว



ภาพประกอบ 23 แสดงการโพลาไรซ์โดยผ่านผลึก

เมื่อแสงไม่โพลาไรซ์ตกกระทบบนผลึกแคลไซต์ แสงจะแยกออกเป็น 2 แนว ซึ่งมีความเร็วต่างกัน รังสีหักเหทั้งสองเป็นแสงโพลาไรซ์ทั้งคู่ และมีทิศของโพลาไรเซชันตั้งฉากกัน รังสีแรกเรียกว่า รังสี O จะให้หน้าคลื่นทรงกลมออกมา แสดงว่าตามแนวรังสีนี้ความเร็วของแสงเท่ากันในทุกทิศทาง

ส่วนรังสีหักเห เส้นที่สองเรียกว่า รังสีพิเศษหรือรังสี E จะเดินทางด้วยความเร็วต่างกันในทิศทางที่ต่างกัน

โพลาริเซชันโดยการกระเจิง

เมื่อคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าตกกระทบอนุภาค เช่น ก๊าซ หรืออิเล็กตรอนในโมเลกุลของตัวกลาง อนุภาคจะดูดกลืนพลังงานจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า แล้วแผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าออกมาทุกทิศทาง ปรากฏการณ์นี้เรียกว่า การกระเจิง (Scattering) กรณีที่แสงไม่โพลาริซ์ตกกระทบอนุภาคแสงที่กระเจิงออกมาจะเป็นแสงโพลาริซ์ ซึ่งสามารถตรวจสอบได้โดยการมองผ่านแผ่นโพลารอยด์ เมื่อหมุนแผ่นโพลารอยด์เป็นมุมต่าง ๆ จะสังเกตความเข้มของแสงเปลี่ยนไป

แสงแดดเป็นแสงไม่โพลาริซ์ ประกอบด้วยเวกเตอร์ของสนามไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงในระนาบที่ตั้งฉากกับทิศทางการเคลื่อนที่ เมื่อกระทบกับโมเลกุลของอากาศ จะทำให้อิเล็กตรอนในโมเลกุลของอากาศสั่น เวกเตอร์ของสนามไฟฟ้าทางแนวราบจะทำให้อิเล็กตรอนสั่นในแนวราบ เวกเตอร์ของสนามไฟฟ้าทางแนวตั้งจะทำให้อิเล็กตรอนสั่นในแนวตั้ง แสงที่ถูกกระเจิงออกมาเนื่องจากการสั่นในแนวราบ จะเป็นแสงโพลาริซ์ที่มีทิศของโพลาริเซชันในแนวราบ ส่วนแสงที่ถูกกระเจิงออกมาเนื่องจากการสั่นในแนวตั้งจะเป็นแสงโพลาริซ์ที่มีทิศของโพลาริเซชันในแนวตั้ง

การกระเจิงของแสงโดยบรรยากาศของโลกขึ้นกับความยาวคลื่นของแสง อนุภาคที่มีขนาดเล็กเมื่อเทียบกับความยาวคลื่น เช่น โมเลกุลของอากาศ จะกระเจิงแสงที่มีความยาวคลื่นสั้นได้มากกว่าแสงที่มีความยาวคลื่นยาว เช่น แสงสีฟ้าและสีม่วงจึงถูกกระเจิงได้มากกว่าแสงสีส้มหรือแสงสีแดง แสงที่มองเห็นจากท้องฟ้าที่ปราศจากเมฆ เกิดจากการกระเจิงของแสงจากโมเลกุลของอากาศ ถ้าไม่มีอากาศท้องฟ้าจะมีมืด จะเห็นแสงเฉพาะในทิศที่ดวงอาทิตย์อยู่เท่านั้น ในเวลากลางวันเรามองท้องฟ้าในแนวเกือบตั้งฉากกับดวงอาทิตย์ จึงมองเห็นแสงที่กระเจิงออกมาส่วนใหญ่ ซึ่งเป็นแสงความยาวคลื่นสั้น คือ สีฟ้าและสีม่วงเป็นส่วนใหญ่ เราจึงมองเห็นท้องฟ้าเป็นสีฟ้า ส่วนในตอนเย็นเราจะเห็นแสงสีแดงหรือส้ม ทั้งนี้เนื่องจากในขณะนั้นดวงอาทิตย์อยู่ไกลออกไปในท้องฟ้า แสงต้องเดินทางผ่านชั้นบรรยากาศหนากว่าปกติและเป็นระยะทางไกล แสงสีฟ้าส่วนใหญ่จึงถูกกระเจิงออกไปนอกโลก เหลือแต่แสงที่มีความยาวคลื่นยาวกว่าผู้สังเกตจึงเห็นดวงอาทิตย์เป็นแสงสีแดง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยทำการศึกษาแล้วนำเนื้อหาในเรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ มาพัฒนาเป็นบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตที่สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพิ่มเติมช่วงชั้นที่ 4 เรื่อง คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า โดยแบ่งเนื้อหาออกเป็น 5 หน่วยการเรียนรู้ดังนี้

หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 ทฤษฎีเกี่ยวกับแสง ภายในหน่วยการเรียนรู้จะประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 เป็นเนื้อหาบรรยายเกี่ยวกับการค้นพบทฤษฎีเกี่ยวกับแสง และส่วนที่ 2 เป็นแบบฝึกหัดท้ายบทเรียนที่สามารถให้ข้อมูลย้อนกลับได้ทันที

หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 หลักการซ้อนทับของคลื่น ภายในหน่วยการเรียนรู้จะประกอบด้วย 3 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 เป็นเนื้อหาบรรยายประกอบภาพนิ่งและภาพเคลื่อนไหว ส่วนที่ 2 เป็นสถานการณ์จำลอง ซึ่งจะแสดงให้เห็นการซ้อนทับของคลื่นที่เคลื่อนที่มาพบกัน และส่วนที่ 3 เป็นแบบฝึกหัดท้ายบทเรียนที่สามารถให้ข้อมูลย้อนกลับได้ทันที

หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 การแทรกสอดของแสง ภายในหน่วยการเรียนรู้จะประกอบด้วย 4 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 เป็นเนื้อหาบรรยายประกอบภาพนิ่งและภาพเคลื่อนไหว ส่วนที่ 2 เป็นสถานการณ์จำลองเกี่ยวกับการแทรกสอดที่สามารถเลือกกำหนดปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องได้ ส่วนที่ 3 เป็นการทดลองเรื่องการแทรกสอดของแสงผ่านสลิตคู่และเกรตติง ซึ่งนำเสนอในรูปแบบของวีดิทัศน์ และส่วนที่ 4 เป็นแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน ที่สามารถให้ข้อมูลย้อนกลับได้ทันที

หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 การเลี้ยวเบนของแสง ภายในหน่วยการเรียนรู้จะประกอบด้วย 4 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 เป็นเนื้อหาบรรยายประกอบภาพนิ่งและภาพเคลื่อนไหว ส่วนที่ 2 เป็นสถานการณ์จำลองเกี่ยวกับการเลี้ยวเบนที่สามารถเลือกกำหนดปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องได้ ส่วนที่ 3 เป็นการทดลองเรื่องการเลี้ยวเบนของแสงผ่านสลิตเดี่ยว ซึ่งนำเสนอในรูปแบบของวีดิทัศน์ และส่วนที่ 4 เป็นแบบฝึกหัดท้ายบทเรียนที่สามารถให้ข้อมูลย้อนกลับได้ทันที

หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 โพลาริเซชันของแสง ภายในหน่วยการเรียนรู้จะประกอบด้วย 4 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 เป็นเนื้อหาบรรยายประกอบภาพนิ่งและภาพเคลื่อนไหว ส่วนที่ 2 เป็นสถานการณ์จำลองเกี่ยวกับการโพลาไรซ์ของแสง ส่วนที่ 3 เป็นการทดลองเรื่องโพลาไรเซชันของแสง ซึ่งนำเสนอในรูปแบบของวีดิทัศน์ และส่วนที่ 4 เป็นแบบฝึกหัดท้ายบทเรียนที่สามารถให้ข้อมูลย้อนกลับได้ทันที

3. อินเทอร์เน็ต

3.1 ความหมายของอินเทอร์เน็ต

อินเทอร์เน็ตเป็นเครือข่ายคอมพิวเตอร์ที่สามารถรวบรวมข้อมูลข่าวสาร เป็นแหล่งความรู้ ที่ทันสมัย สามารถนำมาประยุกต์ใช้เพื่อประโยชน์ทางการเรียนการสอน มีผู้ให้ความหมายไว้ดังนี้

ทักษิณา สนวนานนท์ (2536 : 157) กล่าวว่า อินเทอร์เน็ต หมายถึง เครือข่ายคอมพิวเตอร์ นานาชาติที่มีสายตรงต่อไปยังสถาบันหรือหน่วยงานต่าง ๆ เพื่ออำนวยความสะดวกให้แก่ผู้ใช้รายใหญ่ ทั่วโลกผ่านโมเด็ม คล้ายกับ Compuserve ผู้ใช้เครือข่ายนี้สามารถสื่อสารถึงกันได้ทางไปรษณีย์ อิเล็กทรอนิกส์ สามารถสืบค้นข้อมูลและสารสนเทศ รวมทั้งคัดลอกเพิ่มข้อมูลและโปรแกรมบาง โปรแกรมมาใช้ได้ แต่จะต้องมีเครือข่ายภายในรับช่วงต่ออีกทอดหนึ่งจึงจะได้ผล

ถนอมพร ตันพิพัฒน์ (2539 : 2) กล่าวว่า อินเทอร์เน็ต หมายถึง เครือข่ายคอมพิวเตอร์ที่เชื่อมโยงคอมพิวเตอร์ (ทั้งที่อยู่ในองค์กรรัฐ และเอกชน) ทั่วทุกมุมโลกเข้าด้วยกัน ภายใต้มาตรฐานการเชื่อมโยงคอมพิวเตอร์เพื่อการแลกเปลี่ยนและส่งผ่านข้อมูลตัวเดียวกัน

ยี่น ภูววรรณ (2539 : 79) กล่าวว่าอินเทอร์เน็ตเป็นเครือข่ายของเครือข่ายที่เชื่อมระหว่างเครือข่ายต่างๆ เข้าด้วยกัน เมื่อนำเครือข่ายคอมพิวเตอร์เครือข่ายหนึ่งเชื่อมเข้าสู่อินเทอร์เน็ต เครือข่ายนั้นก็จะป็นอินเทอร์เน็ต และหากใครนำเครือข่ายอื่นมาเชื่อมอีกก็จะเข้าสู่อินเทอร์เน็ต และเป็นการขยายเครือข่ายอินเทอร์เน็ตด้วย

สมชาย ประสิทธิ์จุตระกูล (2539 : 11) กล่าวว่า อินเทอร์เน็ต คือ กลุ่มของเครือข่ายคอมพิวเตอร์ที่ต่อถึงกันโดยใช้ขบวนการติดต่อกันที่มีชื่อว่า TCP/IP ซึ่งเป็นเครือข่ายที่มีขนาดใหญ่ที่สุดในโลก

ไพบูลย์ เปานิล (2540 : 17) กล่าวว่า อินเทอร์เน็ต คือ เครือข่ายของเครือข่ายคอมพิวเตอร์ที่เชื่อมโยงคอมพิวเตอร์ทั่วทุกมุมโลกเข้าด้วยกันภายใต้มาตรฐานการเชื่อมโยงคอมพิวเตอร์เพื่อการแลกเปลี่ยนและส่งผ่านข้อมูล

อดิพร หวังวัชรกุล (2543 : 13) กล่าวว่า อินเทอร์เน็ต คือ เครือข่ายคอมพิวเตอร์ขนาดใหญ่มีเครื่องคอมพิวเตอร์เชื่อมต่อกันทั่วโลก เนื่องจากการพัฒนาอุปกรณ์คอมพิวเตอร์และระบบโทรคมนาคม ทำให้เราสามารถแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสารถึงกันได้จากซีกโลกหนึ่งไปยังอีกซีกโลกหนึ่งภายในพริบตา

จากความหมายดังกล่าว สรุปได้ว่า อินเทอร์เน็ต คือ เครือข่ายคอมพิวเตอร์ขนาดใหญ่ที่เชื่อมต่อโยงกันไปทั่วโลก โดยใช้มาตรฐานการรับส่งข้อมูลเดียวกัน คือ TCP/IP (Transmission Control Protocol / Internet Protocol) ทำให้สามารถส่งข้อมูลข่าวสารจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งได้อย่างสะดวกรวดเร็ว และยังสามารถใช้สืบค้นข้อมูลต่าง ๆ จากเครือข่ายที่มีอยู่ทุกมุมโลก

3.2 บริการบนอินเทอร์เน็ต

จากการที่อินเทอร์เน็ตเป็นเครือข่ายคอมพิวเตอร์ที่มีความสำคัญทั้งในด้านการติดต่อสื่อสารแลกเปลี่ยนข้อมูลและในด้านที่เป็นแหล่งข้อมูล จึงสามารถใช้ประโยชน์จากอินเทอร์เน็ตในการต่าง ๆ เพื่อการศึกษา ค้นคว้า ซึ่งบริการในระบบอินเทอร์เน็ตมีดังนี้

(พฐา สุวรรณรัตน์. 2539 : 24 – 27) ; (บุญชู ใจเชื้อกุล. 2540 : 12) ; (สมชาย ประสิทธิ์จุตระกูล 2539 : 12 – 15) ; (เอกวิทย์ แก้วประดิษฐ์ 2546 : 42 – 46)

1. ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ หรือ จดหมายอิเล็กทรอนิกส์ (Electronics Mail) หรือที่เรียกกันโดยทั่วไปว่า อี-เมล (E-mail) เป็นบริการบนอินเทอร์เน็ตที่ใช้กันแพร่หลายที่สุด ใช้ในการติดต่อสื่อสารกันได้ทั่วโลกระหว่างสมาชิกอินเทอร์เน็ตหรือสมาชิกเครือข่ายอื่นที่เชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ต ทั้งนี้

ผู้รับจะต้องมีที่อยู่ในระบบไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ หรือที่เรียกกันทั่วไปว่า “อี-เมลแอดเดรส” (E-mail Address) สารที่ส่งถึงกันทางไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์เป็นได้ทั้งจดหมาย บทความ หรือแฟ้มข้อมูล ทั้งที่เป็นข้อความธรรมดาหรือเป็นเอกสารระบบมัลติมีเดียที่มีทั้งภาพและเสียง

2. การถ่ายโอนแฟ้มข้อมูล (File Transfer) เป็นบริการอย่างหนึ่งในอินเทอร์เน็ตที่มีผู้ใช้บ่อยที่สุดในเครือข่ายอินเทอร์เน็ตมีแฟ้มข้อมูลอยู่เป็นจำนวนมาก สมาชิกสามารถคัดลอกหรือโอนถ่ายมาใช้ประโยชน์ในงานของตนได้ โปรแกรมที่ใช้ในการโอนถ่ายแฟ้มข้อมูลคือโปรแกรมเอฟทีพี (FTP – File Transfer Protocol) แฟ้มที่โอนได้มีทั้งข้อมูลทั่วไป บทความ ข่าวสารประจำวัน และโปรแกรมประเภทฟรีแวร์ (Freeware) และแชร์แวร์ (Shareware)

3. บริการกลุ่มข่าวสารสนทนาทางเครือข่าย หรือ ยูสเน็ต (USENET หรือ Users Network) หรือกลุ่มข่าว (Newsgroup) เป็นเครือข่ายการแลกเปลี่ยนข่าวสาร ประเภทกระดานข่าวอิเล็กทรอนิกส์ (Bulletin Board) สำหรับสมาชิกใช้แสดงความคิดเห็น ประกาศข่าวหรือถามข้อสงสัยในหัวข้อที่สนใจ หัวข้อต่าง ๆ ที่หลากหลายรวมกันมากกว่า 5000 หัวข้อ ตั้งแต่เรื่องทางการเมือง วิทยาศาสตร์ คอมพิวเตอร์ ศิลปะ กีฬา ผู้ที่สนใจหัวข้อใด ก็สมัครเป็นสมาชิกของกลุ่มหัวข้อนั้น ๆ เมื่อมีข่าวที่ต้องการประกาศ หรือมีข้อสงสัยในเรื่องที่ไม่ทราบจะถามผู้ใด ก็สามารถประกาศหรือถามโดยใช้บริการนี้ได้ ผู้ที่มาอ่านและต้องการตอบคำถามหรือมีความเห็นเพิ่มเติมก็เขียนตอบลงไว้ กล่าวได้ว่าในยูสเน็ตมีข้อมูลในทุกหัวข้อที่ต้องการ ไม่ว่าจะเป็นข่าว หรือคำถามคำตอบต่าง ๆ จัดว่ายูสเน็ต เป็นจุดเริ่มต้นที่ดีสำหรับการค้นหาข้อมูลในเรื่องใดเรื่องหนึ่ง และถือว่าเป็นเครื่องมือขึ้นสำคัญอย่างยิ่งที่สร้างให้อินเทอร์เน็ตเป็นทั้งเวทีข่าวและเวทีแห่งความคิด

4. บริการจดหมายเวียน (Listserv) เป็นระบบบริการแลกเปลี่ยนข่าวสารโดยทางไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ ผู้สนใจจะแลกเปลี่ยนข่าวสารในเรื่องใดก็สมัครเป็นสมาชิกกลุ่มนั้น ๆ ปัจจุบันมีกลุ่มลิสต์เซอร์ฟ อยู่กว่า 4000 กลุ่ม การสมัครเข้าเป็นสมาชิก เป็นการเพิ่มชื่อเข้าในบัญชีผู้รับข่าวทางไปรษณีย์ของกลุ่มนั้น ๆ เมื่อมีสมาชิกรายใดรายหนึ่งส่งข่าวมาถึงกลุ่ม สมาชิกตามรายชื่อก็จะได้รับข่าวสารนั้นด้วย ข่าวสารที่ส่งอาจเป็นเรื่องราวการสนทนาทั่วไป การซักถาม การขอความช่วยเหลือ หรือแลกเปลี่ยนข้อมูล เป็นต้น

5. บริการสนทนาในข่ายงาน (Internet Relay Chat : IRC) เป็นโปรแกรมการสนทนาสดทางเครือข่ายอินเทอร์เน็ตที่มีผู้สนทนาได้หลายคนในเวลาเดียวกัน ผู้สนทนาได้ตอบกันโดยการป้อนข้อความทางแป้นพิมพ์ สมาชิกเลือกกลุ่มสนทนาได้ตามความสนใจ สามารถย้ายกลุ่มสนทนาได้ และสามารถร่วมกลุ่มสนทนาได้มากกว่าหนึ่งกลุ่มในเวลาเดียวกัน

6. อาร์คี (Archie) ใช้สำหรับค้นหาว่ามีแฟ้มข้อมูลต่าง ๆ อยู่ที่ไหนบ้างอาจจำลองภาพว่า อินเทอร์เน็ตเป็นเสมือนกับห้องสมุดขนาดใหญ่ แฟ้มข้อมูลก็คือหนังสือที่จัดเก็บในห้องสมุดและชั้นวาง หนังสือเปรียบเสมือนคอมพิวเตอร์ที่เก็บแฟ้ม การค้นหาหนังสือได้รวดเร็วจำเป็นต้องค้นจากบัตรรายการหนังสือ Archie จะทำหน้าที่สร้างบัตรรายการและเป็นเสมือนบรรณารักษ์ช่วยค้นชื่อคอมพิวเตอร์ที่เก็บแฟ้มข้อมูลที่ต้องการ

7. ระบบค้นหาข้อมูล (Gopher) เป็นโปรแกรมสำหรับค้นหาข้อมูลบนอินเทอร์เน็ตด้วยระบบเมนู การจัดเมนูเป็นไปตามลำดับความสำคัญของหัวข้อ ผู้ใช้สามารถเลือกค้นหาข้อมูลไปที่ละหัวข้อและอาจมีเมนูย่อยให้เลือกต่อไป ถึงแม้ว่าโกเฟอร์เป็นเสมือนจุดศูนย์รวมการเรียกใช้บริการต่าง ๆ ที่มีอยู่ในอินเทอร์เน็ตแต่เนื่องจากในโกเฟอร์ไม่ได้มีมาตรฐานการจัดลำดับความสำคัญของหัวข้อต่าง ๆ ในเมนู ผู้ใช้จึงต้องอาศัยการทดลองสุ่มไปตามเมนูทำให้บางครั้งไม่สะดวกในการค้นหา ด้วยเหตุนี้จึงมีการพัฒนาระบบช่วยการค้นด้วยคำสำคัญขึ้นอย่างหนึ่งเรียกชื่อระบบว่าเวอร์นิกา (VERONICA)

8. การค้นหาข้อมูลด้วยระบบช่วยการค้นหาเวอร์นิกา (VERONICA – Very Easy Rodent – Oriented Net – Oriented Index to Computerized Archives) เป็นเครื่องมือที่พัฒนาขึ้นเพื่อใช้ร่วมกับโฟเกอร์ รวมดรรชนีคำสำคัญสำหรับค้นหาชื่อที่ปรากฏในเมนูของโกเฟอร์

9. การค้นหาเอกสารจากฐานข้อมูลอื่นโดยใช้บริการเวย์ส WAIS (Wide Area Information Server) เป็นโปรแกรมที่ช่วยค้นหาเอกสารที่มีข้อมูลที่ต้องการจากฐานข้อมูลต่าง ๆ มากกว่า 600 ฐาน การค้นข้อมูลเป็นไปตามชื่อเรื่องหรือชื่อเนื้อหาหรือชื่อเนื้อหาที่ต้องการ โดยโปรแกรมเวย์สจะพยายามค้นเอกสารที่คิดว่าเกี่ยวข้องมากที่สุดกับคำหรือวลีสำคัญที่ผู้ใช้กำหนด นอกจากช่วยค้นเอกสารแล้ว เวย์สยังสามารถช่วยจัดเก็บและส่งข้อมูลให้กับผู้ใช้หรือบุคคลอื่นที่ผู้ใช้ต้องการทางไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์

10. บริการขอเข้าใช้เครื่องระยะไกลหรือ เทลเน็ต (Telnet) สำหรับช่วยให้ผู้ใช้สามารถขอใช้คอมพิวเตอร์ระบบอื่นที่อยู่ห่างไกล (Remote Login) เพื่อเรียกใช้ข้อมูลหรือใช้โปรแกรมที่ต้องการได้เสมือนกับได้ใช้คอมพิวเตอร์เครื่องนั้นโดยตรง การให้บริการเช่นนี้นับว่าเป็นประโยชน์และช่วยประหยัดค่าใช้จ่าย โดยเฉพาะอย่างยิ่งทำให้นักค้นคว้าได้มีโอกาสเข้าถึงฐานข้อมูลที่มีในคอมพิวเตอร์เครื่องอื่นสามารถสืบค้นข้อมูลจากบัตรรายการของห้องสมุดต่าง ๆ ได้ ห้องสมุดที่ใหญ่ที่สุดที่ผู้ใช้จะสืบค้นบัตรรายการได้โดยผ่านระบบอินเทอร์เน็ต คือ ห้องสมุดรัฐสภาอเมริกัน

11. บริการสืบค้นข้อมูล (WWW : World Wide Web) หรือเรียกสั้น ๆ ว่า “เว็บ” เป็นเครือข่ายย่อยของอินเทอร์เน็ตที่เกิดขึ้นในปี ค.ศ. 1989 ในระยะแรกโปรแกรมสำหรับการใช้งานเวิลด์ไวด์เว็บหรือที่เรียกว่า เว็บเบราว์เซอร์ (Web Browser)

เว็ลด์ไวด์เว็บเป็นบริการค้นหาและแสดงข้อมูลที่ใช้หลักการของไฮเปอร์เท็กซ์ (Hypertext) โดยมีการทำงานด้วยโปรโตคอลแบบไคลเอนต์ – เซิร์ฟเวอร์ ที่เรียกว่า HTTP (Hypertext Transfer Protocol) ผู้ใช้สามารถค้นหาข้อมูลจากเครื่องให้บริการที่เรียกว่า Web Server หรือ Web Site โดยอาศัยโปรแกรมเว็บเบราว์เซอร์ และผลที่ได้จะเป็นไฮเปอร์เท็กซ์ซึ่งเป็นข้อความที่มีบางจุดในข้อความที่สามารถเลือกเพื่อโยงไปยังจุดต่าง ๆ ที่มีข้อมูลเพิ่มเติม ซึ่งจุดที่โยงไปอาจเป็นจุดที่อยู่ในไซต์เดียวกันหรืออาจเป็นไซต์อื่น ๆ ที่อยู่คนละประเทศก็ได้ ทำให้เกิดเป็นเครือข่ายเสมือนขนาดใหญ่ที่มีการเชื่อมต่อกันอยู่บนเครือข่ายอินเทอร์เน็ตอีกชั้น ในปัจจุบันไฮเปอร์เท็กซ์นอกจากจะเชื่อมโยงไปยังเอกสารหรือข้อมูลอื่นได้โดยตรงแล้ว ยังสามารถรวมเอาภาพ เสียง หรือภาพเคลื่อนไหวที่เรียกว่า มัลติมีเดียไว้ด้วย ข้อมูลของเว็ลด์ไวด์เว็บที่ได้จากโปรแกรมเบราว์เซอร์จะมีลักษณะคล้ายกับหน้าเอกสารที่เป็นกระดาษหน้าหนึ่ง ซึ่งนิยมเรียกว่า เว็บเพจ (Web Page) และหน้าเว็บหน้าแรกที่ใช้จะพบเมื่อเรียกเข้าไปยังไซต์ใดไซต์หนึ่งจะเรียกว่า โฮมเพจ (Home Page) หรือหน้าที่เป็นเสมือนแหล่งเริ่มต้นนั่นเอง การสร้างเว็บเพจทำได้โดยการเขียนข้อความบรรยายลักษณะของหน้าด้วยภาษาเฉพาะในการสร้างไฮเปอร์เท็กซ์ที่เรียกว่า HTML (Hypertext Mark up Language) ซึ่งค่อนข้างจะซับซ้อนจึงนิยมใช้โปรแกรมสร้างเว็บ (Web Authoring) ช่วยอำนวยความสะดวกในการสร้างเว็บเพจ โดยโปรแกรมรุ่นใหม่ ๆ จะช่วยให้ผู้ใช้เขียนเว็บเพจได้เช่นเดียวกับการใช้โปรแกรมประมวลคำทั่ว ๆ ไป โดยไม่จำเป็นต้องทราบวิธีเขียนภาษา HTML เมื่อผู้ใช้สร้างเว็บเพจที่ต้องการนำเข้าสู่อินเทอร์เน็ตสำเร็จแล้ว จะสามารถต่อเข้ากับอินเทอร์เน็ตได้ โดยฝากไว้ที่เครื่องคอมพิวเตอร์ของผู้ให้บริการ หรืออาจจะตั้งเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ทำหน้าที่เป็น Web Server ขึ้นมาเองก็ได้

ในการวิจัยครั้งนี้ การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ ใช้บริการบนอินเทอร์เน็ต ได้แก่ ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ การถ่ายโอนแฟ้มข้อมูล การค้นหาข้อมูลโดยระบบโปรแกรมโกเฟอร์ ข่าวนบนเครือข่ายหรือยูสเน็ตและระบบใยแมงมุมคลุมโลก เว็ลด์ ไวด์ เว็บ

3.3 บทบาทที่สำคัญของอินเทอร์เน็ตต่อการศึกษา

ถนอมพร ตันพิพัฒน์ (2539 : 3 – 4) และ เอกวิทย์ แก้วประสิทธิ์ (2546 : 41 – 48) ได้กล่าวถึงบทบาทที่สำคัญของอินเทอร์เน็ตต่อการศึกษาไว้ดังนี้

1. เพื่อการติดต่อสื่อสาร แลกเปลี่ยนข่าวสารข้อมูล และความคิดเห็นระหว่างบุคคลและกลุ่มบุคคล อาจจะเป็นการติดต่อสื่อสารระหว่างผู้เรียนกับผู้สอน ผู้เรียนกับผู้เรียน ผู้สอนกับผู้สอน หรือการติดต่อระหว่างนักวิชาการและนักวิจัยทั้งในและต่างประเทศเพื่อประโยชน์ต่าง ๆ เช่น เพื่อการส่งข่าวสาร ประกาศและแจ้งข่าวคราวความเคลื่อนไหวทางวิชาการ การแลกเปลี่ยนความรู้ และแลกเปลี่ยนความคิดเห็นในเรื่องที่มีความสนใจเหมือนกัน การติดต่อสอบถามหรือประชาสัมพันธ์

การให้ข้อมูลกับบุคคล กรณีนักวิจัยใช้ในการเก็บข้อมูลโดยการติดต่อรับส่งแบบสอบถามสำหรับการวิจัย การเผยแพร่ข่าวสาร การติดต่อส่งงาน ส่งการบ้าน ส่งปริญญานิพนธ์ของผู้เรียนในรูปแบบแฟ้มข้อมูล การเผยแพร่งานวิจัย การติดต่อขอรับวารสารอิเล็กทรอนิกส์ที่เผยแพร่บทความทางด้านการศึกษากวไกล การติดต่อขอรับเป็นสมาชิกกลุ่มสนทนาซึ่งเป็นเสมือนเวทีการอภิปรายแสดงความคิดเห็น แลกเปลี่ยนความรู้ประสบการณ์กัน ทรัพยากรที่น่าสนใจในระบบ Internet ที่เหมาะกับการนำมาใช้ในการศึกษา เช่น บริการไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ บริการกลุ่มข่าวสนทนาทางเครือข่าย บริการจดหมายเวียน บริการสนทนาในข่ายงาน และบริการสื่อสารแบบโต้ตอบหรือสนทนาแบบออนไลน์

2. เพื่อการสืบค้นฐานข้อมูล (Data Base Search) นอกจากการใช้อินเทอร์เน็ตในการส่งข่าวสารข้อมูลที่เป็นทั้งตัวอักษรภาพและเสียงที่เหมาะสมต่อการนำมาใช้ในทางการศึกษาแล้วยังสามารถใช้ในการสืบค้น ข้อมูลจากห้องสมุด หน่วยงานวิจัยอื่น ๆ หรือเพื่อการค้นหาข่าวสารข้อมูล ที่เป็นประโยชน์ในเครือข่ายได้อย่างง่ายดายและแม้จะอยู่คนละซีกโลก นักศึกษา ครูอาจารย์ นักวิชาการ นักวิจัยสามารถสืบค้นข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการศึกษาและการวิจัยโดยการสืบค้นรายการแบบออนไลน์ของห้องสมุดที่เชื่อมโยงในอินเทอร์เน็ตทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศ นอกจากนั้นยังสามารถสืบค้นข้อมูลจากฐานข้อมูลอื่น ๆ เช่น ฐานข้อมูล ERIC (Education Resources Information Center) ซึ่งเป็นแหล่งข้อมูลทางการศึกษาโดยเฉพาะ เนื่องจากว่าในระบบอินเทอร์เน็ตมีข้อมูลเผยแพร่เป็นจำนวนมหาศาลกระจายในฐานข้อมูลของระบบคอมพิวเตอร์ที่เชื่อมโยงกันทั่วโลก นักการศึกษาหรือนักวิจัยสามารถสืบค้นข้อมูลมาใช้ประโยชน์ได้โดยใช้โปรแกรมสำหรับการสืบค้นข้อมูลได้หลายโปรแกรม เช่น การสืบค้นจากห้องสมุด การค้นหาซอฟต์แวร์หรือแฟ้มข้อมูล การค้นหาฐานข้อมูลด้วยระบบเมนูของบริการโกเฟอร์ การค้นหาข้อมูลด้วยระบบช่วยการค้นหา VERONICA การค้นหาเอกสารจากฐานข้อมูลอื่นโดยใช้บริการ WAIS บริการสืบค้นข้อมูลเวิลด์ไวด์เว็บ วารสารอิเล็กทรอนิกส์ หนังสืออิเล็กทรอนิกส์

3. เพื่อการขอเข้าใช้โปรแกรมหรือใช้บริการบนเครื่องคอมพิวเตอร์อื่น โดยที่ผู้ใช้ไม่ต้องเดินทางไปด้วยตนเองเป็นการขอใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ระบบอื่นเพื่อเรียกใช้ข้อมูลหรือโปรแกรมที่เครื่องขณะใช้งานอยู่ไม่มีนั่นเอง ในระบบอินเทอร์เน็ตสามารถขอเชื่อมต่อเพื่อใช้คอมพิวเตอร์เครื่องอื่นได้โดยใช้โปรแกรมเทลเน็ต สำหรับช่วยให้ผู้ใช้สามารถขอใช้คอมพิวเตอร์ระบบอื่นที่อยู่ห่างไกล หากมีบัญชีผู้ใช้ในคอมพิวเตอร์เครื่องใดเราสามารถขอใช้เครื่องคอมพิวเตอร์เครื่องนั้น ๆ จากคอมพิวเตอร์อื่นใดก็ได้ที่ต่อเข้ากับเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เพื่อใช้ข้อมูลหรือใช้โปรแกรมที่ต้องการได้เสมือนกับได้ใช้คอมพิวเตอร์เครื่องนั้นโดยตรง ซึ่งจะเป็นประโยชน์และประหยัดค่าใช้จ่ายโดยที่ผู้ใช้เสมือนหนึ่งเดินทางไปถึงสถานที่นั้นในเวลาอันสั้นด้วยการเชื่อมโยงเชิงอิเล็กทรอนิกส์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งทำให้การศึกษา

ค้นคว้าและงานวิจัยได้มีโอกาสเข้าถึงฐานข้อมูลที่มีในเครื่องคอมพิวเตอร์เครื่องอื่น สามารถสืบค้นข้อมูลจากบรรณารายการของห้องสมุดได้

4. เพื่อการโอนถ่ายแฟ้มข้อมูลคอมพิวเตอร์ บางที่เรียกว่า การคัดลอกแฟ้มข้อมูลจากคอมพิวเตอร์เครื่องอื่นที่อยู่ในเครือข่ายเดียวกันหรือต่างเครือข่ายกันก็ได้มาไว้ในเครื่องของตนเรียกว่า ถ่ายโอนไฟล์โดยคอมพิวเตอร์เครื่องนั้นจะอยู่ที่ใดก็ตาม เพื่อนำข้อมูลมาใช้ประโยชน์ในการวิจัยหรือผู้ใช้อุปกรณ์คอมพิวเตอร์จะบรรจุโปรแกรมเรื่องราวต่าง ๆ ไปยังเครื่องอื่นหรือเผยแพร่ไฟล์ในระบบอินเทอร์เน็ต ในเครือข่ายอินเทอร์เน็ตมีแฟ้มข้อมูลอยู่เป็นจำนวนมากสมาชิกสามารถคัดหรือโอนถ่ายมาใช้ประโยชน์ในงานของตนได้

5. เพื่อการเผยแพร่ข้อมูลข่าวสาร ความคิดเห็น คำถาม คำแนะนำ คำประกาศ และสารสนเทศ ในอดีตการประชาสัมพันธ์ข้อมูลข่าวสารและสารสนเทศ ในอดีตการประชาสัมพันธ์หน่วยงานหรือสถานศึกษาส่วนใหญ่จะใช้เอกสารสิ่งพิมพ์เป็นหลัก ซึ่งกระบวนการผลิตต้องใช้เวลาและค่าใช้จ่ายสูง สำหรับการพิมพ์เอกสารเพื่อแนะนำเผยแพร่ข้อมูลข่าวสารหรือจดหมายข่าวของหน่วยประชาสัมพันธ์ ตลอดจนเอกสารแนะนำโครงการ กิจกรรมต่าง ๆ ของโรงเรียน เมื่อมีการนำเทคโนโลยีสารสนเทศมาประยุกต์ใช้ในสถาบันกันมากขึ้นจึงได้สร้าง Home Page บน WWW. เพื่อแนะนำหรือการประชาสัมพันธ์สถาบันและหน่วยงานกันมากขึ้น

สรุปได้ว่าระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ได้เข้ามามีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งในด้านการศึกษาในฐานะที่เป็นแหล่งความรู้อันทันสมัย และมีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้เป็นสื่อในการเรียนการสอน เนื่องจากมีลักษณะที่เอื้อต่อการจัดการเรียนรู้ สามารถแลกเปลี่ยนความรู้ ข้อมูล ข่าวสาร ประสบการณ์ และความคิดเห็นระหว่างผู้เรียนกับผู้เรียน และผู้เรียนกับผู้สอน นอกจากนี้ยังใช้เป็นเครื่องมือในการสืบค้นข้อมูลได้อย่างไม่จำกัดเวลา สถานที่ ซึ่งจะส่งเสริมให้ผู้เรียนได้แสวงหาความรู้ด้วยตนเองให้มากที่สุด

3.4 แนวคิดพื้นฐานการจัดการเรียนการสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

เอกวิทย์ แก้วประดิษฐ์ (2546 : 53 – 56) ได้กล่าวถึงแนวคิดพื้นฐานการจัดการเรียนการสอนผ่านเว็บไว้ดังนี้

1) ต้องสื่อสารกันได้ตลอดเวลา เนื่องจากว่าการติดต่อสื่อสารระหว่างผู้สอนกับผู้เรียนหรือผู้เรียนกับผู้เรียนด้วยกันในมิติที่ไม่มีขอบเขตจำกัดด้วยระยะทางและเวลาที่แตกต่างกันของผู้เรียน (Learning without Boundary) จะเป็นการส่งเสริมและเป็นตัวกระตุ้นให้ผู้เรียนมีความกระตือรือร้นที่จะเรียนหากได้ติดต่อสื่อสารกันได้ตลอดเวลา เมื่อผู้เรียนต้องการความช่วยเหลือสอบถามข้อสงสัยก็จะได้ติดต่อกับผู้สอนได้เลยและผู้เรียนก็จะได้ปรึกษาหารือแลกเปลี่ยนความรู้ความคิดเห็นคนอื่นได้หรือ

ในกรณีที่ผู้เรียนจะส่งงานที่ได้รับมอบหมายไปยังผู้สอนเพื่อตรวจเช็คหรือแก้ไขเมื่อตรวจเสร็จแล้ว ผู้สอนก็ส่งผลงานย้อนกลับไปยังผู้เรียนได้ทันที

2) ให้มีความร่วมมือระหว่างผู้เรียน ในการเรียนการสอนต้องสนับสนุนให้ผู้เรียนได้มี การร่วมกันพัฒนาความคิด ความเข้าใจเนื่องจากการเรียนที่ผู้เรียนได้มีโอกาสแลกเปลี่ยนความคิดเห็น กันจะเปิดให้ขยายขอบเขตความรู้ได้มากกว่าศึกษาคนเดียว เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ปฏิสัมพันธ์กับ ผู้อื่น (Learner Interaction) เพราะการได้มีโอกาสรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่นจะทำให้ได้แนวทาง หลายแนวทางที่ดีที่สุดในการศึกษาหาความรู้

ดังนั้นไม่ว่าผู้เรียนจะอยู่ที่ใดก็สามารถจะทำกิจกรรมเป็นกลุ่มได้ด้วยความสามารถของเครือข่าย อินเทอร์เน็ต ผู้เรียนสามารถรวมกลุ่มปรึกษากันได้หลายลักษณะไม่ว่าจะเป็นกลุ่มเล็กหรือกลุ่มใหญ่ เช่น การสนทนาแบบออนไลน์ (Online Talk) เป็นต้น

3) ต้องศึกษาด้วยตนเอง ในการจัดการเรียนการสอนแบบนี้ ผู้สอนต้องสนับสนุนให้ผู้เรียน ได้รู้จักการแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง (Active Learning) กระตุ้นให้ผู้เรียนขนขวายหาข้อมูลความรู้ โดยผู้สอนเป็นเพียงผู้คอยแนะนำและคอยช่วยเหลือเมื่อผู้เรียนมีปัญหาในการเรียน แต่ไม่ใช่เป็นผู้คอย บอกข้อมูลความรู้ให้กับผู้เรียนเหมือนการเรียนแบบปกติในชั้น

4) เรียนโดยไม่มีขีดจำกัด เครือข่ายอินเทอร์เน็ตเป็นแหล่งความรู้ ข้อมูลข่าวสารที่ใหญ่ ที่สุดในโลก ดังนั้นการเรียนการสอนผ่านเว็บจะช่วยให้ผู้เรียนสามารถหาข้อมูลได้ด้วยความสะดวก และรวดเร็วทั้งยังหาข้อมูลได้จากแหล่งข้อมูลทั่วโลกเป็นรูปแบบการเรียนการสอนในลักษณะที่ผู้เรียน เป็นศูนย์กลางแห่งการเรียนรู้ (Learner Center) เป็นการสร้างความกระตือรือร้นในการเฝ้าหาความรู้ เป็นการขยายโอกาสให้กับทุกคนที่สนใจศึกษา

5) ให้ผลย้อนกลับทันที แม้ว่าจะเป็นการจัดการเรียนการสอนโดยที่ผู้เรียนกับผู้สอนอยู่คนละ ที่กัน แต่ด้วยคุณสมบัติการสื่อสารที่สะดวกและรวดเร็วในเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ก็สามารถช่วยให้ การส่งผลย้อนกลับไปสู่ผู้เรียนทำได้ในทันทีโดยง่าย เพราะให้ข้อมูลย้อนกลับอย่างรวดเร็ว ผู้เรียนจะได้ ปรับแนวทางวิธีการ พฤติกรรมหรือการให้คำติชมและสามารถรับข้อมูลป้อนกลับจากผู้เรียนคนอื่นได้

การประยุกต์เทคโนโลยีสารสนเทศบนเครือข่ายคอมพิวเตอร์ในด้านการจัดกิจกรรมการเรียน การสอน สามารถสรุปสาระสำคัญกิจกรรมบนเครือข่ายและองค์ประกอบสนับสนุน ได้ดังนี้

1) การนำเสนอข้อสารสนเทศ การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนนั้น ผู้สอนนำเสนอข้อมูล และสารสนเทศให้กับผู้เรียนและกำหนดกิจกรรมต้องสอดคล้องกับแต่ละบุคคล ทั้งนี้สามารถกำหนด กิจกรรมบนเครือข่ายโดยการแสดงรายละเอียดของหลักสูตร คำอธิบายรายวิชารวมทั้งกิจกรรมต่างๆ ที่ผู้เรียนต้องทำ ผนวกผลงานเว็บเพจของผู้เรียนเข้าสู่องค์ความรู้ที่ทำได้ และสามารถจัดทำสื่อการเรียน

การสอนที่สามารถเลือกแหล่งเชื่อมโยงฐานข้อมูลและพยายามใช้ศักยภาพของสื่อให้มีประสิทธิภาพ เข้าถึงผู้เรียนมากที่สุด มีทางเลือกที่หลากหลายและไม่ซับซ้อน

2) การนำเสนอข้อสารสนเทศและแหล่งข้อมูลเบื้องต้น โดยผู้สอนสามารถนำเสนอแหล่งฐานข้อมูลที่ได้เชื่อมโยงไว้ กำหนดแหล่งข้อมูลภายนอกและกำหนดกิจกรรมการเรียนการสอน จัดสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมและมีเหตุมีผล

3) การนำเสนอข้อสารสนเทศและการมีปฏิสัมพันธ์บนเครือข่าย โดยการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่ประยุกต์ใช้คอมพิวเตอร์เพื่อการสื่อสาร มีการกำหนดวิธีการเรียนแบบมีปฏิสัมพันธ์โดยตรงหรือกำหนดกิจกรรมการเรียนการสอน โดยใช้เอกสารหรือตำราผู้สอนและผู้เรียนทำกิจกรรมร่วมกัน มีการอภิปรายร่วมตอบปัญหาบนเครือข่าย

4) การนำเสนอการออกแบบการเรียนการสอนเบื้องต้น โดยการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่ให้ผู้เรียนเข้าถึงข้อมูลด้วยตนเองหรือเรียนรู้ด้วยตนเองโดยบทเรียนมีทั้งกิจกรรมที่นำเสนอเนื้อหา การโต้ตอบกับบทเรียน

5) การสังเคราะห์สารสนเทศและการสร้างสรรค์แหล่งทรัพยากร ทั้งนี้การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนสามารถให้ผู้เรียนสังเคราะห์และพัฒนาข้อมูลสารสนเทศเอง โดยพัฒนาเครือข่ายคอมพิวเตอร์ หรือให้ผู้เรียนพัฒนาเว็บเพจของผู้เรียนเองที่สัมพันธ์กับบทเรียน ผนวกทักษะการคิด และการประเมินผลแบบใช้แฟ้มสะสมงานในการทำกิจกรรมติดตามประเมินผล

6) การจัดสภาพแวดล้อมที่เอื้อต่อการเรียนรู้ร่วมกัน ซึ่งผู้สอนต้องจัดสภาพแวดล้อมทั้งเอกสาร ตำราและสื่อโสตทัศนูปกรณ์ต่างๆ จัดสิ่งอำนวยความสะดวกให้มีการเรียนแบบร่วมมือกันเรียนรู้ เพื่อให้ผู้เรียนสามารถเข้าถึงข้อมูลได้พร้อมๆ กัน

สรุปได้ว่า การจัดการเรียนการสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเป็นการนำความสามารถในรูปแบบต่างๆ ของเครือข่ายอินเทอร์เน็ตมาใช้ในการเรียนการสอน เนื่องจากว่าการเรียนในลักษณะนี้ ผู้เรียนสามารถศึกษาด้วยตนเองได้ตามความต้องการไม่ว่าอยู่แห่งหนใดทั่วโลก ทำให้ลดค่าใช้จ่ายในทางการศึกษา เป็นการจัดการเรียนการสอนที่สนองความแตกต่างระหว่างบุคคล ดังนั้นการจัดการเรียนการสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ควรคำนึงถึงแนวคิดดังกล่าวเพื่อทำให้เกิดความเสมอภาคทางการศึกษา

3.5 รูปแบบของอินเทอร์เน็ตทางการศึกษา

ถนอมพร ดันพิพัฒน์ (2539 : 4 – 9) และ บุญชู ใจซื่อกุล (2540 :19 – 23) ได้กล่าวถึงรูปแบบของอินเทอร์เน็ตทางการศึกษาไว้ดังนี้

1. การใช้อินเทอร์เน็ตเพื่อการติดต่อสื่อสาร อภิปราย ถกเถียง แลกเปลี่ยน และสอบถามข้อมูลข่าวสาร ความคิดเห็นทั้งกับผู้อื่นใจศึกษาในเรื่องเดียวกัน หรือกับผู้เชี่ยวชาญในสาขาต่างๆ

การติดต่อกับครู อาจารย์ ไม่ว่าจะเพื่อนัดหมายซักถามข้อสงสัย หรือแม้กระทั่งส่งการบ้าน ถือว่าเป็นเรื่องปกติ และการแจกจ่ายที่อยู่ทาง E-mail Address หรือที่อยู่บนเวิร์ล ไรต์ เวบ (URL) ก็ไม่ใช่เรื่องแปลกอีกต่อไป นอกจากนี้ข้อได้เปรียบของอีเมลล์เมื่อเทียบกับโทรศัพท์คือ การที่ผู้รับไม่จำเป็นต้องรอรับข้อมูลอยู่ เหมือนที่ผู้รับโทรศัพท์จำเป็นต้องทำ ทั้งนี้ก็เพราะจดหมายที่ถูกส่งไปจะไปนอนอยู่ในกล่องรับจดหมาย (Mailbox) ของผู้รับ รอเวลาที่ผู้รับจะเปิดเข้ามาอ่านซึ่งจะเป็นเวลาใดก็ได้ขึ้นอยู่กับผู้รับ นอกจากนี้บริการทางอินเทอร์เน็ตซึ่งเป็นที่ยอมรับในหมู่นักการศึกษาก็คือ Listserv ซึ่งเป็นการบริการที่อนุญาตให้นักการศึกษาสามารถสมัครเป็นสมาชิกของกลุ่มสนทนา (Discussion Group) ที่มีความสนใจเรื่องเดียวกับที่ท่านสนใจได้โดยผู้สนใจจะต้องส่งอีเมลล์ไปยังที่อยู่ของกลุ่มสนทนา (ที่อยู่ของเครื่องคอมพิวเตอร์) ซึ่งจะนำที่อยู่อีเมลล์ของผู้ที่สนใจเข้าร่วมกลุ่มไปใส่ไว้ในลิสต์รายชื่อสมาชิก (Mailing List) เมื่อมีผู้ส่งข้อความมายังกลุ่มเครื่องคอมพิวเตอร์นี้ก็จะทำการคัดลอกและจัดส่งข้อมูลไปยังสมาชิกทุกคนตามรายชื่อสมาชิกที่มีอยู่ การเข้าร่วมกลุ่มกับผู้ที่มีความสนใจเดียวกันนับว่ามีประโยชน์มาก เพราะเราจะสามารถรับทราบข้อมูลที่ทันสมัยตลอดเวลา ได้เรียนรู้ นานาทัศนะจาก ผู้เชี่ยวชาญในสาขา และที่สำคัญได้แสดงข้อคิดเห็นส่วนตัว และได้ซักถาม ข้อสงสัยหรือขอความช่วยเหลือต่างๆ จากสมาชิกในกลุ่ม

นอกจาก Listserv แล้ว การใช้บริการทางอินเทอร์เน็ตที่มีชื่อ USENET ก็เป็นอีกบริการที่ใช้ประโยชน์ในทางเดียวกัน ข้อแตกต่างสำคัญของบริการทั้งก็คือ การที่ USENET นั้นเป็น “กลุ่มข่าว” ข้อมูลที่ถูกส่งไปที่กลุ่มจะถูกทำการเผยแพร่ไปทุกเครือข่ายย่อยทั่วโลกที่สมัครเป็นกลุ่มสมาชิกของกลุ่มข่าวนั้นๆ การสมัครเป็นหน้าที่ของผู้บริหารเครือข่ายนั้นๆ โดยที่ผู้ใช้ไม่จำเป็นต้องส่งอีเมลล์สมัครเป็นสมาชิกของกลุ่มข่าวเองแต่อย่างใด เพียงแค่เข้าไปเลือกการอ่านในกลุ่มที่สนใจเท่านั้น (เสมือนการอ่านหนังสือพิมพ์) และลงประกาศได้โดยการส่งอีเมลล์ไปยังกลุ่มข่าวนั้นๆ ตามต้องการ

2. การใช้อินเทอร์เน็ตเพื่อการค้นหาข้อมูลในการเรียนรู้ด้วยตนเอง ปัจจุบันเครือข่ายอินเทอร์เน็ตมีอัตราการเจริญเติบโตสูงมาก ประมาณกันว่าขณะนี้ผู้ใช้เครือข่ายไม่ต่ำกว่า 35 ล้านคนทั่วโลกและมีเครื่องคอมพิวเตอร์ที่เชื่อมต่ออยู่กับเครือข่ายมากกว่า 150,000 เครื่อง ผู้ใช้อินเทอร์เน็ตจึงจำเป็นต้องเรียนรู้วิธีการใช้บริการอินเทอร์เน็ตและเลือกใช้ให้เหมาะสม เพื่อการค้นหาข้อมูลในการเรียนรู้ด้วยตนเองอย่างมีประสิทธิภาพ นักการศึกษสามารถใช้บริการทางอินเทอร์เน็ตในการสืบค้นข้อมูล ศึกษาค้นคว้าและวิจัยได้หลายวิธีด้วยกัน วิธีที่เป็นที่ยอมรับมากที่สุดในปัจจุบันคือ ผ่านทางเวิร์ล ไรต์ เวบนั่นเอง เพราะการที่เว็บนั้นรองรับข้อมูลในหลายๆ รูปแบบ (มัลติมีเดีย) และเชื่อมโยงข้อมูลที่เกี่ยวเนื่องกันให้เราได้ศึกษาอย่างสะดวกสบาย นอกจากนี้อีกสาเหตุหนึ่งคือ การที่เว็บมีซอฟต์แวร์สำหรับอ่านข้อมูลในเว็บที่สมบูรณ์แบบมาก กล่าวคือ นอกจากการใช้งานจะง่ายแล้วยังรวมบริการ

อื่น ๆ ทางอินเทอร์เน็ต อาทิเช่น E-mail , การถ่ายโอนแฟ้มข้อมูล (FTP) , USENET และโกเฟอร์ เข้าไว้อีกด้วย

การค้นหาข้อมูลในการเรียนรู้ด้วยตนเองอย่างมีประสิทธิภาพ จำเป็นต้องใช้เครื่องมือช่วยค้น ซึ่งซอฟต์แวร์สำหรับอ่านข้อมูลในเว็บ (Web Browser) ส่วนใหญ่จะมีบริการเชื่อมเครื่องมือเหล่านี้ไว้ให้แล้ว การใช้งานก็เพียงแต่กดปุ่มสำหรับเรียกเครื่องมือขึ้นมา พิมพ์คำหรือข้อความที่ต้องการสืบค้นลงไปสักครู่หนึ่งเครื่องก็จะแสดงผลการค้นหา โดยการแสดงชื่อข้อมูลที่เรากำลังต้องการศึกษา (Web Page) ซึ่งถ้าผู้ใช้ต้องการเข้าไปอ่านดู ก็สามารถกดลงไปบนชื่อนั้นได้เลย ข้อมูลที่ต้องการนี้ไม่ว่าจะมาจากคอมพิวเตอร์แหล่งใดในโลกก็จะปรากฏบนหน้าจอ

บริการอินเทอร์เน็ตอื่น ๆ ซึ่งนักการศึกษาสามารถใช้เพื่อการสืบค้นข้อมูล ได้แก่ อาร์คีและเวย์ส อาร์คีนั้นเป็นบริการช่วยค้นข้อมูลที่อยู่บนเครื่องคอมพิวเตอร์เฉพาะเครื่องที่มีการอนุญาตให้โอนถ่ายแฟ้มข้อมูลได้ (FTP Hosts)

3. การใช้อินเทอร์เน็ตในหลักสูตรทางการศึกษา การใช้อินเทอร์เน็ตในหลักสูตรทางการศึกษาสามารถแบ่งได้เป็น 3 ลักษณะด้วยกัน กล่าวคือ

3.1 การประยุกต์อินเทอร์เน็ตทางการจัดกิจกรรมการสอนของหลักสูตรที่มีอยู่เดิม

ปัจจุบันนี้ในหลายประเทศ เช่น สหรัฐอเมริกา เยอรมัน เนเธอร์แลนด์ ฝรั่งเศส ออสเตรเลีย แคนาดา และญี่ปุ่น ได้มีการใช้อินเทอร์เน็ตในหลักสูตรกิจกรรมการสอนกันอย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการเรียนการสอนระดับประถมศึกษาถึงระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จากการสำรวจของวิทยาลัยครูแบงค์สตรีท (Bank Street College of Education) ใน พ.ศ. 2536 พบว่านักการศึกษาในสหรัฐอเมริกาได้ใช้อินเทอร์เน็ตในหลักสูตรกิจกรรมการสอนแตกต่างกันไป โดยกิจกรรมการสอนที่ได้ประโยชน์มากที่สุด และได้รับความนิยมมากที่สุดก็คือ การใช้อินเทอร์เน็ตในหลักสูตรกิจกรรมการสอนในโครงการร่วมระหว่างห้องเรียนจาก 2 โรงเรียนขึ้นไป (Classroom Exchange Projects) เพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลในวิชาทางวิทยาศาสตร์, ที่เกี่ยวกับการรับรู้ทางสังคมที่มีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นต่างๆ ทั้งนี้เพราะโครงการต่าง ๆ เหล่านี้ได้รวมเอากิจกรรมการเรียนอื่น ๆ เอาไว้ อาทิเช่น การเก็บรวบรวมข้อมูลทางวิทยาศาสตร์, การค้นคว้าวิจัย การสอบถามปรึกษาผู้เชี่ยวชาญ, การรับรู้ทางสังคม, การแลกเปลี่ยนทางวัฒนธรรม ทั้งระดับประเทศและระดับนานาชาติ และการเขียนรายงาน นอกจากนี้โครงการอื่นๆ ที่มีประโยชน์และได้รับความนิยมรองลงมาได้แก่โครงการที่เกี่ยวกับการเขียนหนังสือพิมพ์ ของโรงเรียนแบบออนไลน์และการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์เป็นต้น นอกจากนี้โครงการเหล่านี้แล้ว Pen - Pall หรือการเขียนจดหมายโต้ตอบกันระหว่างนักเรียนจากต่างห้องต่างโรงเรียนกันก็เป็นกิจกรรมที่ได้รับความนิยมมากเช่นกัน

ตัวอย่างบนเครือข่ายที่ประสบความสำเร็จอย่างมากได้แก่ โครงการการสำรวจพระอาทิตย์เที่ยงวัน หรือ Noon Observation Project (Levin, Rogers, Waugh & Smith, 1989) ซึ่งเป็นโครงการที่นักเรียนจากห้องเรียนต่าง ๆ เข้าร่วมในโครงการจากโรงเรียนหลายแห่งทั่วประเทศ โดยนักเรียนต้องออกไปนอกห้องในเวลาเที่ยงวันที่ตกลงกันได้ และทำการวัดเงาของไม้เมตรที่ได้นำไปปักเอาไว้ เมื่อได้รับข้อมูลแล้วก็ต้องส่งข้อมูลทางอีเมลล์ไปให้แก่ผู้ประสานงานโครงการซึ่งจะต้องรับผิดชอบในการส่งผลข้อมูลไปยังทุกโรงเรียนที่เข้าร่วมในโครงการ จากโครงการนี้พบว่านักเรียนเรียนรู้สิ่งต่างๆ มากมายจากการเข้าร่วมโครงการกล่าวคือ นักเรียนได้เรียนคณิตศาสตร์ (ตรีโกณ) ในรูปแบบใหม่ที่น่าสนใจได้เรียนเกี่ยวกับภูมิศาสตร์ (ความแตกต่างของความยาวของเงากับสภาพภูมิศาสตร์ของที่ตั้งของโรงเรียน) อย่างมีความหมาย ได้เรียนเกี่ยวกับความสำคัญของการวัด และค่าของการเรียนเป็นกลุ่มนอกจากนี้ยังพบว่ามีการใช้อินเทอร์เน็ตในหลักสูตรกิจกรรมการสอนในโครงการร่วมระหว่างนักเรียนในประเทศต่างๆ เพื่อการวิจัยและแลกเปลี่ยนข้อมูลในเรื่องต่างๆ เช่น โครงการมลภาวะทางน้ำระหว่างนักเรียนญี่ปุ่นและนักเรียนแคนาดา หรือโครงการแก้ปัญหาน้ำใต้ดินระหว่างนักเรียนในสหรัฐอเมริกากับนักเรียนในออสเตรเลีย เป็นต้น

3.2 การศึกษาทางไกลผ่านอินเทอร์เน็ต เป็นการเรียนการสอนรูปแบบใหม่ซึ่งผู้สอนและผู้เรียนไม่จำเป็นต้องอยู่ในสถานที่เดียวกันก็ได้การเรียนการสอนทางไกลผ่านอินเทอร์เน็ตจะช่วยขจัดปัญหาทางด้านการขาดแคลนผู้เชี่ยวชาญ ข้อจำกัดในด้านเวลาสถานที่ของผู้เรียนและผู้สอนการศึกษาทางไกลผ่านเครือข่ายสามารถแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะคือในลักษณะที่ผู้เรียนและผู้สอนมีการนัดหมายเวลาที่แน่ชัดและในลักษณะที่ผู้เรียนและผู้สอนไม่จำเป็นต้องมีการนัดหมายเวลาที่แน่ชัดโดยผู้เรียนสามารถที่จะเข้ามาเรียนในเวลาใดก็ได้ การศึกษาทางไกลในลักษณะแรกนั้นต้องการเครื่องมือและอุปกรณ์เพิ่มเติมในการรับส่งสัญญาณภาพและเสียง (นอกจากคอมพิวเตอร์ที่เชื่อมต่อกับเครือข่าย) อาทิเช่น กล้องถ่ายภาพ พร้อมไมโครโฟน ลำโพง และซอฟต์แวร์พิเศษทั้งในห้อง (สถานี) ของผู้สอน และในห้องเรียนทั้งนี้เพื่อการสื่อสารโต้ตอบแบบทันทีทันใด โดยเมื่อถึงเวลาสอนครูผู้สอนก็ไม่จำเป็นต้องเดินทางไปยังห้องเรียนจริง เพียงมาที่สถานีที่ได้มีการจัดเตรียมไว้และสอบผ่านทางจอคอมพิวเตอร์ได้ ส่วนผู้เรียนก็ไม่จำเป็นต้องเดินทางมาหาครูผู้สอน เพียงไปห้องที่ได้จัดเตรียมไว้และเรียนจากจอเมื่อมีข้อสงสัยก็สามารถที่จะถามที่ผู้สอนได้โดยทันที ส่วนการศึกษาทางไกลในลักษณะที่สองนั้น ผู้สอนจะต้องเตรียมเอกสารการสอนไว้ล่วงหน้า และเก็บข้อมูลการสอนนี้ไว้บนเครือข่าย อินเทอร์เน็ต ผู้เรียนก็สามารถจะเรียนจากที่ไหนก็ได้ที่สามารถเข้าใช้เครือข่ายได้ในเวลาใดก็ได้ที่ต้องการ เอกสารสอนทำได้หลายลักษณะ ที่นิยมทำกันก็คือ ในลักษณะของคอมพิวเตอร์ช่วยสอนบนเว็บ หรือ CAI on the Web เพื่อประโยชน์ของเทคโนโลยี Hyperlinks ของเว็บในการเชื่อมโยงข้อมูลมหาศาลจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ ทั่วโลก โดยผู้เรียนจะต้องต่อเข้าไปใช้เครือข่ายใน

ขณะที่เรียนอยู่ เพื่อทำการโหลดเนื้อหามาเรียน ถ้าผู้เรียนมีข้อสงสัยใด ๆ ก็สามารถอีเมลเข้าไปสอบถามจากผู้สอน

3.3 การเรียนการสอนที่เกี่ยวกับอินเทอร์เน็ต การเรียนการสอนที่เกี่ยวกับอินเทอร์เน็ตในประเทศไทย ส่วนใหญ่ยังเป็นลักษณะของการเปิดอบรมหลักสูตรสั้น ๆ หรือการประชุมเชิงปฏิบัติการแก่ประชาชนทั่วไปที่สนใจ แต่ในสถาบันการศึกษาอุดมศึกษาบางแห่ง ก็ได้มีการจัดการเรียนการสอนเกี่ยวกับอินเทอร์เน็ตโดยจัดให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาในรายวิชาต่าง ๆ (โดยเฉพาะวิชาเกี่ยวกับการค้นคว้า) ให้แก่นิสิตนักศึกษาทั้งปวงแล้ว ทั้งนี้ก็เพื่อเป็นการเตรียมนิสิตนักศึกษาให้มีความพร้อมในการที่จะนำความรู้ที่ได้รับ ไปประยุกต์ใช้ในการค้นคว้าวิจัยหรือทำรายงานในรายวิชาต่าง ๆ และที่สำคัญก็คือใช้ในการเรียนรู้ด้วยตนเองต่อไป นอกจากนี้ การจัดการเรียนการสอนเกี่ยวกับอินเทอร์เน็ต ยังเป็นการส่งเสริมให้นิสิต นักศึกษาได้มีโอกาสแสดงความคิดเห็นผ่านสื่อในลักษณะที่แตกต่างไปจากเดิม เช่น จากการอภิปราย ผ่านทางอีเมล การเสนอความคิดเห็นในกลุ่มสนทนา หรือจากการนำเสนอข้อมูลบนเว็บ เป็นต้น

ผู้วิจัยสนใจที่จะพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เนื่องจากคุณลักษณะของเว็บที่เอื้อประโยชน์ต่อการเรียนการสอน เช่น สามารถนำเสนอเนื้อหาในรูปแบบสื่อประสม สามารถเข้าถึงแหล่งข้อมูลได้ทั่วโลก ซึ่งเป็นแหล่งทรัพยากรทางความรู้ที่ไม่จำกัดเวลาและสถานที่ในการเรียน ผู้เรียนสามารถควบคุมการเรียนตามความพร้อม ความถนัดและความสนใจของตนเองได้ เปิดโอกาสให้เกิดการปฏิสัมพันธ์ระหว่างบุคคล ซึ่งจะก่อให้เกิดการเรียนรู้แก่ผู้เรียนได้

3.6 คุณลักษณะของการเรียนการสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

เอกวิทย์ แก้วประดิษฐ์ . (2546 : 52) กล่าวว่าปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพในการเรียนการสอนผ่านเว็บ คือ การออกแบบเว็บเพจให้สะดวกต่อการใช้งาน มีรูปแบบที่ง่ายต่อการศึกษา มีกิจกรรมที่สนองตอบต่อการเรียนรู้ได้ที่สมบูรณ์ จึงพอจะสรุปลักษณะของเว็บเพจได้ 2 ประการใหญ่ ๆ คือ

1. คุณลักษณะพื้นฐาน เป็นคุณลักษณะของโปรแกรมการสอนผ่านเว็บทุกโปรแกรมที่ต้องมี เช่น

- การให้ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์กับบทเรียน
- การให้ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์กับผู้สอน หรือผู้รับผิดชอบในการสอน
- การให้ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์กับบุคคลอื่น
- การนำเสนอในลักษณะของสื่อหลายมิติ
- การนำเสนอในลักษณะเปิด ซึ่งมีลักษณะอนุญาตให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงเข้าสู่เว็บเพจอื่นที่เกี่ยวข้องให้ผู้เรียนสามารถสืบค้นข้อมูลบนเครื่องที่อยู่ในเครือข่ายได้สะดวก จึงทำให้

ผู้เรียนสามารถเข้าสู่โปรแกรมการสอนผ่านเว็บจากที่ใดก็ได้

2. คุณลักษณะเพิ่มเติม เป็นคุณลักษณะที่เพิ่มมาจากคุณลักษณะพื้นฐาน โดยคุณลักษณะที่เพิ่มขึ้นมานั้นจะขึ้นอยู่กับความยากง่ายของการออกแบบเพื่อนำมาใช้งานและการนำมาประกอบกับคุณลักษณะพื้นฐานของโปรแกรมการเรียนการสอนผ่านเว็บ เช่น การลักลอบข้อมูลการให้ความช่วยเหลือบนเครือข่ายและความสะดวกที่จะปรับปรุงโปรแกรมในอนาคต เป็นต้น

สรุปได้ว่า คุณลักษณะของการเรียนการสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตซึ่งได้แก่ การออกแบบเว็บให้สะดวกต่อการใช้งาน มีกิจกรรมที่ตอบสนองต่อการเรียนรู้ ให้ผู้เรียนได้มีปฏิสัมพันธ์กับบทเรียนหรือกับบุคคลอื่น จะเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพในการเรียนการสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

3.7 จุดเด่นของการเรียนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

การเรียนการสอนผ่านเว็บมีลักษณะการเรียนการสอนที่แตกต่างจากการเรียนการสอนในชั้นเรียนปกติ จะเห็นได้ว่าการเรียนการสอนแบบปกติในชั้นเรียนส่วนใหญ่ผู้สอนจะเป็นผู้ป้อนความรู้ให้แก่ผู้เรียน ทำให้ผู้เรียนไม่กระตือรือร้นในการแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนโดยการนำเทคโนโลยีทางด้านอิเล็กทรอนิกส์มาใช้เพื่อพัฒนาคุณภาพการเรียนการสอนให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น โดยการเรียนการสอนผ่านเว็บในเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ซึ่งการเรียนในลักษณะนี้มีข้อดีอยู่หลายประการ ดังนี้

1) ไม่ถูกจำกัดสภาพแวดล้อม เป็นการเรียนการสอนที่ผู้เรียนอยู่ที่ไหนก็ได้ทั่วโลกที่เข้าสู่ระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตได้ก็สามารถศึกษาได้ตลอดเวลาไม่ถูกจำกัดด้วยสิ่งแวดลอมทางภูมิศาสตร์หรือสิ่งแวดลอมทางกายภาพอื่น ๆ

2) ส่งเสริมการสื่อสารระหว่างบุคคล ในการเรียนการสอนแบบนี้ทำให้ผู้เรียนได้มีโอกาสติดต่อสื่อสารกับบุคคลอื่นได้ทั่วโลก เปิดโอกาสให้ได้แสดงความคิดเห็นและรับฟังข้อคิดเห็นจากบุคคลอื่น ๆ ได้อย่างกว้างขวาง ทำให้สามารถเสาะแสวงหาข้อมูลข่าวสาร แลกเปลี่ยนความคิดเห็นหรือเพื่อหาคำตอบเรื่องใดเรื่องหนึ่งที่กำลังศึกษาอยู่ได้อย่างง่าย โดยที่ผู้เรียนไม่จำเป็นต้องเดินทางไปด้วยตนเอง

3) มีแหล่งการเรียนรู้ใหญ่ที่สุดในโลก การเรียนในชั้นเรียนแบบปกติจะเห็นได้ว่า แหล่งการเรียนรู้ที่นิยมใช้ก็คือ หนังสือตำราที่อยู่ในห้องสมุดซึ่งเป็นความรู้ที่ค่อนข้างไม่ทันเหตุการณ์ ไม่สามารถจะหาข้อมูลได้รวดเร็วและหลากหลายได้ แต่การเรียนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตผู้เรียนสามารถเข้าไปศึกษาค้นคว้าหาข้อมูลต่าง ๆ ได้ในห้องสมุดของสถาบันการศึกษาอื่น ๆ ได้ทั่วโลก ฉะนั้นระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตจึงเป็นแหล่งความรู้ที่ใหญ่ที่สุดในโลก จึงเหมาะกับการเรียนการสอนที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง

4) ไม่มีขีดจำกัดสำหรับผู้ใฝ่ศึกษา การเรียนการสอนในชั้นเรียนปกติผู้สอนจะเป็นฝ่ายพูดหรือแสดงความคิดเห็นมากกว่าผู้เรียนเวลาในการเรียนก็ถูกจำกัด เนื้อหาความรู้ก็ไม่ต่อเนื่องเกิดการ

ขาดตอน การจัดการเรียนการสอนไม่ได้ตอบสนองเรื่องความแตกต่างระหว่างบุคคลซึ่งผู้เรียนแต่ละคนมีความสามารถและความต้องการไม่เท่ากัน จะเห็นได้ว่าถ้าหากจัดการเรียนการสอนผ่านเว็บ สามารถจัดข้อจำกัดเหล่านี้ได้

5) สมองความแตกต่างระหว่างบุคคล การเรียนการสอนให้ได้ประสิทธิภาพจะต้องเป็นการเรียนการสอนที่ตอบสนองในเรื่องความแตกต่างของบุคคลที่จะเรียนรู้ ดังนั้นการเรียนผ่านเว็บส่งเสริมและสนับสนุนให้ผู้เรียนกำหนดความต้องการในการเรียนด้วยตนเอง โดยไม่มีใครมามีอิทธิพลต่อพฤติกรรมในการเรียนเหมือนกับการเรียนแบบปกติในชั้นเรียน ผู้เรียนมีอิสระทั้งด้านเวลาและปริมาณของข้อมูลเนื้อหาวิชา มีอิสระในด้านสถานที่ที่มีความเป็นส่วนตัว มีอิสระในการแสดงความคิดเห็นแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับบุคคลอื่น อยากจะเรียนเมื่อไหร่ก็ได้

6) ขยายขอบเขตห้องเรียน กิจกรรมการเรียนการสอนบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ตช่วยขยายขอบเขตชั้นเรียน เพราะว่าผู้เรียนสามารถใช้แหล่งความรู้บนเครือข่ายอินเทอร์เน็ตในการสำรวจปัญหาต่าง ๆ ที่ตนเองสนใจได้อย่างมีความหมายกับตนเองมากกว่าการเรียนในห้องเรียนตามปกติ นอกจากนั้นการที่ผู้เรียนได้ใช้เครือข่ายอินเทอร์เน็ตในการเรียนเป็นการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ทำงานร่วมกับผู้อื่น ซึ่งอาจมีความคิดเห็นแตกต่างกับตนได้ ทำให้มองปัญหาได้หลายแง่มุมออกไป

สรุปได้ว่า การเรียนการสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เป็นการนำเทคโนโลยีเข้ามาใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนการสอน ซึ่งเอื้อต่อการจัดการเรียนรู้ที่ยืดความแตกต่างระหว่างบุคคลและเป็นการส่งเสริมให้ผู้เรียนได้แสวงหาความรู้ด้วยตนเอง

4. การเรียนการสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

4.1 ความหมายของการเรียนการสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

การเรียนการสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต มีชื่อเรียกหลายลักษณะ เช่น เว็บเพจเพื่อการศึกษา (Web Based Instruction) อินเทอร์เน็ตช่วยสอน (Internet Based Instruction) เวิลด์ ไรด์ เว็บช่วยสอน (WWW. Based Instruction) เว็บการเรียนรู้ (Based Learning) เป็นต้น ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยใช้คำว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

การเรียนการสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต มีผู้ให้ความหมายชื่อเรียกต่าง ๆ ไว้ดังนี้

ธนอมพร เลหาจรัสแสง (2544 : 87) กล่าวว่า การเรียนการสอนผ่านเว็บเป็นการผสมผสานกันระหว่างเทคโนโลยีปัจจุบันกับกระบวนการออกแบบการเรียนการสอน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพทางการเรียนรู้และแก้ปัญหาในเรื่องข้อจำกัดทางด้านสถานที่และเวลา โดยการสอนบนเว็บจะประยุกต์ใช้คุณสมบัติและทรัพยากรของเวิลด์ไวด์เว็บ ในการจัดสภาพแวดล้อมที่ส่งเสริมและสนับสนุนการเรียนการสอน

ธวัชชัย อติเทพสถิต (2545 : 19) กล่าวว่า เว็บเพจเพื่อการศึกษาเป็นเครื่องสื่อสารภายใต้ระบบมัลติมีเดียหรืออย่างไร้พรมแดน โดยผู้เรียนสามารถติดต่อสื่อสารกับผู้เรียน อาจารย์หรือผู้เชี่ยวชาญฐานข้อมูล ความรู้และรับส่งข้อมูลการศึกษาอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Education Data) อย่างไม่จำกัดเวลา สถานที่ ภายใต้ระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

ฮารอลด์และคาน (Harold. 2000 ; Khan. 1997) กล่าวว่า เว็บเพจเพื่อการศึกษาเป็นการเรียนการสอนที่มีการเชื่อมโยงหลายมิติ ซึ่งใช้ประโยชน์จากแหล่งข้อมูลทางอินเทอร์เน็ต โดยเป็นการส่งเสริมให้สภาพแวดล้อมทางการเรียนมีความหมายต่อผู้เรียนและทำให้การเรียนเป็นการสนับสนุนให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้

จากความหมายดังกล่าว สรุปได้ว่า การเรียนการสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต หมายถึง การเรียนการสอนที่กระทำผ่านเครือข่ายคอมพิวเตอร์ทั้งที่เป็นอินเทอร์เน็ตและอินเทอร์เน็ต มีการเชื่อมโยงหลายมิติ โดยอาศัยการประยุกต์ใช้คุณสมบัติและทรัพยากรของเวิลด์ไวด์เว็บ ในการจัดสภาพแวดล้อมที่ส่งเสริมและสนับสนุนการเรียนการสอน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพทางการเรียนรู้และแก้ปัญหาในเรื่องข้อจำกัดทางด้านสถานที่และเวลา

4.2 การออกแบบเว็บเพื่อการศึกษา

กิดานันท์ มลิทอง (2543 : 68-72) ได้กล่าวถึงองค์ประกอบของการออกแบบการเรียนการสอนผ่านเว็บ ไว้ดังนี้

1. รูปแบบ ควรเป็นรูปแบบแนวนอนจะเหมาะสมกว่า เนื่องจากการจัดหน้าบนจอภาพมีส่วนกว้างมากกว่าส่วนสูง และเนื้อที่เสนอเนื้อหาบางส่วนยังบรรจุแถบเครื่องมือของบราวเซอร์ให้ปรากฏอยู่ตลอดเวลาในเนื้อที่แนวนอนของเว็บเพจ สำหรับหน้าโฮมเพจควรมีทุกอย่างสมบูรณ์และมีขนาดพอดีเท่ากับเนื้อที่นั้น เพื่อให้ทำให้ผู้อ่านสามารถดูทุกอย่างได้ภายในหน้าเดียวกันโดยไม่ต้องเลื่อนหน้าในการใช้แถบเลื่อนดูรายละเอียดเกี่ยวกับเว็บไซต์

2. ขนาด ควรจำกัดขนาดแฟ้มของแต่ละหน้า โดยการทำหนดขีดจำกัดเป็นกิโลไบต์ สำหรับ “น้ำหนัก” ของแต่ละหน้า ซึ่งหมายถึงจำนวนรวมกิโลไบต์ของภาพกราฟิกทั้งหมดในหน้า โดยรวมภาพพื้นหลังด้วย

3. การจัดหน้า ควรคำนึงถึงสิ่งต่อไปนี้

- 3.1 กำหนดความยาวของหน้าให้สั้น ควรกำหนดจำนวนของข้อความที่จะบรรจุในแต่ละหน้าโดยควรมีข้อความระหว่าง 200-500 คำในแต่ละหน้า ผู้ออกแบบสามารถเริ่มข้อความยาว ๆ ในหน้าใหม่ได้ โดยไม่ต้องมีเลขหน้ากำกับ

- 3.2 ใส่สารสนเทศที่สำคัญที่สุดในส่วนบนของหน้า เนื้อหาที่มีค่าที่สุด คือ ส่วนบนของหน้าจอภาพ ซึ่งทุกคนที่เข้ามาในเว็บไซต์จะมองเห็นส่วนบนของจอภาพได้เป็นลำดับแรก

3.3 ใช้ความได้เปรียบของตาราง การใช้ตารางจะจำเป็นสำหรับการสร้างที่ซับซ้อน โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อเราต้องการใช้คอลัมน์ ตารางจะใช้ได้เป็นอย่างดีเมื่อใช้ในการจัดระเบียบหน้า เช่น การแบ่งแยกภาพกราฟิก หรือเครื่องมือนำทางออกจากข้อความหรือการแบ่งข้อความออกเป็น คอลัมน์

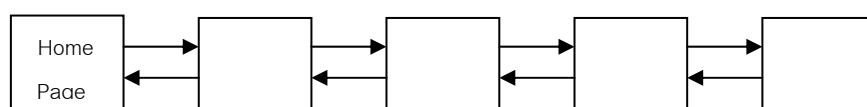
4. พื้นหลัง ในการออกแบบพื้นหลังที่มีลวดลายมากจะทำให้เกิดความยากลำบากในการอ่าน การใช้สีร้อนจะทำให้ไม่สบายตาในการอ่าน ดังนั้นจึงไม่ควรใช้พื้นหลังที่มีลวดลายเกินความจำเป็น และควรใช้สีเย็นเป็นพื้นหลังจะทำให้เว็บน่าอ่านมากกว่าและควรมีการทดสอบการอ่านด้วยตนเองและ ผู้อื่นด้วย

5. ศิลปะการใช้ตัวพิมพ์ ผู้ออกแบบจะถูกจำกัดในเรื่องของศิลปะการใช้ตัวพิมพ์ ซึ่งในการ พิมพ์บนเว็บจะไม่สามารถควบคุมช่วงบรรทัด ซึ่งเป็นเนื้อที่ระหว่างบรรทัดหรือช่องไฟระหว่างตัวอักษร หรือแม้แต่การใช้ลักษณะกราฟิกแทนตัวอักษรธรรมดา ไม่ควรใช้มากเกินไป 2-3 บรรทัด ทั้งนี้เพราะ จะทำให้เสียเวลาในการบรรจุลงมากกว่าปกติ

6. การนำทาง รูปแบบการนำทางเป็นไปได้หลากหลายรูปแบบ เช่น ปุ่ม แถบเครื่องมือ ข้อความเชื่อมโยง กราฟิกเคลื่อนไหวหรือแม้แต่การใช้ภาพถ่าย ภาพลายเส้น เพื่อเป็นเครื่องมือ นำทางแก่ผู้อ่านที่จะเชื่อมโยงไปสู่เว็บอื่น ๆ ซึ่งตำแหน่งของการนำทางอาจจะอยู่ส่วนบนของข้างหน้า ส่วนล่างหรือส่วนข้างก็ได้

การออกแบบเว็บ สามารถทำได้หลายรูปแบบ ขึ้นอยู่กับลักษณะความสัมพันธ์ของเนื้อหา และความพอใจของผู้ออกแบบ ซึ่งแบบเว็บที่ได้รับความนิยมแบ่งได้ 3 ลักษณะ ดังนี้ (ถนอมพร เลหาจรัสแสง. 2545 : 127-140)

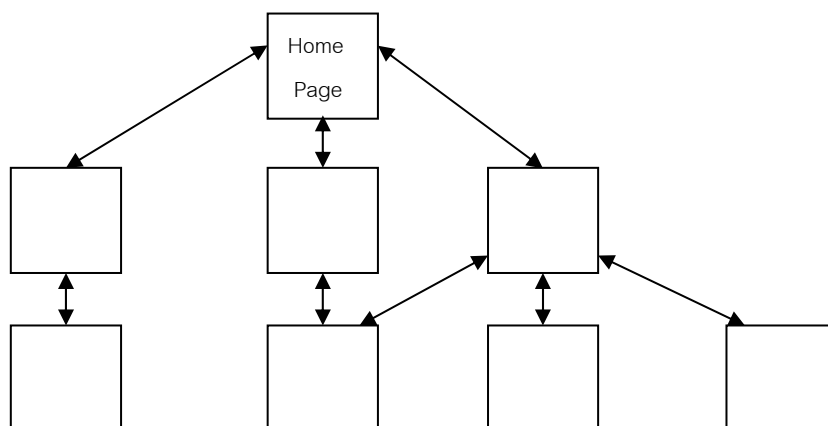
1. แบบเชิงเส้น (Linear) เป็นการจัดแสดงหน้าเว็บเรียงต่อเนื่องไปในทิศทางเดียวกัน



ภาพประกอบ 24 แสดงการจัดแสดงหน้าเว็บเพจแบบเชิงเส้น (Linear)

ที่มา : ถนอมพร เลหาจรัสแสง. (2545). *Designing e-Learning* : หลักการออกแบบและการสร้าง เว็บเพจเพื่อการเรียนการสอน : 128.

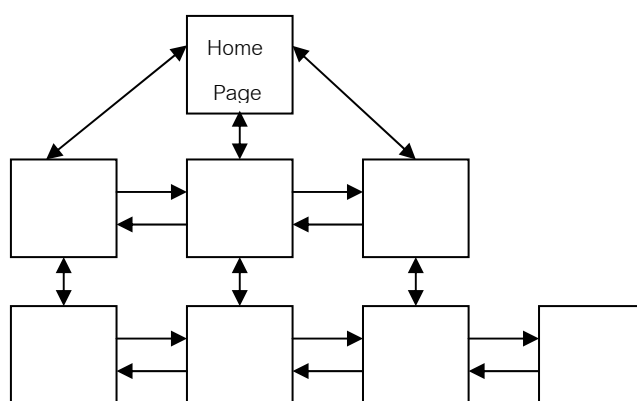
2. แบบลำดับชั้น (Hierarchy) เป็นการจัดแสดงหน้าเว็บเรียงตามลำดับ กิ่งก้านแตกแขนง เหมือนต้นไม้กลับหัว



ภาพประกอบ 25 แสดงการจัดแสดงหน้าเว็บเพจแบบลำดับชั้น (Hierachy)

ที่มา : ฤณอมพร เลหาจรัสแสง. (2545). *Designing e-Learning* : หลักการออกแบบและการสร้างเว็บเพจเพื่อการเรียนการสอน : 128

3. แบบผสม (Combination) เป็นการจัดหน้าเว็บชนิดผสมระหว่างแบบลำดับชั้นและแบบเชิงเส้น



ภาพประกอบ 26 แสดงการจัดแสดงหน้าเว็บเพจแบบผสม (Combination)

ที่มา : ฤณอมพร เลหาจรัสแสง. (2545). *Designing e-Learning* : หลักการออกแบบและการสร้างเว็บเพจเพื่อการเรียนการสอน : 139

สันติ วิจักขณาลัญญ์ (2546 : 41 – 42) ได้กล่าวถึงแนวทางการออกแบบระบบการเรียนการสอนบนเครือข่ายไว้ดังนี้

1) การกำหนดความต้องการและเป้าหมาย กำหนดเป้าหมายในการเรียนซึ่งต้องสอดคล้องกับความต้องการของผู้เรียนด้วย ทั้งนี้การออกแบบจะกำหนดจุดประสงค์ในแต่ละกิจกรรม หรือในแต่ละระดับทั้งในด้านการทำกิจกรรมทางสังคมและปฏิสัมพันธ์ที่มีต่อการสอนรวมถึงการให้ข้อมูลป้อนกลับของผู้เรียนด้วย

2) การเลือกแหล่งการเรียนรู้ ทั้งนี้แหล่งการเรียนรู้จะเกี่ยวกับเนื้อหาสาระ แนวคิดในการพัฒนาระบบการสอน ระบบที่เอื้อต่อการเรียนการสอนอื่นๆ ได้แก่ คอมพิวเตอร์และสามารถให้แหล่งการเรียนรู้อื่นๆ ได้ เช่น หนังสือเรียน วีดิทัศน์ ภาพยนตร์ ผู้เชี่ยวชาญต่างๆ เป็นต้น

3) เนื้อหาสาระที่จะเรียนรู้ ผู้พัฒนาระบบจะต้องมีความเชี่ยวชาญในด้านเนื้อหาสาระ ต้องกำหนดกิจกรรมให้สอดคล้องกับเนื้อหา กิจกรรมที่ผู้สอนและผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์กันโดยตรง มักจะทำให้การนำเสนอเนื้อหาที่มีความจำกั ด ทั้งนี้อาจมีตัวแปรทางด้านเวลาและสถานที่ หรือเครื่องมือต่างๆ ประกอบ แต่สามารถใช้ได้ในเวลาไม่มากนัก เช่น การใช้วีดิทัศน์ประกอบการสอนก็สามารถใช้ได้ไม่เกิน 20 นาที แต่ในกรณีการทำกิจกรรมที่ผู้เรียนและผู้สอนไม่มีการพบปะกัน โอกาสที่จะได้เนื้อหาสาระจะมามากขึ้น ผู้เรียนอาจใช้สื่อซ้ำแล้วซ้ำอีกจนพึงพอใจ แต่ในขณะเดียวกันบางคนก็อาจเรียนรู้โดยใช้สื่ออื่นๆ ตามความสนใจและใช้เวลา มากหรือน้อยก็ขึ้นอยู่กับผู้เรียน

4) การสร้างความคิดใหม่ๆ ในขั้นนี้จะเป็นการดำเนินการระดมสมองเพื่อสร้างแนวคิดในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนระหว่างผู้สอนด้วยกัน เพื่อให้ได้กิจกรรมการเรียนการสอนที่เหมาะสมกับเนื้อหาและบรรลุจุดประสงค์ที่กำหนดไว้ ดังนั้นบทบาทของผู้สอนและผู้เรียนจะเป็นเช่นนั้นต้องมีการกำหนดให้ชัดเจน เช่น กิจกรรมนี้ผู้สอนมีบทบาทสูงผู้เรียนจะต้องปฏิบัติตาม หรือกิจกรรมนี้ผู้เรียนเป็นผู้ดำเนินการเองทั้งหมด หรือทั้งผู้เรียนและผู้สอนทำกิจกรรมไปพร้อม ๆ กันก็ได้ รวมทั้งการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ร่วมกัน เพื่อวัตถุประสงค์ที่สำคัญคือการที่ผู้เรียนกับผู้เรียน หรือผู้เรียนกับผู้สอนได้ทำกิจกรรมร่วมกัน

5) การออกแบบการสอน จากการระดมสมองจะสามารถกำหนดแนวปฏิบัติให้เป็นรูปธรรม ในขั้นนี้จะต้องมีการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญในแต่ละด้าน เช่น ด้านเนื้อหา ด้านการสอน ข้อมูลป้อนกลับจะนำไปใช้ในการปรับปรุงรูปแบบที่ออกแบบไว้ และพัฒนาจนได้รูปแบบที่มีประสิทธิภาพ

6) แผนผังบทเรียน เขียนผังงานของการนำเสนอเนื้อหาสาระ ซึ่งต้องกำหนดให้มีรูปแบบการมีปฏิสัมพันธ์กับผู้เรียนและใช้ศักยภาพของคอมพิวเตอร์ให้สูงสุด ทั้งนี้การเรียนการสอนแบบประสานเวลา ยังมีความจำเป็น ดังนั้นการออกแบบจะต้องมีการผสมผสานเพื่อให้เป็นรูปแบบที่สามารถสนองต่อการเรียนรู้ได้อย่างเต็มที่

7) ผังรายการของเนื้อหาสาระ ขั้นนี้เป็นการจัดทำรายการของเนื้อหาสาระลงในกระดาษซึ่งถือว่าเป็นแบบร่างของงานทั้งหมดเพื่อการตรวจสอบและปรับปรุงแก้ไข ก่อนจะปฏิบัติงานในขั้นต่อไป

8) โปรแกรม เป็นขั้นการนำรายละเอียดทั้งหมดมาเขียนเป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยการใช้ภาษาคอมพิวเตอร์หรือระบบโปรแกรมสำเร็จรูปที่ช่วยพัฒนาการเรียนการสอนขึ้นอยู่กับผู้สอนเลือก

9) อุปกรณ์หรือสิ่งสนับสนุนอื่น ๆ เนื่องจากการเรียนการสอนนั้นต้องคำนึงถึงความแตกต่างของผู้เรียนเป็นสำคัญ ลักษณะการเรียนของผู้เรียนแตกต่างกัน ดังนั้นผู้สอนต้องจัดเตรียมหรือจัดหาวัสดุ อุปกรณ์หรือแหล่งการเรียนรู้ให้ผู้เรียนสามารถเลือกใช้ได้ตามความสนใจและการใช้งานไม่ยุ่งยาก ซึ่งอาจอยู่ในรูปแบบต่างๆ เช่น ใช้สื่อประสม ใช้ภาพกราฟิก แต่จะต้องง่ายต่อผู้ใช้ที่จะเข้าไปศึกษา หรือสืบเสาะหาความรู้ได้

10) การประเมินผลและการทบทวน ขั้นนี้เป็นการดำเนินการประเมินผลบทเรียนรวมทั้งสิ่งสนับสนุนต่างๆ ว่าสามารถดำเนินการได้บรรลุจุดประสงค์หรือไม่ ซึ่งข้อมูลจะถูกนำไปใช้ในการปรับปรุงระบบต่อไปถือว่าเป็นการวัดและประเมินผลนำร่อง เพื่อศึกษาความถูกต้องและแม่นยำของเนื้อหาและวิธีการ

ดังนั้น การออกแบบเว็บต้องมีการจัดลำดับความสำคัญของข้อมูล ถ้ามีเนื้อหา มาก ๆ ควรตัดแบ่งออกเป็นตอน ๆ ควรเป็นแหล่งข้อมูลที่ใช้ประโยชน์ขนาดกระทัดรัด มีการจัดวางที่ง่ายต่อการเข้าใจ รูปภาพที่ใช้ควรมีหน่วยความจำไม่มาก ออกแบบสีของพื้นหลัง สีและขนาดของตัวอักษรที่เหมาะสม อ่านได้ง่ายและชัดเจน รวมทั้งสามารถเชื่อมโยงไปยังเว็บอื่น ๆ ได้ ซึ่งเป็นรายละเอียดของเนื้อหาของเรื่องนั้น ๆ ได้

4.3 ข้อควรพิจารณาในการออกแบบเว็บเพื่อการศึกษา

สันติ วิจักขณาลัญญ์ (2546 : 37 – 38) ได้กล่าวไว้ดังนี้

1. การกำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ ขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนต้องมีการกำหนดจุดประสงค์ปลายทางและจุดประสงค์นำทาง พร้อมทั้งเนื้อหาสาระหลักโดยไม่คำนึงถึงเนื้อหาสนับสนุนอื่นๆ ทั้งนี้เป็นการยึดหยุ่นกับผู้เรียน สามารถเลือกศึกษาตามความสนใจแต่อาจจัดเนื้อหาที่เกี่ยวข้องสนับสนุนการเรียนเพื่อจุดประสงค์หลัก โดยการเชื่อมโยงเนื้อหาต่างๆ แบบภายในหรือใช้เนื้อหาของกลุ่มผู้สอนอื่น ๆ ที่ได้ตรวจสอบแล้วว่า จะให้เนื้อหาที่เป็นประโยชน์สนับสนุนเนื้อหาหลักและทำการเชื่อมโยงไปสู่ภายนอกได้ สามารถเลือกและควบคุมเนื้อหา จุดหมายปลายทางของการสอนจึงมีผลที่ออกมาแตกต่างกันแต่ละคน

2. เนื้อหาสาระ การนำเสนอจุดประสงค์การเรียนรู้ควรคำนึงถึงความสัมพันธ์ของ 3 ตัวแปรหลัก คือ 1) เนื้อหาสาระ 2) วัตถุประสงค์ และ 3) ผู้เรียน กล่าวคือ การเรียนที่เน้นจุดประสงค์เพียงอย่างเดียวนั้นไม่เพียงพอ แต่ต้องเป็นวิธีที่ยืดหยุ่นและเอื้อต่อการติดตามประสบการณ์ของผู้เรียนด้วย การนำเสนอเนื้อหาในรูปแบบไฮเปอร์มีเดียและการเชื่อมโยง ซึ่งมีการเชื่อมโยงแบบไม่เป็นลำดับอาจทำให้ผู้เรียนสับสน ดังนั้นเมื่อเข้าสู่ข้อมูลและผ่านการโยงใยหลายชั้น ควรใช้ผังมโนมิติเพื่อให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงเนื้อหาหนึ่งไปยังอีกเนื้อหาหนึ่งซึ่งเป็นพื้นฐานความคิดของพื้นฐานความรู้ อย่างหนึ่งที่เอื้อต่อเนื้อหาใหม่ เพื่อการเรียนรู้แบบต่อยอดและสังเคราะห์ความรู้ขึ้นใหม่

3. แรงจูงใจต่อการเรียน การออกแบบบนจอภาพให้ง่ายต่อการเข้าถึงข้อมูลและง่ายต่อการติดตามทั้งในแง่ของเนื้อหาและองค์ประกอบเป็นปัจจัยสำคัญในการสร้างแรงจูงใจของผู้เรียนอย่างไรก็ตามการนำเสนอเนื้อหาที่ง่ายต่อการติดตามก็ต้องแฝงไปด้วยความท้าทายความอยากรู้อยากเห็นของผู้เรียนนอกจากแรงจูงใจจากการที่ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์กับเนื้อหาบนจอคอมพิวเตอร์โดยผู้สอนแล้วแรงจูงใจต่อเนื่องยังได้จากการปฏิสัมพันธ์กับผู้สอนและผู้เรียนอื่นๆ ด้วย

4. รูปแบบการจัดชั้นเรียน การเรียนผ่านเครือข่ายมีคุณลักษณะเด่นที่แตกต่างจากการเรียนตามปกติ คือนอกจากผู้เรียนด้วยคอมพิวเตอร์แล้วยังมีโอกาสที่จะสื่อสารกับผู้เรียนพร้อมชั้นเดียวกันหรือสื่อสารกับผู้เชี่ยวชาญในเนื้อหานั้น ซึ่งจะก่อให้เกิดพัฒนาการปฏิสัมพันธ์ในรูปแบบการสร้างเป็นชุมชนเสมือนจริง โดยอาศัยเครือข่ายคอมพิวเตอร์

5. ยุทธวิธีการสอน การเรียนที่มุ่งเน้นเนื้อหาจากผู้สอนและเนื้อหาข้อมูลจากการโต้ตอบกับโปรแกรมคอมพิวเตอร์นั้นอาจเกิดผลเสียหลายๆ ประการ เช่น การออกแบบการเรียนผ่านเครือข่ายเว็ลด์ ไรต์ เว็บ จะสนับสนุนการเรียนการสอนแบบผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง โดยใช้คุณสมบัติของเครือข่ายได้อย่างเต็มรูปแบบจากสถานการณ์นี้ยุทธวิธีการสอนบนเครือข่ายที่ออกแบบให้ผู้เรียนเป็นศูนย์กลางจึงให้ความสำคัญกับการสอนที่เน้นบทบาทของผู้เรียน เทคนิคการสอนที่พบว่าเอื้อต่อการเรียนแบบนี้ เช่น การเรียนแบบค้นพบ แบบบทบาทสมมติ แบบโครงการร่วม บทบาทผู้สอนจึงมีแนวโน้มเปลี่ยนไปเป็นผู้ที่แนะนำทาง ชี้แนะวิธีการเรียน เป็นพี่เลี้ยง ให้คำปรึกษาและอำนวยความสะดวกให้กับผู้เรียนสนับสนุนให้ผู้เรียนใฝ่การเรียนรู้ที่สามารถพึ่งตนเองและตรวจสอบตนเองได้

6. การประเมินผล ในการประเมินผลแบบเนื้อหาโดยได้รับการป้อนกลับจากคอมพิวเตอร์หรือโดยให้ผู้สอนประเมินผลป้อนกลับและชี้แนะเป้าหมายบุคคลยังไม่เพียงพอต่อการเรียนการสอนผ่านเครือข่าย ดังนั้นการประเมินผลควรมีแนวทางให้ผู้เรียนได้มีโอกาสตรวจสอบและประเมินตนเองกับจุดประสงค์การเรียน

กล่าวโดยสรุป การเรียนการสอนในยุคใหม่ในอนาคตจะมีการเปลี่ยนแปลงไปจากรูปแบบเดิม ดังนั้นการเรียนการสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตคงยังเป็นสิ่งใหม่และยังต้องการพัฒนารูปแบบรวมทั้งวิธีการสอน เพื่อประโยชน์สูงสุดของการศึกษา

4.4 โครงสร้างของเว็บเพื่อการศึกษา

โครงสร้างเว็บไซต์สำหรับรายวิชา ควรมีองค์ประกอบดังนี้ (มนตรี ดวงจิโน. 2544 : 39-44)

1. โฮมเพจ (Homepage) เป็นเว็บเพจแรกของเว็บไซต์ ประกอบด้วยชื่อวิชาผู้สอนและให้ข้อมูลที่ เป็นประชาสัมพันธ์วิชา ควรใส่รูปภาพประกอบและพิมพ์ข้อความกระชับน่าสนใจ ไม่ควรบอกวัตถุประสงค์ของวิชา ชื่อวิชาควรเชื่อมโยงไปดู่เว็บเพจประมวลรายวิชาและชื่อผู้สอนควรเชื่อมโยงไปเว็บเพจประวัติอาจารย์

2. เว็บเพจประกาศ (Information Webpage) เป็นหน้าเว็บเพจที่เกี่ยวกับการเสนอข่าว กำหนดเวลาเรียนการสอน การลงทะเบียนและกิจกรรมต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเรียนและไม่เกี่ยวข้องกับการเรียน เพื่อให้ผู้เรียนได้ติดตามข้อมูลข่าวสารที่เป็นประโยชน์

3. เว็บเพจประมวลรายวิชา (Course Syllabus Webpage) เป็นเว็บเพจที่แสดงเกี่ยวกับการแจ้งวัตถุประสงค์ของวิชาและเนื้อหารายวิชา

4. เว็บเพจห้องเรียน (Classroom Webpage) เป็นเว็บเพจที่เสนอเนื้อหาความรู้แต่ละหน่วยการเรียนรู้ เนื้อหาเว็บเพจห้องเรียนเป็นเนื้อหาหน่วยการเรียนรู้ อธิบายแนวคิดของเนื้อหาของหน่วยและแสดงสารบัญของเว็บเพจระดับย่อย เพื่อเชื่อมโยงไปสู่เว็บเพจที่เกี่ยวข้องในเว็บเพจห้องเรียน มีองค์ประกอบ ดังนี้

4.1 เว็บเพจเนื้อหาความรู้ ประกอบด้วย

- 1) ระบุวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมเฉพาะหน่วย
- 2) ทบทวนความรู้เดิม โดยให้อ่านเว็บเพจที่ผู้สอนเขียนขึ้นเอง หรือเชื่อมโยงไปดูเว็บเพจหน่วยที่ผ่านมา เชื่อมโยงให้อ่านเอกสารจากแหล่งอื่น ๆ ในเว็บเพจแหล่งทรัพยากรการเรียนรู้ที่เตรียมไว้และเชื่อมโยงไปยังเว็บเรียนเสริมเพื่อปรับพื้นฐานตามความจำเป็น
- 3) เสนอเนื้อหาความรู้ใหม่ทางเว็บเพจที่ผู้สอนจัดเตรียมไว้

4.2 เว็บเพจกิจกรรม เสนอกิจกรรมการเรียนการสอน เพื่อชี้แนะการเรียนรู้ให้เกิดความเข้าใจยิ่งขึ้น ประกอบด้วย

- 1) การเชื่อมโยงไปสืบค้นข้อมูลข่าวสารทางเวปไซด์ ไซด์ เว็บบ และแหล่งข้อมูลทางโกเฟอร์ (Gopher)
- 2) กระตุ้นให้ผู้เรียนถามปัญหาและแลกเปลี่ยนความคิดเห็น
- 3) กระตุ้นให้ผู้เรียนสนทนากับอาจารย์ผู้สอน และผู้เชี่ยวชาญด้วยการบริการ
- 4) การเชื่อมโยงไป FTP Server เพื่อถ่ายโอนแฟ้มข้อมูลสำหรับนำมาศึกษาด้วยตนเอง
- 5) การเชื่อมโยงไปค้นคว้าแหล่งข้อมูล เช่น ห้องสมุด ศูนย์ข้อมูล สิ่งพิมพ์ อิเล็กทรอนิกส์

การแนะนำให้ทำแบบฝึกหัดและประเมินด้วยตนเอง โดยเชื่อมโยงไปยังเว็บเพจแบบฝึกหัดแบบทดสอบ หรือแบบฝึกหัดด้วยตนเอง

การตั้งคำถามให้ผู้เรียนตอบและการทดสอบความรู้ย่อย โดยเชื่อมโยงไปยังเว็บเพจแบบทดสอบ

4.3 เว็บเพจอภิปราย เป็นเว็บเพจที่ใช้ในการเรียนแบบร่วมมือ การทำงานกลุ่ม อำนวยความสะดวกในการแลกเปลี่ยนความรู้ ความคิดเห็น

4.4 เว็บเพจตอบปัญหา ในเว็บเพจกิจกรรม อาจารย์กระตุ้นให้ผู้เรียนตั้งปัญหาส่งมาถึงผู้สอนทางไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ผ่านเว็บกิจกรรม

4.5 เว็บเพจผลงานนักเรียน เป็นเว็บเพจนำเสนอผลงานของนักเรียน ผลงานรายบุคคลและผลงานกลุ่ม แล้วนำเสนอผลงาน ซึ่งจะเชื่อมโยงเข้ามาในเว็บเพจผลงานนักเรียน เพื่อให้นักเรียนได้อ่าน และส่งข้อคิดให้ข้อมูลป้อนกลับไปยังเจ้าของทางไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์

4.6 เว็บเพจสรุปบทเรียน เสนอเนื้อหาสรุปประจำหน่วย ทบทวนความรู้เพื่อให้อ่าน

4.7 เว็บเพจเรียนเสริม เสนอเนื้อหาความรู้ ปรับพื้นฐานความรู้ หรือเสนอความรู้เพิ่มเติมที่เป็นประโยชน์ในการเรียนหน่วยใหม่

5. เว็บเพจทรัพยากรการเรียนรู้ (Learning Resources Webpage) เป็นเว็บเพจที่เสนอแหล่งทรัพยากรการเรียนรู้ บทความ ข่าวสาร รายชื่อหนังสือ วารสาร สื่อสิ่งพิมพ์อิเล็กทรอนิกส์ วิทยุทัศน์ แฟ้มข้อมูล รวมทั้งเว็บไซต์ที่เกี่ยวกับการเรียนการสอนในวิชานั้น ๆ พร้อมทั้งสร้างการเชื่อมโยงไปยังแหล่งข้อมูลนั้นด้วย

6. เว็บเพจประเมินผล (Evaluation) ประกอบด้วย

6.1 เว็บเพจแบบฝึกหัด เป็นเว็บเพจที่ผู้เรียนทำด้วยตนเอง และมีคำตอบให้ผู้เรียนสามารถประเมินความก้าวหน้าด้วยตนเอง

6.2 เว็บเพจแบบทดสอบสำหรับทดสอบความรู้ย่อย ผู้เรียนทำข้อสอบทางเว็บเพจและส่งคำตอบถึงอาจารย์ผู้สอนทางอินเทอร์เน็ต และเก็บผลการเรียนไว้ในประวัติส่วนตัวของผู้เรียนในเว็บเพจประวัติส่วนตัวของนักเรียน ส่วนการประเมินผลรวบยอดควรทำในห้องเรียน

6.3 เว็บเพจประเมินการสอน เป็นการสำรวจความคิดเห็นของผู้เรียนที่มีต่อการเรียนการสอนทางอินเทอร์เน็ต ปัญหาการเรียนและประเมินวิธีการสอนของอาจารย์ เพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับแก้ไข ปรับปรุง วิธีการจัดการเรียนการสอนทางอินเทอร์เน็ต แล้วส่งให้ผู้สอนทางไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์

7. เว็บเพจประวัติ (Profile Webpage) เป็นเว็บเพจที่แสดงประวัติบุคคล 3 กลุ่ม คือ ผู้สอน ผู้สนับสนุน และผู้เรียน ดังนี้

7.1 ประวัติอาจารย์ผู้สอน แสดงตำแหน่ง วุฒิการศึกษา ประสบการณ์ในการทำงาน การสอนหรือความรับผิดชอบที่ทำอยู่ในปัจจุบัน ผลงานทางวิชาการ ความรู้ ความเชี่ยวชาญ และความสามารถพิเศษและที่สำคัญ คือ สถานที่ทำงาน โทรศัพท์ วัน เวลาที่ติดต่อไปที่ห้องทำงาน ติดต่อทางอินเทอร์เน็ต สถานที่อยู่และชื่อไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (E-mail Address)

7.2 ผู้สนับสนุน ประกอบด้วย

1) ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา เปรียบเสมือนกับวิทยากรที่เชิญมาร่วมให้ความรู้ทางอินเทอร์เน็ต ซึ่งจะช่วยในการตอบปัญหาทางวิชาการ แลกเปลี่ยนความคิดเห็นในการอภิปรายกลุ่ม การสนทนาและการให้ความรู้

2) ผู้ช่วยสอน ทำหน้าที่ช่วยหาข้อมูลประกอบการสอน ค้นหาแหล่งทรัพยากรการเรียนรู้ ช่วยสร้างเว็บเพจ ประสานงาน ติดตามงานจากผู้เรียน ตรวจงานนักเรียน และช่วยหาคำตอบเท่าที่ทำได้แต่จะไม่ทำหน้าที่ประเมินผลการเรียน

3) ผู้เชี่ยวชาญด้านการสร้างเว็บไซต์และโปรแกรมในระบบอินเทอร์เน็ต เป็นผู้ให้ความช่วยเหลืออาจารย์ผู้สอนในการสร้างเว็บเพจ และแนะนำการใช้โปรแกรมในระบบอินเทอร์เน็ต

7.3 ประวัตินักเรียน เป็นเว็บเพจที่แสดงเกี่ยวกับสาขาวิชา โปรแกรมการศึกษา ชั้นปี กิจกรรมที่ทำอยู่ ผลงานดีเด่น ความรู้ความสามารถ ประสบการณ์ ความสนใจ เวลาว่างที่สามารถติดต่อได้ทางอินเทอร์เน็ต สถานที่อยู่ โทรศัพท์ และชื่อไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งเป็นส่วนที่แสดงให้นักเรียนอื่นอ่านได้ ส่วนข้อมูลเกี่ยวกับคะแนนสอบย่อย ข้อมูลป้อนกลับที่แสดงความก้าวหน้าในการเรียนและปรับปรุงพฤติกรรม การเรียนและผลการสอบ เป็นส่วนของข้อมูลเฉพาะของนักเรียนแต่ละบุคคล ซึ่งต้องใช้รหัสผ่านจึงอ่านได้

ผู้วิจัยสนใจที่จะพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต โดยมีโครงสร้างเว็บเพจซึ่งประกอบด้วย หน้าโฮมเพจ , เว็บเพจห้องเรียน , เว็บเพจเนื้อหาความรู้ , เว็บเพจกิจกรรม , เว็บเพจอภิปราย , เว็บเพจตอบปัญหา , เว็บเพจทรัพยากรการเรียนรู้ , เว็บเพจประเมินผล และเว็บเพจประวัติ โดยผู้วิจัยได้ดัดแปลงกระบวนการเรียนรู้ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตและโครงสร้างของเว็บไซต์ห้องเรียนเสมือนให้เหมาะสมกับเนื้อหาและระดับชั้นของผู้เรียน

4.5 คุณภาพของเว็บเพื่อการศึกษา

เครือข่ายอินเทอร์เน็ต ในปัจจุบันได้แพร่กระจายและเติบโตอย่างรวดเร็ว เว็บเพจเป็นแหล่งข้อมูลในการค้นคว้าทั้งของข้อมูลของครูและนักเรียนในด้านต่าง ๆ โดยเว็บเพจที่มีอยู่ในขณะนี้พบว่ามีความมากมายที่มีทั้งคุณประโยชน์และไร้ประโยชน์ ดังนั้นเว็บเพจที่มีคุณภาพควรมีลักษณะ ดังนี้ (ไพฑูริย์ ศรีฟ้า. 2542 : 97)

1. จุดประสงค์ (Aim) เว็บไซต์แต่ละเว็บไซต์นั้น จะมีจุดประสงค์ในการสร้างที่แตกต่างกัน เช่น สร้างขึ้นเพื่อเสนอข้อมูลข่าวสาร เพื่อการประชาสัมพันธ์ เพื่อการทดลอง ซึ่งเป็นเรื่องยากที่จะชี้ให้ชัดเจนถึงคุณค่าของเว็บเหล่านั้น สิ่งสำคัญอยู่ที่เว็บต่าง ๆ เหล่านั้นได้มีการอธิบาย และมีทิศทางที่ชัดเจนในส่วนของหัวเรื่องจะเป็นสิ่งที่สะท้อนเรื่องราวภายในเว็บนั้น ๆ ได้ตามสมควร

2. ความถูกต้องแม่นยำ (Accuracy) เว็บเพจจำนวนมากขาดความรู้ความถูกต้องและแม่นยำในเรื่องของการตรวจสอบคำผิด ดังนั้น คำหรือข้อความที่ถูกต้องจะทำให้เกิดการเรียนรู้ในสิ่งที่ต้องการสื่อสารได้อย่างไม่ผิดพลาด

3. ความน่าเชื่อถือและความเชี่ยวชาญ (Authority) ในการประเมินคุณค่าหนังสือ จะดูว่าหนังสือเล่มนั้นใครเป็นผู้แต่ง เช่นเดียวกับเว็บเพจ ความน่าเชื่อถือส่วนหนึ่งมาจากผู้เขียนหรือทีมงานในการสร้างเว็บ

4. ช่วงระยะเวลาที่แพร่กระจาย (Currency) ในแต่ละเว็บเพจควรมีการบอกว่าเราเริ่มสร้างตั้งแต่เมื่อใด ปรับปรุงครั้งสุดท้ายเมื่อใด ซึ่งตามปกติแล้ว เว็บเพจจะต้องมีการปรับปรุงให้ทันสมัยอยู่ตลอดเวลา

5. ความลึกซึ้งของเนื้อหา (Depth) ความแตกต่างของเว็บเพจกับหนังสือ ก็คือไม่สามารถสร้างเว็บให้มีความละเอียดและลึกซึ้งได้เท่ากับหนังสือ ส่วนมากจะได้แค่นำเสนอข้อมูลข่าวสารได้ไม่มากนัก แต่สิ่งที่เว็บสามารถทำได้ คือ ลักษณะของการเสนอแนะในเรื่องเทคนิควิธีการ เรื่องของภาพ และเสียงที่สามารถทำให้ผู้ชมตื่นตาตื่นใจได้ อีกทั้งยังสามารถดาวน์โหลดโปรแกรม ภาพ เสียง และอื่น ๆ ที่เราสนใจจากเว็บอื่นได้

6. การออกแบบ (Design) การออกแบบเว็บเพจจะต้องง่ายต่อการอ่าน พยายามหลีกเลี่ยงตัวอักษรและข้อความที่มีดทับ และใกล้เคียงกับพื้นหลัง ความเร็วในการถ่ายโอนข้อมูล ซึ่งในการออกแบบหากมีภาพกราฟิก ควรใช้ภาพแบบ Small Image

7. ความทันสมัยทันเหตุการณ์ (Regularity of update) ควรจะมีการเสนอข้อมูลข่าวสารที่ทันสมัย ทันต่อเหตุการณ์ และความเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอ

ดังนั้น ในการพัฒนาเว็บเพจ ผู้ที่จะพัฒนาเว็บเพจควรคำนึงถึงคุณลักษณะที่เหมาะสมและคุณภาพของเว็บเพจ เพื่อจะได้สร้างเว็บเพจอย่างถูกต้องและเป็นเว็บเพจที่มีคุณค่าและมีประโยชน์

4.6 การพัฒนาเว็บเพื่อการศึกษา

การพัฒนาเว็บเพื่อใช้ในการเรียนการสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ควรทำการวางแผนก่อนเสมอ โดยการเขียนสคริป (Script) หรือสตอรี่บอร์ด (Story board) เพื่อแสดงการเชื่อมโยงของข้อมูล และไม่ให้เกิดการสับสนในการสร้าง หรือปรับปรุงข้อมูล หลักการพัฒนาเว็บเพจแบ่งได้ 8 ขั้นตอน ดังนี้

1. การวางแผนการพัฒนาเว็บเพจ การเตรียมวางแผนก่อนพัฒนาเว็บเพจถือเป็นหัวใจสำคัญมาก เพราะในขณะที่สร้างเว็บเพจจะมีเอกสารเว็บเพจเพิ่มจำนวนอยู่เรื่อย ๆ และมีจุดเชื่อมโยงจำนวนมาก หากไม่มีการวางแผนไว้ล่วงหน้า จะทำให้การแก้ไขและปรับปรุงข้อมูลเป็นไปโดยลำบาก

วิธีการที่ดีที่สุด ควรออกแบบหน้าเว็บเพจบนกระดาษและกำหนดชื่อไฟล์ของหน้าเว็บเพจแต่ละหน้าให้เรียบร้อย โดยอาจจะออกแบบเว็บเพจแบบเชิงเส้น แบบลำดับขั้น หรือแบบผสมก็ได้

2. สร้างไดเรกทอรี (Directory) และไดเรกทอรีย่อย (Sub-Directory) ที่เกี่ยวข้องเพื่อสำหรับเก็บไฟล์ Html และไฟล์รูปภาพ ตลอดจนไฟล์อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง ควรสร้างไดเรกทอรีย่อยในไดรฟ์ C : และถัดจาก Root Directory

3. สร้างภาพหรือจัดหาภาพ ทำการสร้างภาพหรือจัดหาภาพที่เกี่ยวข้อง แล้วนำภาพมาเก็บไว้ในไดเรกทอรีที่เตรียมไว้ ซึ่งรูปภาพถือเป็นสิ่งสำคัญในการนำเสนอจากตัวอักษร ดังนั้น การเตรียมภาพเพื่อนำมาใช้ในเว็บเพจอาจทำได้หลายวิธี เช่น การสร้างภาพด้วยโปรแกรม Photoshop , Paint Shop เป็นต้น การนำภาพสำเร็จจากคลิปปอร์ตมาใช้งาน หรือนำภาพจากเว็บเพจอื่น ๆ มาใช้ ซึ่งรูปภาพที่นำมาจากเว็บเพจจะมีนามสกุลเป็น .GIF หรือ .JPG ซึ่งมีเทคนิคการสร้างและจัดการเกี่ยวกับภาพแตกต่างไปจากการสร้างภาพเพื่องานสิ่งพิมพ์ทั่วไป

4. สร้างไฟล์ Html การสร้างไฟล์ Html สามารถเลือกกระทำได้หลายวิธี แต่พื้นฐานโดยทั่วไปนั้นจะเริ่มต้นด้วยโปรแกรม Note Pad ซึ่งเป็นโปรแกรมมาตรฐานที่มีมาพร้อมกับ Windows ทุกรุ่น จึงควรทำความเข้าใจกับชุดคำสั่ง Html ให้ดียิ่งขึ้น จากนั้นจึงสามารถพัฒนาเว็บเพจด้วยวิธีอื่น ๆ ได้ง่ายและสะดวกขึ้น

5. กำหนดชื่อไฟล์ Html การกำหนดชื่อไฟล์ Html ตามข้อกำหนดของผู้ดูแลเว็บนั้น ๆ ซึ่งการจัดเก็บเอกสาร Html เป็นไฟล์ Html จะต้องกำหนดนามสกุลไฟล์ให้ถูกต้องตามข้อกำหนดของผู้ดูแลเว็บหรือผู้ดูแลเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่าย เพราะส่วนขยายหรือนามสกุลของไฟล์ Html มี 2 แบบ คือ Htm. กับ Html. ซึ่งเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่ายแต่ละเครื่องจะถูกกำหนดให้รู้ส่วนขยายแตกต่างกัน หากกำหนดผิดก็ไม่สามารถแสดงผลเอกสารเว็บได้ ดังนั้นผู้พัฒนาเว็บก่อนพัฒนาเว็บเพจจึงควรติดต่อกับผู้ดูแลเว็บเพจ และสอบถามเกี่ยวกับข้อมูลส่วนขยายไฟล์ด้วยเสมอ นอกจากนี้การตั้งชื่อไฟล์ไม่ควรใช้ชื่อภาษาไทย เพราะเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่ายที่เป็นระบบยูนิกซ์ไม่สามารถรับชื่อภาษาไทยได้

ข้อแนะนำในการตั้งชื่อไฟล์ และส่วนขยาย ควรใช้อักษร (A-Z) เป็นตัวพิมพ์เล็ก (a-z) เพราะคอมพิวเตอร์แม่ข่ายที่เป็นระบบยูนิกซ์จะเห็นด้วยตัวอักษรพิมพ์ใหญ่และตัวพิมพ์เล็กเป็นคนละตัวกัน ขณะที่วินโดวส์ไม่สนใจในจุดนี้แต่เป็นจุดที่ทำให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับการเรียกดูเว็บเพจค่อนข้างสูงมาก

6. ตรวจสอบผลการนำเสนอเว็บเพจและแก้ไข การตรวจสอบผลการนำเสนอเว็บเพจและแก้ไข ขณะลงรหัสเว็บเพจควรตรวจสอบผลผ่านบราวน์เซอร์อยู่เสมอ เพื่อให้ได้ผลถูกต้อง ซึ่งการตรวจสอบเว็บเพจสามารถใช้โปรแกรม Internet Explore และหากต้องการเผยแพร่ออกสู่ระบบ

อินเทอร์เน็ต ควรตรวจสอบผลการนำเสนอบนบราวเซอร์หลาย ๆ ตัว เพราะบราวเซอร์แต่ละตัวจะรู้จักชุดคำสั่งไม่เท่ากัน จะได้ทราบข้อผิดพลาดและแก้ไขได้ทัน

7. ส่งข้อมูลขึ้นไปไว้ในเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่าย (Sever) เมื่อพัฒนาเว็บเพจเรียบร้อยแล้วก็นำขึ้นไปไว้ในเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่าย โดยอาศัยโปรแกรม Win FTP หรือ Cute FTP โดยผู้พัฒนาจะต้องมีสิทธิ์ในการอัปโหลดข้อมูลและต้องสอบถามผู้ดูแลเว็บว่าให้ส่งข้อมูลไปไว้ในไดเรกทอรีอะไรของเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่ายชื่ออะไรก่อนเสมอ

8. ตรวจสอบผลจากเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่าย เมื่อทำการอัปโหลดข้อมูลเสร็จแล้วก็สามารถตรวจสอบข้อมูลโดยจะต้องทราบว่า URL ในการเรียกดูคืออะไร ทั้งนี้อาจจะสอบถามจากผู้ดูแลระบบ

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้พัฒนาคอมพิวเตอร์ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ ซึ่งประกอบด้วยเนื้อหาย่อย 5 หน่วยการเรียนรู้ หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 ทฤษฎีเกี่ยวกับแสง หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 หลักการสะท้อนหักเหของคลื่น หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 การแทรกสอดของแสง หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 การเลี้ยวเบนของแสง หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 โพลาริเซชันของแสง โดยพัฒนาเว็บเพจในลักษณะเว็บเพจแบบผสม ซึ่งมีการจัดหน้าเพจผสมระหว่างแบบลำดับขั้นและแบบเชิงเส้น ซึ่งลักษณะการออกแบบจะเน้นจุดสนใจที่ชัดเจน เพื่อดึงดูดความสนใจของผู้เรียน มีความสะดวกและง่ายต่อการใช้ในการนำเสนอข้อมูลถูกต้องตรงประเด็น ไม่เกิดการสับสน เพื่อให้ผู้เรียนได้ศึกษาเรียนรู้ด้วยตนเองอย่างมีประสิทธิภาพและเกิดประโยชน์สูงสุด

4.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเรียนการสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

งานวิจัยในประเทศ

พัชรินทร์ บางเขียว (2542 : บทคัดย่อ) ได้ประเมินสิทธิผลของโครงการเครือข่ายคอมพิวเตอร์เพื่อโรงเรียนไทยของโรงเรียนมัธยมศึกษาพบว่า โรงเรียนมัธยมศึกษาที่เข้าร่วมโครงการส่วนใหญ่มีการใช้ประโยชน์จากอินเทอร์เน็ต เพื่อการติดต่อสื่อสาร การสืบค้นข้อมูลในอินเทอร์เน็ต การนำมาประยุกต์ใช้เพื่อการเรียนการสอนได้ตามวัตถุประสงค์ของโครงการ

ปัทมา สุขศรี (2543 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาความคิดเห็น ความต้องการและปัญหาเกี่ยวกับการใช้อินเทอร์เน็ตเพื่อการศึกษาของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาในโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยขอนแก่น (ศึกษาศาสตร์) พบว่า ด้านความคิดเห็น นักเรียนมีความคิดเห็นว่าการใช้อินเทอร์เน็ตเพื่อการศึกษาให้อิสระในการรับรู้ข้อมูลตามความสนใจส่วนตัว ช่วยค้นหาข้อมูลใหม่ได้ง่าย และการฝึกหรือเรียนการสร้างโฮมเพจเป็นเรื่องน่าสนใจ ด้านความต้องการ นักเรียนต้องการศึกษาหาความรู้ผ่านทางอินเทอร์เน็ตเพื่อการศึกษาด้วยตนเอง ต้องการให้เพิ่มเวลาในการเข้าใช้อินเทอร์เน็ตเพื่อการศึกษาในโรงเรียน

เลี้ยง ชาติาธิคุณ (2543 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาการพัฒนากิจกรรมการเรียนการสอนในวิชา ฟิสิกส์ เรื่องการชนและโมเมนตัม บนเครือข่ายอินเทอร์เน็ตสำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย พบว่าการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ตทำให้นักเรียนสนใจและตั้งใจเรียนอีกทั้งนักเรียนสามารถพัฒนาศักยภาพในการเรียนรู้ได้เต็มความสามารถ คือ ทำให้นักเรียนมีการแลกเปลี่ยนการเรียนรู้จากกลุ่มได้ตลอดเวลาและกล้าแสดงความคิดเห็นทั้งกลุ่มเก่งและกลุ่มอ่อน คือ ทำให้นักเรียนมีการแลกเปลี่ยนการเรียนรู้จากกลุ่ม ได้ฝึกคิดอย่างหลากหลายและสร้างสรรค์จินตนาการตลอดจนได้แสดงออกอย่างชัดเจนและมีเหตุผล นักเรียนได้รับการเสริมแรงให้ค้นหาคำตอบแก้ปัญหาด้วยตนเองและร่วมมือช่วยกัน นักเรียนได้ฝึกตนเองให้มีวินัยและความรับผิดชอบในการทำงานและนักเรียนได้รับการประเมินผลทันที ทำให้มีการปรับปรุงตนเองและเป็นที่ยอมรับของผู้อื่นตลอดจนเกิดความสนใจที่จะไปหาความรู้อย่างต่อเนื่อง ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น

งานวิจัยต่างประเทศ

เคททิงเจอร์ (Kettinger. 1991) ได้ศึกษาความเหมาะสมในการนำคอมพิวเตอร์มาใช้ในห้องเรียน พบว่า สามารถนำไปใช้ได้หลายกรณี เช่น ใช้ในการนำเสนอข้อมูล ใช้ประกอบการปฏิบัติ ใช้จำลองสถานการณ์ ปรากฏการณ์ต่าง ๆ ในวิชาเคมี ฟิสิกส์ ฝึกปฏิบัติงานด้านต่าง ๆ ใช้ในการศึกษาค้นคว้าและยังพบว่าผู้เรียนมีการเรียนรู้ดีขึ้น และสนใจการเรียนมากขึ้น

เคซี (Casey. 1994) ได้อธิบายถึงการท่องเที่ยวไปกับโลกของข้อมูลของครูกับนักเรียนโดยเครือข่ายคอมพิวเตอร์ของครูที่ออกแบบโดยมหาวิทยาลัยแคลิฟอร์เนียสเตท สำหรับนักเรียนและครูจากการศึกษาของผู้เข้าร่วมโครงการ ปรากฏว่านักเรียนกระตือรือร้นมากขึ้น ทุกคนแสวงหาข้อมูลและใช้คอมพิวเตอร์ที่บ้านมากขึ้น ซึ่งก็สอดคล้องกับการวิจัยของหลาย ๆ คนที่พบว่า การจัดการเรียนการสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตทำให้ผู้เรียนมีความกระตือรือร้นที่จะเรียนรู้ ผู้เรียนมีความสนใจสืบค้นข้อมูลมากขึ้น กล้าแสดงความคิดเห็นและแสดงทัศนคติในการอภิปรายผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ผู้เรียนมีความเป็นส่วนตัวมากขึ้น แต่ก็มีปัญหาอีกหลายประการที่พบว่าเป็นอุปสรรคในการเรียนการสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เช่น ความเร็วในการเชื่อมต่อข้อมูล รูปแบบการเรียนของนักศึกษาและวิธีการสอนของครูที่เปลี่ยนแปลงไป

กวนเซง (Guan-Seng. 1998) ได้ทดลองใช้คอมพิวเตอร์แสดงแบบจำลองและสถานการณ์จำลองในเรื่องพันธะเคมีและโครงสร้างของผลึก กับนักเรียนระดับปริญญาตรี ซึ่งแบบจำลองโมเลกุลมีลักษณะเป็นภาพเคลื่อนไหว 3 มิติ ผลสะท้อนกลับจากนักศึกษาแสดงให้เห็นว่า การใช้ภาพสี 3 มิติเคลื่อนไหวได้และการสาธิต การทดลอง การคำนวณ มีผลทำให้นักเรียนเรียนรู้ได้เร็ว ลักษณะโครงสร้าง 3 มิติ ช่วยทำให้นักศึกษาเข้าใจในเรื่องต่าง ๆ เช่น สมมาตรและรูปแบบโครงสร้างของผลึก

และสามารถจำลองปรากฏการณ์ที่ไม่สามารถทดลองได้ จากการศึกษพบว่า การใช้แบบจำลอง และสถานการณ์จำลองทางคอมพิวเตอร์สามารถอธิบายหลักเกณฑ์ทางวิทยาศาสตร์ได้

ไทอันและคนอื่น ๆ (Tyan and other. 2000) ได้ทำการวิจัยเรื่องการใช้การติดต่อสื่อสารผ่านคอมพิวเตอร์ในระดับอุดมศึกษาภาคเอกชนของไต้หวัน ด้วยการจัดระบบการศึกษาที่นำเอา CMC (Computer Mediated Communication) ,VICTORY (Virtual Classroom & Virtual Corporation System) มาพัฒนาในการจัดสภาพแวดล้อมทางการศึกษาด้วยอิเล็กทรอนิกส์และพัฒนาคุณภาพการศึกษา นักเรียนแต่ละคนมีความต้องการที่จะมีส่วนร่วมในการประชุมทางอิเล็กทรอนิกส์ก่อนจะใช้การอภิปรายแบบเผชิญหน้าในห้องเรียนปกติ ทำให้นักเรียนได้มีโอกาสที่จะมีการเรียนรู้แบบร่วมมือ และสร้างองค์ความรู้ด้วยตัวผู้เรียนเองได้เป็นอย่างดี

จากการศึกษางานวิจัย จะเห็นว่า การนำเครือข่ายอินเทอร์เน็ตมาช่วยในการเรียนการสอน จะเป็นการให้อิสระในการรับรู้ข้อมูลตามความสนใจส่วนตัว ช่วยค้นหาข้อมูลใหม่ได้ง่าย สามารถทำให้นักเรียนเกิดความคิดสร้างสรรค์ความรู้ด้วยตนเองได้ อีกทั้งยังไม่จำกัดเรื่องสถานที่และเวลาที่เรียน นอกจากนี้การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ตทำให้นักเรียนสนใจและตั้งใจเรียน อีกทั้งนักเรียนสามารถพัฒนาศักยภาพในการเรียนรู้ได้เต็มความสามารถ คือ ทำให้นักเรียนมีการแลกเปลี่ยนการเรียนรู้จากกลุ่มได้ตลอดเวลาและกล้าแสดงความคิดเห็น

5. ผลการเรียนรู้ด้านความรู้

5.1 ความหมายของผลการเรียนรู้ด้านความรู้

ผลการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัยหรือผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ในปัจจุบันกรมวิชาการได้ใช้คำว่า ผลการเรียนรู้ด้านความรู้ ซึ่งมีผู้ให้ความหมายไว้ดังนี้

ไพศาล หวังวานิช. (2526 : 30-31) กล่าวว่า ผลการเรียนรู้ด้านความรู้เป็นพฤติกรรมหรือความสามารถที่เป็นผลของการเรียนการสอน เป็นคุณลักษณะของผู้เรียนที่พัฒนางอกงามขึ้นมาจากการฝึกอบรมสั่งสอนโดยตรง

อารมณ เพชรรัตน์ (2527 : 46) กล่าวว่า ผลการเรียนรู้ด้านความรู้หมายถึง ผลที่เกิดขึ้นจากการเรียนการสอน การฝึกฝน หรือประสบการณ์ต่าง ๆ ทั้งที่โรงเรียน ที่บ้าน และสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ ที่ประกอบด้วยความสามารถทางสมอง ความรู้สึก ค่านิยม จริยธรรมต่าง ๆ

จากความหมายดังกล่าว สรุปได้ว่า ผลการเรียนรู้ด้านความรู้ หมายถึง ผลของความสามารถที่เกิดจากการเรียนการสอน การฝึกฝน หรือประสบการณ์ต่าง ๆ

5.2 พฤติกรรมการเรียนวิทยาศาสตร์ด้านความรู้

การที่จะทำให้เกิดผลการเรียนรู้ทางการเรียนได้นั้นต้องมีการกำหนดพฤติกรรมที่พึงประสงค์

เพื่อจะได้เป็นแนวทางและเป็นเกณฑ์ในการวัดผลการเรียนรู้ทางการเรียน ซึ่ง ญัฐพงษ์ เจริญพิทย์ (2542 : 46-49) กล่าวว่าในปัจจุบันวงการวิทยาศาสตร์ศึกษาได้มีการกำหนดพฤติกรรมการเรียนรู้ที่พึงประสงค์ของการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ซึ่งได้มาจากแนวคิดของคอปเฟอร์ (Klopfer) เพื่อเป็นแนวปฏิบัติในการพัฒนาหลักสูตร จัดประสบการณ์การเรียนรู้และวัดผลประเมินผล โดยมีรายละเอียดของพฤติกรรม แต่ละด้านดังนี้

1. ความรู้-ความจำ (Knowledge) หมายถึง ความสามารถในการระลึกถึงสิ่งที่เคยเรียนรู้เกี่ยวกับข้อเท็จจริง ข้อตกลง นิยาม ศัพท์ หลักการ กฎ ทฤษฎี หรือแนวความคิดที่สำคัญ ๆ ทางด้านวิทยาศาสตร์ซึ่งสามารถจำแนกได้ดังต่อไปนี้ คือ

- 1.1 ความรู้เกี่ยวกับความจริงเฉพาะอย่าง (Specific facts)
- 1.2 ความรู้เกี่ยวกับศัพท์และนิยามทางวิทยาศาสตร์ (Scientific terminologies)
- 1.3 ความรู้เกี่ยวกับความคิดรวบยอดทางวิทยาศาสตร์ (Concepts of science)
- 1.4 ความรู้เกี่ยวกับข้อตกลง (Conventions)
- 1.5 ความรู้เกี่ยวกับแนวโน้มและลำดับขั้น (Trend and sequences)
- 1.6 ความรู้เกี่ยวกับการจำแนก การจัดประเภทและเกณฑ์ (Classification , categories and criteria)
- 1.7 ความรู้เกี่ยวกับเทคนิคและวิธีดำเนินการทางวิทยาศาสตร์ (Scientific techniques and procedures)
- 1.8 ความรู้เกี่ยวกับหลักการ และกฎทางวิทยาศาสตร์ (Scientific principles and laws)
- 1.9 ความรู้เกี่ยวกับทฤษฎีต่าง ๆ หรือแนวคิดที่สำคัญ (Theories or Major conceptual schemes)

นักเรียนที่มีความสามารถในด้านนี้จะแสดงออกโดยสามารถให้คำจำกัดความหรือนิยาม เล่าเหตุการณ์ จดบันทึก เรียกชื่อ อ่านสัญลักษณ์ และระลึกถึงข้อสรุปได้

2. ความเข้าใจ (Comprehension) หมายถึง ความสามารถในการอธิบาย แปลความ ตีความ สร้างข้อสรุป ขยายความ หรือจำแนกความรู้ที่ได้เมื่อปรากฏอยู่ในรูปความรู้ใหม่ และความสามารถในการแปลความรู้จากสัญลักษณ์หนึ่งไปอีกสัญลักษณ์หนึ่ง ซึ่งเป็นพฤติกรรมการเรียนรู้ที่ลึกซึ้งกว่าความรู้ความจำ โดยสามารถจำแนกได้ดังต่อไปนี้ คือ

- 2.1 ความสามารถจำแนกความรู้ได้ เมื่อปรากฏอยู่ในรูปใหม่ (Identification of knowledge in a new context)
- 2.2 ความสามารถแปลความรู้จากสัญลักษณ์หนึ่งไปสู่อีกสัญลักษณ์หนึ่ง

(Transalation of knowledge from one symbolic form to another)

ผู้ที่มีพฤติกรรมในด้านนี้จะแสดงออกโดยสามารถเปรียบเทียบ แสดงความสัมพันธ์ อธิบาย ชี้แจง จัดหมวดหมู่ ยกตัวอย่าง ให้เหตุผล จับใจความ เขียนภาพประกอบ ตัดสินเลือก แสดงความคิดเห็น จัดเรียงลำดับ อ่านกราฟ และแผนภาพได้

3. กระบวนการเสาะแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Process of science inquiry) ประกอบด้วยพฤติกรรมย่อย ๆ คือ

3.1 การสังเกตและการวัด (Observing and measuring)

- สังเกตสิ่งของและปรากฏการณ์ต่าง ๆ
- การบรรยายสิ่งของที่สังเกตได้โดยใช้ภาษาที่เหมาะสม
- การวัดสิ่งของและการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ
- การเลือกเครื่องมือวัดที่เหมาะสม
- การประมาณค่าจากการวัดและการยอมรับขีดจำกัดของความถูกต้อง

3.2 การมองเห็นปัญหาและวิธีแก้ปัญหา (Seeing a problem and seeing ways to solve it)

- การมองเห็นปัญหา
- การตั้งสมมติฐาน
- การเลือกวิธีทดสอบสมมติฐาน
- การออกแบบกระบวนการทดลองที่เหมาะสม

3.3 การแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป (Interpreting data and formulating generalization)

- การจัดกระทำข้อมูลที่ได้จากการทดลอง
- การเสนอข้อมูลต่าง ๆ ในรูปของความสัมพันธ์แบบฟังก์ชัน
- การแปลความหมายข้อมูลที่ได้จากการทดลองและสังเกต
- การขยายความและการตีความ
- การประเมินสมมติฐานภายใต้ขอบเขตของข้อมูลที่ได้จากการทดลอง
- การสรุปความสัมพันธ์ที่พบ

3.4 การสร้าง การทดสอบ และการปรับปรุงแบบจำลองหรือทฤษฎีต่าง ๆ (Building , testing and revising a theoretical model)

- การยอมรับความต้องการในแบบจำลองทางทฤษฎี
- การสร้างแบบจำลองทางทฤษฎีเพื่อรับความรู้ใหม่

- การบอกความสัมพันธ์ที่สอดคล้องกับแบบจำลอง
- การอนุมานสมมติฐานใหม่จากแบบจำลองทางทฤษฎี
- การแปลความหมายและประเมินผลจากการทดสอบแบบจำลอง
- การสร้าง การปรับปรุง หรือขยายแบบจำลอง

4. การนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ (Application of scientific knowledge and skills) หมายถึง ความสามารถในการผสมผสานความรู้และนำกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หรือวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในการแก้ปัญหา กล่าวได้ว่าการนำความรู้ไปใช้เป็นพฤติกรรมที่ลึกซึ้งที่สุด เพราะการนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ได้นั้นจำเป็นต้องมีความรู้ ความเข้าใจ อย่างดีเสียก่อน ซึ่งสามารถจำแนกพฤติกรรมย่อย ๆ ได้ดังนี้

- 4.1 การนำความรู้ไปใช้ในการแก้ปัญหาใหม่ของวิทยาศาสตร์สาขาเดียวกัน
- 4.2 การนำความรู้ไปใช้ในการแก้ปัญหาใหม่ของวิทยาศาสตร์ต่างสาขากัน
- 4.3 การนำความรู้ไปใช้ในการแก้ปัญหาอื่น ๆ นอกจากวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

5.3 การสร้างเครื่องมือวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้

แบบทดสอบแบบปรนัยเลือกตอบ (Multiple choice type) ประกอบด้วยตัวคำถามส่วนหนึ่ง และตัวเลือกอีกส่วนหนึ่ง โดยกำหนดให้มีตัวเลือกหลายตัว ตัวเลือกที่เป็นคำตอบเรียกว่า ตัวเฉลยหรือ ตัวถูก ส่วนตัวเลือกที่ไม่ใช่คำตอบเรียกว่า ตัวลวง

การสร้างแบบทดสอบแบบปรนัยเลือกตอบควรคำนึงถึงหลักการต่อไปนี้ (ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์. 2542 : 16-21)

1. คำถามควรเป็นประโยคที่สมบูรณ์เพื่อความชัดเจนและสื่อความได้สมบูรณ์
2. หลีกเลี่ยงข้อความที่เป็นประโยคปฏิเสธโดยเฉพาะคำปฏิเสธซ้อนกัน 2 คำ แต่หากจำเป็น ควรขีดเส้นใต้คำปฏิเสธนั้นให้ชัดเจน
3. เน้นจุดที่ถามให้ชัดเจนเพื่อให้แบบทดสอบมีความเป็นปรนัย
4. คำถามควรสั้นและกระชับ แต่ได้ใจความและมีความหมาย
5. ตัวเลือกควรสั้นและกระชับ แต่ได้ใจความและมีความหมาย
6. ตัวเลือกควรมีความยาวเท่า ๆ กัน ถ้าตัวเลือกมีความยาวไม่เท่ากันก็ควรจัดเรียงให้สวยงาม
7. ตัวเลือกต้องไม่ถูกเด่นผิดโด่ง
8. คำถามต้องไม่ชี้แนะคำตอบ
9. ตัวเลือกต้องเป็นเอกพจน์
10. การใช้ตัวเลือกปลายปิดปลายเปิดว่า ถูกทุกข้อ ผิดทุกข้อ หรือสรุปแน่นอนไม่ได้ ต้องใช้อย่างระมัดระวัง

แบบทดสอบแบบอัตนัย เป็นแบบทดสอบที่เปิดโอกาสให้ผู้สอบตอบได้อย่างมีอิสระค่อนข้างมาก โดยสามารถจัดระบบและจัดลำดับความรู้ความคิดของตนแล้วเรียบเรียงเสนอในรูปแบบของการ เขียนตอบ

การสร้างแบบทดสอบแบบเขียนตอบมีหลักปฏิบัติที่สำคัญดังต่อไปนี้

(ณัฏฐพงษ์ เจริญพิทย. 2542 : 11)

1. ควรแจ้งผู้เรียนล่วงหน้าว่าจะใช้แบบทดสอบแบบเขียนตอบเพื่อประโยชน์ในการเตรียมตัว
2. ควรมีคำชี้แจงเพื่ออธิบายวิธีการตอบข้อสอบให้มีความชัดเจน เช่น จำนวนข้อ เวลาที่จะใช้ตอบ คะแนนเต็ม (ทั้งคะแนนรวมและคะแนนแต่ละข้อ) เป็นต้น
3. ควรถามในประเด็นที่สำคัญ มีความครอบคลุมวัตถุประสงค์และเนื้อหาสาระในวงกว้าง
4. ควรถามเพื่อวัดพฤติกรรมการเรียนระดับสูง เช่น การอภิปราย การวิจารณ์ การเสนอทฤษฎีหรือวิธีการ การสรุปสาระสำคัญ ฯลฯ
5. ไม่ควรให้มีการเลือกตอบเพียงบางข้อ เพราะจะทำให้วัดได้ไม่ครอบคลุมเนื้อหาและวัตถุประสงค์ และการแปลความหมายของคะแนนอาจขาดความสมบูรณ์

การตรวจให้คะแนนการสอบแบบเขียนตอบโดยทั่วไป

แต่เดิมการตรวจให้คะแนนแบบเขียนตอบกระทำโดยอัตวิสัยหรือตามอำเภอใจ กล่าวคือหลังจากกำหนดคะแนนเต็มของแต่ละข้อไว้แล้ว เช่น 10 คะแนน ก็พิจารณาให้คะแนนตามที่ “นึก” เอา เช่น ให้ 9 คะแนน , 5 คะแนน , 2 คะแนน ฯลฯ ซึ่งเป็นวิธีให้คะแนนที่มีจุดอ่อนและควรปรับปรุงให้ดีขึ้น วิธีหนึ่งที่น่าจะเหมาะสมก็คือ การกำหนดองค์ประกอบของการตอบ แล้วให้คะแนนแยกตามองค์ประกอบเหล่านั้น ตัวอย่างที่ง่ายต่อการปฏิบัติ เช่น จากคะแนนเต็ม 10 แยกพิจารณาเป็น 2 องค์ประกอบ คือ 1) ตอบถูกต้องตรงประเด็น มีคะแนนเต็ม 5 คะแนน และ 2) ตอบโดยมีการยกตัวอย่างและขยายรายละเอียด มีคะแนนเต็ม 5 คะแนน ซึ่งจากการกำหนดองค์ประกอบเช่นนี้ หากพัฒนาต่อไปโดยกำหนดเกณฑ์ขึ้นว่าในการตอบถูกต้องตรงประเด็น ซึ่งมีคะแนนเต็ม 5 นั้น จะให้ 5 , 4 , 3 , 2 , 1 และ 0 เมื่อคำตอบมีคุณภาพอย่างไร และการยกตัวอย่างและขยายรายละเอียดมีคะแนนเต็ม 5 จะให้ 5 , 4 , 3 , 2 , 1 และ 0 เมื่อคำตอบมีคุณภาพอย่างไร หากพัฒนาเช่นนี้การให้คะแนนก็จะได้รับการพัฒนาเป็นแบบรูปrik

(Rubric Scoring) ได้

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยศึกษาผลการเรียนรู้ด้านความรู้ของนักเรียนจากการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ ประกอบด้วยพฤติกรรม 4 ด้าน คือ 1) ความรู้ความจำ 2) ความเข้าใจ 3) กระบวนการเสาะแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และ 4) การนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ โดยใช้แบบทดสอบ

วัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้แบบปรนัย 4 ตัวเลือกและแบบทดสอบแบบอัตนัยเขียนตอบซึ่งมีเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูปรีด เป็นเครื่องมือที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

5.4 การวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้โดยใช้แผนที่ความคิด

1) ความหมายของแผนที่ความคิด

การวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้โดยใช้แผนที่ความคิดเป็นการนำเสนอสิ่งที่ได้เรียนรู้ ค้นคว้าจากแหล่งข้อมูลต่างๆ ในลักษณะความคิดแบบองค์รวม ซึ่งมีความหมายเช่นเดียวกับแผนภูมิโนทัศน์ แผนภูมิโมโนติ มโนภาพ ความคิดรวบยอด ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้คำว่า แผนที่ความคิด โดยมีผู้ให้ความหมายไว้ดังนี้

มนัส บุญประกอบ (2543 : 21-22) กล่าวว่า แผนที่ความคิด หมายถึง แผนภูมิหรือแผนภาพอย่างง่ายที่แสดงการเชื่อมโยงด้วยเส้นและคำ เพื่อแสดงความสัมพันธ์ระหว่างคำโนทัศน์ (Concepts) ระดับต่าง ๆ

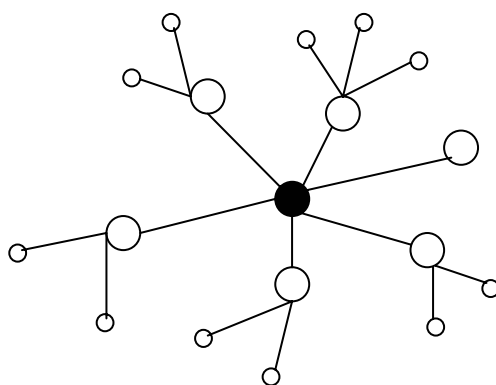
ชัยฤทธิ์ ศิลาเดช (2544 : 112) กล่าวว่า แผนที่ความคิด หมายถึง กระบวนการคิดในรูปแบบภาพความคิดที่มีหัวเรื่องที่จะคิดอยู่ตรงกลาง และมีความคิดในเรื่องย่อย รายละเอียดต่าง ๆ แตกสาขาออกไป ซึ่งจะช่วยให้การคิดคล่องขึ้นและมีความหมายมากยิ่งขึ้น

จากความหมายข้างต้น สรุปได้ว่า แผนที่ความคิด หมายถึง การสรุปสมบัติร่วมที่สำคัญของเหตุการณ์ วัตถุ สิ่งของ หรือความคิด โดยจัดกระทำในรูปแผนภาพ ที่เชื่อมโยงด้วยเส้นและคำ เพื่อแสดงความสัมพันธ์ของรายละเอียดต่าง ๆ

2) ประเภทของแผนที่ความคิด

แผนที่ความคิดจำแนกออกเป็น 5 ประเภท ดังนี้ (มนัส บุญประกอบ. 2543 : 23-24)

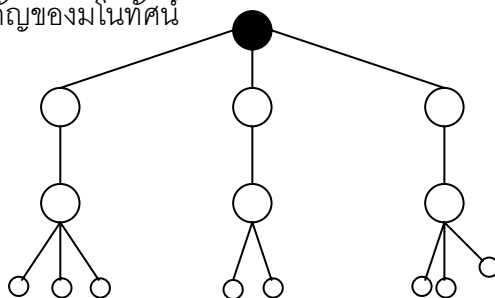
2.1 ชนิดกระจายออก มีลักษณะการเชื่อมโยงกระจายออกไปโดยรอบทิศจากจุดศูนย์กลางเพื่อเชื่อมต่อกับมโนทัศน์ย่อยอื่น



ภาพประกอบ 29 แสดงโครงสร้างของแผนที่ความคิดชนิดกระจายออก

ที่มา : มนัส บุญประกอบ. (2543). พฤติกรรมศาสตร์. : 23

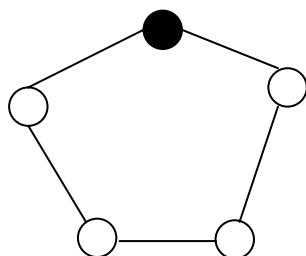
2.2 ชนิดปลายเปิด เป็นการเชื่อมโยงกลุ่มมโนทัศน์ต่าง ๆ ที่ลดหลั่นกันลงไปตามลำดับความสำคัญของมโนทัศน์



ภาพประกอบ 28 แสดงโครงสร้างแผนที่ความคิดชนิดปลายเปิด

ที่มา : มนัส บุญประกอบ. (2543). พฤติกรรมศาสตร์ : 23

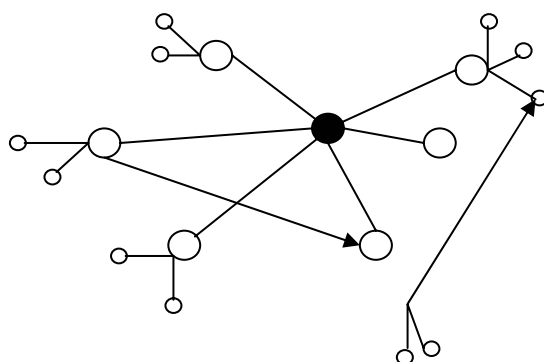
2.3 ชนิดปลายปิด มีลักษณะเป็นวงจรมีได้แก่ วัฏจักรของน้ำตามธรรมชาติ



ภาพประกอบ 29 แสดงโครงสร้างแผนที่ความคิดชนิดปลายปิด

ที่มา : มนัส บุญประกอบ. (2543). พฤติกรรมศาสตร์ : 23

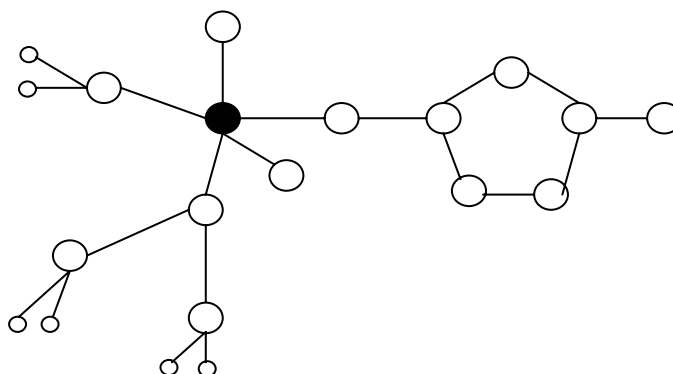
2.4 ชนิดเชื่อมโยงข้ามชุด เป็นการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างคำมโนทัศน์ซึ่งอยู่ต่างกลุ่มหรือต่างระดับกัน และมักใช้หัวลูกศรกำกับทิศทาง



ภาพประกอบ 30 แสดงโครงสร้างแผนที่ความคิดชนิดเชื่อมโยงข้ามชุด

ที่มา : มนัส บุญประกอบ. (2543). พฤติกรรมศาสตร์ : 24

2.5 ชนิดผสม เป็นแผนที่ความคิดที่นำแผนที่ความคิดลักษณะอื่นมาเขียนปนกัน มากกว่าหนึ่งรูปแบบ



ภาพประกอบ 31 แสดงโครงสร้างแผนที่ความคิดชนิดผสม

ที่มา : มนัส บุญประกอบ. (2543). พฤติกรรมศาสตร์ : 24

แผนที่ความคิดแต่ละประเภทจะมีข้อดีและข้อจำกัดแตกต่างกัน ดังนั้นในการสร้างแผนที่ความคิด สามารถสร้างโดยใช้ความคิดอย่างอิสระ ไม่มีรูปแบบที่แน่นอน ขึ้นอยู่กับการจัดลำดับมโนทัศน์ การใช้เส้นและคำเชื่อมที่แสดงถึงความสัมพันธ์ของเรื่องที่น่ามาสร้าง ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ ผู้เรียนสามารถทำแผนที่ความคิดในรูปแบบหนึ่งแบบใดได้ตามความเหมาะสมการจากเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ จบในแต่ละหน่วยการเรียนรู้

3) ประโยชน์ของแผนที่ความคิด

มนัส บุญประกอบ (2533 : 26-27) ได้กล่าวถึงประโยชน์ของแผนที่ความคิด ไว้หลายประการดังนี้

1. ใช้เพื่อการวางแผนเตรียมการ เช่น การจัดทำแผนหลักสูตร การเขียนตำราวิชาการ เนื่องจากแผนที่ความคิดและแสดงให้เห็นภาพรวมได้อย่างชัดเจนและรวดเร็ว แสดงให้เห็นลำดับความสัมพันธ์ที่ลดหลั่นกันลงมาของกลุ่มมโนทัศน์ที่ต้องการจะถ่ายทอดให้ทราบ และอาจแสดงความ

สัมพันธ์เชื่อมโยงข้ามชุดระหว่างมโนทัศน์ต่าง ๆ เหล่านั้น

2. ใช้เป็นเครื่องมือในการทำวิจัยทางศึกษา เช่น โจเซฟ ดี โนแวก และดี บ็อบ โกวิน ได้ใช้แผนภูมิมโนทัศน์เป็นเครื่องมือสำคัญเพื่อการศึกษาและวิจัยการเรียนรู้ในห้องเรียนของเด็กนักเรียนระดับชั้นอนุบาลถึงอุดมศึกษา

3. ใช้เป็นเสมือนแผนที่แสดงเส้นทางการเรียนรู้ในเรื่องใดเรื่องหนึ่ง

4. ใช้สรุปบทเรียนหรือสรุปความหมายเชิงมโนทัศน์ที่ได้รับจากการอ่านตำราเรียน บทความในหนังสือ วารสาร นิตยสารต่าง ๆ

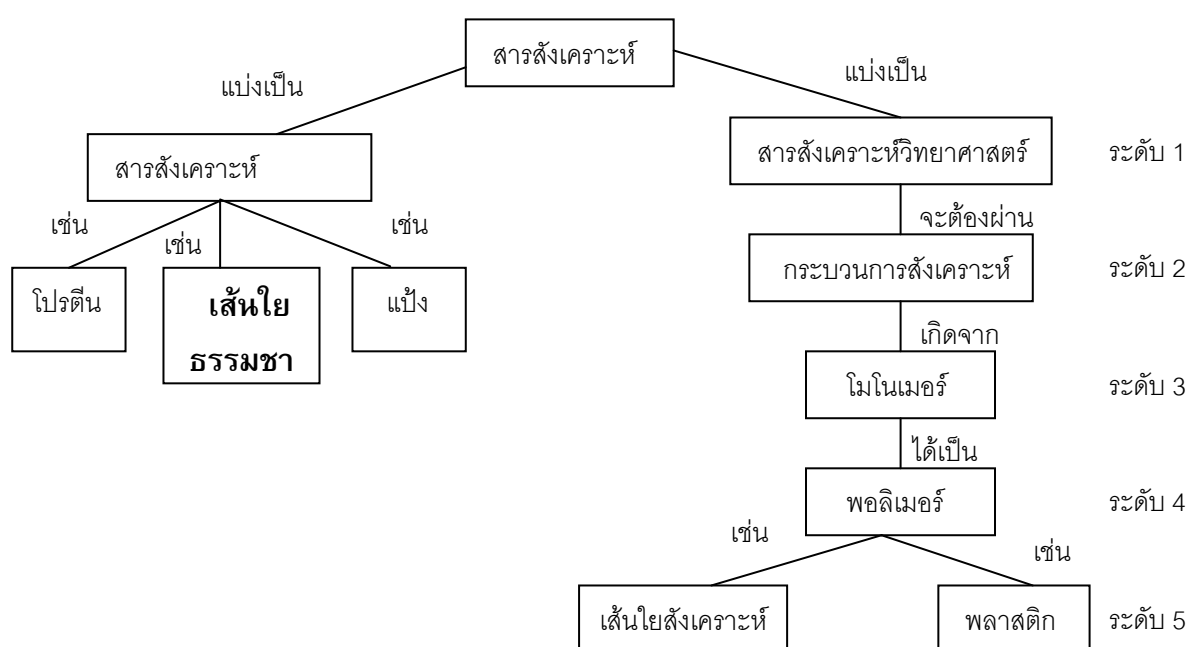
5. ใช้ประเมินผลหรือสำรวจความเข้าใจบทเรียนของนักเรียน โดยมีเกณฑ์การให้คะแนน

จะเห็นว่าแผนที่ความคิดมีบทบาทสำคัญต่อการเรียนรู้ของผู้เรียนครูผู้สอนสามารถประยุกต์ใช้แผนที่ความคิดในเรื่องการวางแผนเตรียมการสอน การประเมินผลหรือแม้แต่การทำวิจัยในชั้นเรียน เพื่อจะได้ทราบความก้าวหน้าการเรียนรู้ของผู้เรียนหรือปัญหาต่าง ๆ ในการเรียนการสอน

4) เกณฑ์การประเมินแผนที่ความคิด

แผนที่ความคิดที่นักเรียนสร้างขึ้นต้องมีเกณฑ์การให้คะแนนอย่างเป็นระบบ โดยพิจารณาจากลักษณะโครงสร้างของแผนที่ความคิดที่เขียนขึ้นมาอย่างถูกต้องและมีความหมายดังที่มนัส บุญประกอบ (2533 : 24) ได้เสนอแนวทางการให้คะแนนไว้ดังนี้

1. ข้อความความสัมพันธ์ระหว่างคำในทศน์ที่เชื่อมด้วยเส้นและคำเชื่อมมีความสัมพันธ์สมเหตุสมผลหรือไม่ ข้อความที่แสดงความสมเหตุสมผลให้คะแนนข้อความละ 1 คะแนน
2. ลำดับความสำคัญ แผนที่ความคิดที่สร้างได้แสดงลักษณะความสำคัญที่ลดหลั่นกันลงมาหรือไม่ ให้ลำดับละ 5 คะแนน แล้วนำมาคูณกับจำนวนลำดับที่นักเรียนสร้างขึ้น
3. การเชื่อมโยงข้ามชุด แผนที่ความคิดได้แสดงการเชื่อมโยงระหว่างสาขาของมโนทัศน์ที่แสดงความสัมพันธ์กันอย่างสมเหตุสมผล ให้ 10 คะแนน สำหรับการเชื่อมโยงระหว่างสาขาซึ่งสมเหตุสมผลแต่ละการเชื่อมโยง
4. ตัวอย่าง เหตุการณ์หรือสิ่งของเฉพาะ ซึ่งเป็นตัวอย่างที่อาจแสดงให้เห็นด้วยชื่อมโนทัศน์ให้ ตัวอย่างละ 1 คะแนน



ภาพประกอบ 32 แสดงการให้คะแนนแผนที่ความคิด

ที่มา : มนัส บุญประกอบ. (2533). สสวท : 28

การคิดคะแนน

1. ความสัมพันธ์ (ข้อความ)	=	1 x 5	=	5 คะแนน
2. ลำดับความสำคัญ	=	5 x 4	=	20 คะแนน
3. การเชื่อมโยงข้ามชุด	=	10 x 3	=	30 คะแนน
4. ตัวอย่าง	=	1 x 5	=	5 คะแนน
รวมคะแนน				60 คะแนน

การประเมินแผนที่ความคิด ผู้ประเมินจะต้องกำหนดแนวทางการประเมินที่ชัดเจน ซึ่งนอกจากการประเมินตามลักษณะโครงสร้างดังกล่าวข้างต้น อีกแนวทางหนึ่งที่น่าสนใจในการประเมินผลงานก็คือ การให้คะแนนแบบรูบริก (Rubric) ซึ่งมีผู้ให้ความหมายไว้ดังนี้

ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์. (2542 : 205) กล่าวว่า การกำหนดคะแนนแบบรูบริกมีความคล้ายคลึงกับการกำหนดคะแนนแบบมาตราส่วนประมาณค่า ซึ่งก็คือ มีการตีค่าคะแนนเป็นระดับคุณภาพ และใช้การแจกแจงคุณภาพด้วยเกณฑ์เชิงพรรณนา โดยระบุเงื่อนไขกำกับคุณภาพของคะแนนแต่ละระดับ

ชัยฤทธิ์ ศิลาเดช (2544 : 29) กล่าวว่า การให้คะแนนของรูบริก เป็นการตอบคำถามว่านักเรียนทำอะไรได้สำเร็จ มีระดับความสำเร็จในขั้นต่าง ๆ กัน หรือมีผลงานอย่างไร

จากความหมายดังกล่าว สรุปได้ว่า การให้คะแนนแบบรูบริก (Rubric) หมายถึง การกำหนดเกณฑ์ในการให้คะแนนที่ประกอบด้วยการประเมิน หรือเกณฑ์ที่ใช้พิจารณาประเมินชิ้นงาน และคำอธิบายคุณภาพของรายการที่ประเมินในแต่ละระดับคุณภาพ

แนวทางการสร้างรูบริก

การประเมินผลตามสภาพจริงจะอิงการปฏิบัติมากขึ้น จึงมีความจำเป็นต้องพัฒนาเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริก เพื่อให้มีความสัมพันธ์กับการเรียนรู้มากขึ้น ซึ่งแนวทางในการสร้างรูบริกประกอบด้วย 2 ขั้นตอน ดังนี้ (ชัยฤทธิ์ ศิลาเดช. 2544 : 88-89)

ขั้นตอนที่ 1 กำหนดรายการประเมิน

การกำหนดรายการประเมิน มีวิธีการกำหนดตามลักษณะการประเมิน ดังนี้

1.1 การประเมินชิ้นงาน นำคุณลักษณะที่สำคัญของชิ้นงานมากำหนดรายการประเมิน ซึ่งควรกำหนดให้สอดคล้องเหมาะสมกับผลงาน เช่น ความสวยงาม ขนาดรูปร่างที่เหมาะสม ละเอียดรอบคอบ ความสะอาด เป็นต้น

1.2 นำลักษณะที่สำคัญที่คัดเลือกไว้มาจัดลำดับความสำคัญ

1.3 คัดเลือกรายการที่สำคัญ สามารถวัดได้และสังเกตได้อย่างชัดเจนเท่านั้น รายการใดที่ซ้ำซ้อนควรตัดออก รายการใดที่สำคัญมากแต่วัดยาก สังเกตยาก ควรปรับหรือเขียนใหม่ให้เข้าใจได้ตรงกัน

1.4 นำรายการที่คัดเลือกไว้มากำหนดเป็นรายการประเมินของรูปรีด

ขั้นตอนที่ 2 กำหนดระดับคุณภาพของรายการที่จะใช้เป็นเกณฑ์ในการประเมิน

การกำหนดระดับคุณภาพของรายการประเมิน จะกำหนดในลักษณะมาตรฐานจัดอันดับคุณภาพ (Rating Scale) มีแนวทางดังนี้

2.1 กำหนดระดับคุณภาพ ซึ่งการกำหนดระดับคุณภาพจะใช้ที่ระดับขึ้นอยู่กับเนื้อหา ระดับชั้นของผู้เรียน และความละเอียดในการประเมิน เช่น ถ้ากำหนดระดับคุณภาพ 3 ระดับ ก็อาจกำหนดเป็น “ดี” , “พอใช้” , “ปรับปรุง” เป็นต้น

2.2 บรรยายค่าคุณภาพของรายการประเมินแต่ละรายการทุกระดับคุณภาพ การบรรยายค่าคุณภาพของรายการประเมินแต่ละรายการนั้น มักจะเริ่มต้นจากระดับคุณภาพสูงสุดก่อน โดยการหาตัวบ่งชี้หลักที่ชี้คุณภาพของรายการประเมิน จากนั้นจึงนำมาเขียนอธิบายคุณภาพ อาจเขียนเป็นข้อหรือบรรยายก็ได้ เมื่อเขียนบรรยายคุณภาพระดับสูงสุดแล้ว จึงเขียนบรรยายคุณภาพระดับรองลงมาโดยระบุถึงข้อบกพร่องตามตัวบ่งชี้ที่ได้กำหนดไว้ในระดับคุณภาพสูงสุด

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้วัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้โดยใช้แผนที่ความคิดของนักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ ซึ่งการประเมินประกอบด้วยเกณฑ์ด้านเนื้อหา ด้านคุณลักษณะของแผนที่ความคิด ด้านคุณภาพผลงาน และด้านการค้นคว้าเพิ่มเติม วัดโดยใช้แบบประเมินที่มีเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูปรีดเป็น 5 ระดับ ได้แก่ 5 4 3 2 และ 1 หมายถึง ดีมาก ดี ปานกลาง พอใช้ และปรับปรุง ตามลำดับ ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

5.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลการเรียนรู้ด้านความรู้

งานวิจัยในประเทศ

รุ่งโรจน์ แก้วอุไร (2543 : 138 – 140) ได้พัฒนาระบบการเรียนการสอนผ่านเครือข่ายใยแมงมุม พบว่า การพัฒนาระบบการเรียนการสอนผ่านเครือข่ายใยแมงมุมได้องค์ประกอบระบบตามแนวคิดของการพัฒนาระบบการเรียนการสอน 5 ขั้นตอน คือ 1) ขั้นการวิเคราะห์ ประกอบด้วย การวิเคราะห์ปัญหาและความต้องการ วิเคราะห์เนื้อหาและรายวิชา วิเคราะห์ผู้เรียน วิเคราะห์ผู้สอน วิเคราะห์สภาพแวดล้อมทางการเรียน วิเคราะห์งานและกิจกรรม 2) ขั้นตอนการออกแบบ ประกอบด้วย การกำหนดวัตถุประสงค์การเรียนรู้ การเลือกเนื้อหาวิชา การเลือกสื่อและกิจกรรมการเรียนรู้ 3) ขั้นการพัฒนาประกอบด้วย การกำหนดรายละเอียดของกิจกรรมการพัฒนาแบบวัด

และวิธีการประเมินผล 4) ขั้นนำไปใช้ประกอบด้วย การนำแผนการดำเนินการสอนมาใช้ การดำเนินการสอน 5) ขั้นการควบคุม ประกอบด้วย การประเมินผลการเรียน การประเมินผลระบบผลของการศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนิสิตที่เรียนผ่านเครือข่ายใยแมงมุมกับนิสิตที่เรียนตามปกติ พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนิสิตที่เรียนผ่านเครือข่ายใยแมงมุมสูงกว่านิสิตที่เรียนโดยวิธีปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 นิสิตที่เรียนผ่านกระบวนการเรียนการสอนผ่านเครือข่ายใยแมงมุม มีเจตคติที่ดีต่อการเรียนการสอนผ่านเครือข่ายใยแมงมุมอยู่ในระดับมาก

ธัญลักษณ์ คงกระเรียน (2544 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนโดยใช้ไฮเปอร์เท็กซ์วิชาคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศพื้นฐานระดับมัธยมศึกษาตอนต้น จากการศึกษพบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศพื้นฐานระดับมัธยมศึกษาตอนต้นหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.01 และนักเรียนมีเจตคติที่ดีต่อวิชาคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศพื้นฐานระดับมัธยมศึกษาตอนต้น แสดงว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนโดยใช้ไฮเปอร์เท็กซ์ สามารถใช้เป็นเครื่องมือในการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้

สมพร สุขะ (2545 : บทคัดย่อ) ได้พัฒนารูปแบบของเว็บเพจเพื่อการเรียนรู้ด้วยตนเองผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต มีวัตถุประสงค์ 4 ประการ คือ 1) เพื่อพัฒนารูปแบบของเว็บเพจเพื่อการเรียนรู้ด้วยตนเองผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต 2) เพื่อศึกษาความคิดเห็นของนิสิตที่มีต่อรูปแบบเว็บเพจเพื่อการเรียนรู้ด้วยตนเอง 3) เพื่อศึกษาความต้องการในการเรียนรู้เนื้อหาจากเว็บเพจผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต และ 4) เพื่อเปรียบเทียบผลการทดสอบความรู้ก่อนเรียนและหลังเรียนของนิสิตที่เรียนรู้ด้วยตนเองจากเว็บเพจผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ผลการวิจัยพบว่า รูปแบบของเว็บเพจที่พัฒนาขึ้นใน 6 ด้าน ได้แก่ การนำเสนอเนื้อหา ,สื่อมัลติมีเดีย ,การโต้ตอบกับผู้ใช้ ,ระบบการนำทาง ,ภาพประกอบ และส่วนสนับสนุนการใช้งาน มีความเหมาะสมในการเรียนรู้ด้วยตนเองผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ความต้องการในการเรียนรู้เนื้อหาจากเว็บเพจผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตของนิสิตพันธุ์กรรมมนุษย์, ผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้คอมพิวเตอร์ , แนะนำวิธีคลาดเครียด , โทรศัพท์ฟรีผ่านอินเทอร์เน็ต , วิธีเรียนให้ประสบผลสำเร็จ และเส้นทางรถเมล์ไปมหาวิทยาลัยใน กทม. ซึ่งผลการทดสอบความรู้ของนิสิตหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ทิภากร สาลิกา (2546 : บทคัดย่อ) ได้พัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง ฟิสิกส์นิวเคลียร์เบื้องต้น มีจุดมุ่งหมาย 3 ประการ คือ 1) เพื่อพัฒนาและหาประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนรู้ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่องฟิสิกส์นิวเคลียร์เบื้องต้นให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 2) เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต 3) เพื่อศึกษาเจตคติต่อกิจกรรมการเรียนรู้ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตจาก

การศึกษาพบว่า กิจกรรมการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ 80/80 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติต่อกิจกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

จตุรรัตน์ พันธุ์คงอดีศักดิ์ (2546 : บทคัดย่อ) ได้พัฒนาเว็บเพจเพื่อการศึกษา เรื่อง ทฤษฎีอะตอมและคุณสมบัติของสาร ผลการวิจัยพบว่า เว็บเพจเพื่อการศึกษาที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพ 70.55/72.891 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด และเมื่อนำไปทดลอง พบว่า นักเรียนมีผลการเรียนรู้ด้านความรู้หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน โดยผลการเรียนรู้ด้านความรู้หลังเรียนได้คะแนนร้อยละ 77.55 ซึ่งสูงกว่าระดับดี มีเจตคติต่อการเรียนด้วยเว็บเพจเพื่อการศึกษาไม่ถึงระดับดี และมีความสามารถในการนำเสนอผลงานทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าระดับดี

งานวิจัยต่างประเทศ

ฟอลด์ไซน์ (ศุภลักษณ์ ทองสนธิ 2536 : 49 ; อ้างอิงจาก Feldsine. 1988) ทำการวิจัยเรื่อง การสร้างแผนผังมโนทัศน์ที่ช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้วิชาเคมีทั่วไป โดยใช้วิธีการวิจัยแบบกรณีศึกษากลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนจำนวน 4 คน จากวิทยาลัยบรูม (Broom) ในรัฐนิวเจอร์ซีย์ การวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ของการใช้แผนผังมโนทัศน์ไปใช้เพื่อพัฒนาการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของมโนทัศน์ที่เรียน การวิจัยเริ่มโดยการให้แนวทางในการสร้างแผนผังมโนทัศน์แก่นักเรียน แล้วจัดให้นักเรียนสร้างแผนผังมโนทัศน์จากบทเรียนและเพิ่มความซับซ้อนขึ้น จนกระทั่งให้นักเรียนสร้างขึ้นจากการสัมภาษณ์นักเรียน และคะแนนผลการสอบของนักเรียน พบว่า การสร้างแผนผังมโนทัศน์สามารถนำมาใช้ในวิชาเคมี ทำให้ครูทราบว่านักเรียนเกิดความเข้าใจบทเรียนและทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจที่สมบูรณ์ จึงสามารถใช้แผนผังมโนทัศน์เป็นเครื่องมือประเมินได้อย่างดี

พอล (Paul. 1999) ได้จัดทำโครงการพัฒนาเว็บไซต์สำหรับครูคณิตศาสตร์ โดยใช้ทดลองโครงการกับโรงเรียนนำร่องในเวลา 1 ภาคเรียน (16 สัปดาห์) กับครูคณิตศาสตร์ในโรงเรียน High School 4 โรงเรียน และ Middle School 4 โรงเรียน สรุปผลของโครงการได้ว่า ครูเห็นว่าส่วนดีเว็บไซต์ที่พัฒนาขึ้น มีดังนี้ 1) ให้โอกาสสำหรับการโต้ตอบและการมีส่วนร่วม 2) ใช้เวลาในการเรียนสั้นลง และมีเครื่องมือในการประเมินผล 3) ครูสามารถแนะนำข้อมูลได้ จากผลการทดลองแสดงว่าเว็บไซต์มีการจัดสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ที่เป็นพลวัต

เบรน (Brain. 2000) ได้ศึกษาความแตกต่างของนักศึกษาที่เรียนในวิทยาลัยกับไม่ได้เรียนในวิทยาลัย ในการมีส่วนร่วมในการแก้ปัญหาผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต โดยเปรียบเทียบระดับของการสื่อสารและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยแบ่งกลุ่มตัวอย่างจำนวน 18 คนออกเป็น 4 กลุ่ม กลุ่มละ 4 คนจำนวน 2 กลุ่ม และกลุ่มละ 5 คน จำนวน 2 กลุ่ม กลุ่มตัวอย่างในแต่ละกลุ่มจะมีลักษณะแตกต่างกัน ในระยะเวลา 11 สัปดาห์ที่แต่ละกลุ่มได้รับมอบหมายภาระกิจให้แก้ปัญหา ซึ่ง

ภาระกิจเหล่านี้เน้นการร่วมมือของนักศึกษาผ่านทางเครือข่ายอินเทอร์เน็ต โดยให้มีส่วนร่วมคิดค้น ร่วมแสดงความคิดเห็น เสนอกลยุทธ์วิธีการแก้ปัญหา สรุปและรายงานสิ่งที่กลุ่มค้นพบผ่านทาง เครือข่ายอินเทอร์เน็ตเท่านั้น ผลการวิจัยสรุปได้ว่าจำนวนและระดับการสื่อสารระหว่างกลุ่มเป็น องค์ประกอบสำคัญที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและระดับการสื่อสารของนักศึกษา ซึ่ง เกี่ยวข้องกับการเรียนในวิทยาลัยหรือการไม่ได้เรียนในวิทยาลัย

โรนัลด์ (Ronald. 2001 : 356-360) ได้ทำการศึกษาการเรียนฟิสิกส์ด้วยตัวเองผ่านทาง อินเทอร์เน็ตในเนื้อหาเรื่องการเคลื่อนที่ แบ่งเป็นกลุ่มใหญ่ได้ดังนี้ การเคลื่อนที่ 1 มิติ การเคลื่อนที่ 2 มิติ แรงที่กระทำต่ออนุภาคที่หยุดนิ่ง และเวกเตอร์ โดยการเริ่มส่งการบ้านเป็นพวกคำถาม แบบทดสอบ ให้นักเรียนในชั้นเรียนและให้นักเรียนทำการบ้านและส่งทางอินเทอร์เน็ต พบว่านักเรียน 40% -45% ของนักเรียนทั้งชั้นให้ความร่วมมือและในปี 2000 ได้ทดลองสอนกับนักเรียนประมาณ 100 คน โดยไม่ได้สอนในชั้นเรียนเลย และได้ประเมินการสอนโดยใช้เครื่องมือที่ใช้ในการประเมิน เรื่องการเคลื่อนที่ระดับชาติ ได้แก่ การทดสอบความเข้าใจเกี่ยวกับการเคลื่อนที่และกราฟ แรง และ พื้นฐานทางกลศาสตร์ ผลการทดสอบพบว่านักเรียนที่เรียนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตมีคะแนนเฉลี่ย สูงกว่าคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนทั่วไป

จากการศึกษางานวิจัยดังกล่าว สรุปได้ว่า การใช้เครือข่ายอินเทอร์เน็ตมาช่วยในการเรียน การสอนจะให้นักเรียนมีผลการเรียนรู้สูงกว่าการเรียนแบบปกติ และนักเรียนยังสามารถที่จะเรียน ด้วยตนเองนอกเวลาเรียนได้อีกด้วย

6. ผลการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

6.1 ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

นักการศึกษาได้ให้ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไว้หลายท่าน ดังนี้

ภพ เลหาไพบูลย์ (2537 : 14) กล่าวว่า พฤติกรรมที่เกิดขึ้นจากการปฏิบัติและฝึกฝน ความคิดอย่างเป็นระบบในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เช่น ฝึกการสังเกต การวัด การตีความหมายข้อมูล การลงข้อสรุป และการทดลอง

วรรณทิพา รอดแรงคำ และพิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์. (2542 : 6) ได้ให้ความหมายของ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ว่าหมายถึง ความชำนาญในการใช้ความคิด ทั้งคิดขั้นพื้นฐาน และคิดขั้นสูงในการแสวงหาความรู้และการแก้ปัญหา รวมทั้งสร้างสิ่งใหม่แบ่งเป็น 13 ทักษะ คือ การสังเกต การลงความคิดเห็นจากข้อมูล การจำแนกประเภท การวัด การใช้ตัวเลข การสื่อ ความหมาย การพยากรณ์ การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปกกับเวลา การกำหนดและควบคุม

ตัวแปร การตั้งสมมติฐาน การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปร การทดลอง การตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป

จิรพรรณ ทะเขียว (2543 : 9) ได้ให้ความหมายทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ว่า หมายถึง ความสามารถในการเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ โดยผ่านการปฏิบัติและฝึกฝนอย่างมีระบบจนเกิดความคล่องแคล่วชำนาญ สามารถเลือกใช้กิจกรรมต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม

สรศักดิ์ เพรดำ (2544 : 22) ได้กล่าวว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ต่าง ๆ ได้แก่ การสังเกต การลงความคิดเห็นจากข้อมูล การจำแนกประเภท การวัด การใช้ตัวเลข การสื่อความหมาย การพยากรณ์ การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปกกับเวลา การกำหนดและควบคุมตัวแปร การตั้งสมมติฐาน การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปร การทดลอง การตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป ได้อย่างคล่องแคล่วถูกต้องและแม่นยำ เพื่อการเสาะแสวงหาความรู้หรือแก้ปัญหาอันเกิดจากการปฏิบัติและฝึกฝนความนึกคิดอย่างเป็นระบบ

จากความหมายข้างต้น สรุปได้ว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ โดยผ่านพฤติกรรมที่เกิดจากการปฏิบัติและฝึกฝนความคิดอย่างเป็นระบบจนเกิดความคล่องแคล่วและชำนาญ

6.2 ประเภทของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

สมาคมอเมริกันเพื่อความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ (American Association for the Advancement) โดยมีคณะกรรมการสาขาวิทยาศาสตร์ ได้กำหนดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไว้ 13 ทักษะ ประกอบด้วยทักษะขั้นพื้นฐาน (Basic science process skills) 8 ทักษะ และทักษะขั้นบูรณาการขั้นผสม (Intergrated science Process skills) 5 ทักษะ (สมจิต สวชนไพบูลย์ (2526 : 64-73) , วรรณทิพา รอดแรงคำและจิต นวนแก้ว (2532 : 5-8) , ภพ เลหาไพบูลย์. 2537 : 14-29 ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. ทักษะการสังเกต (Observation) หมายถึง ความสามารถในการใช้ประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือหลายอย่างรวมกัน ได้แก่ ตา หู จมูก ลิ้น และผิวหนัง เข้าไปสัมผัสโดยตรงกับวัตถุหรือเป็นปรากฏการณ์ต่าง ๆ โดยไม่ลงความคิดเห็นของผู้สังเกตลงไปด้วย ข้อมูลที่ได้จากการสังเกตมี 3 ประเภท คือ

1.1 ข้อมูลเชิงคุณภาพ เป็นข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับลักษณะและคุณสมบัติของสิ่งที่สังเกตเกี่ยวกับรูปร่าง กลิ่น รส เสียง การสัมผัส ซึ่งเป็นลักษณะหรือคุณสมบัติที่ยังไม่สามารถระบุออกมาเป็นตัวเลขแสดงปริมาณพร้อมหน่วยวัดมาตรฐานได้

1.2 ข้อมูลเชิงปริมาณ เป็นข้อมูลที่บอกรายละเอียดเกี่ยวกับปริมาณ เช่น มวล ขนาด อุณหภูมิ เป็นต้น อาจบอกโดยการกะประมาณและบอกหน่วยมาตรฐานไว้

1.3 ข้อมูลเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลง เป็นข้อมูลที่ได้จากการสังเกตการปฏิสัมพันธ์ของสิ่งนั้นกับสิ่งอื่น เช่น เมื่อมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งอื่นดังกล่าว จะช่วยให้การสังเกตครอบคลุมข้อมูลได้กว้างขวางยิ่งขึ้น

ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะแล้ว คือ

1) ชี้บ่งและบรรยายสมบัติของวัตถุได้ โดยการใช้ประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง

2) บรรยายสมบัติเชิงปริมาณของวัตถุได้ โดยการกะประมาณ

3) บรรยายการเปลี่ยนแปลงของสิ่งที่สังเกตได้

2. ทักษะการวัด หมายถึง ความสามารถในการใช้เครื่องมือวัดหาปริมาณของสิ่งต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้อง ความสามารถในการเลือกใช้เครื่องมืออย่างเหมาะสมกับสิ่งที่จะวัด และความสามารถในการอ่านค่าที่ได้จากการวัดได้ถูกต้องรวดเร็วและใกล้เคียงกับความเป็นจริง พร้อมทั้งมีหน่วยกำกับเสมอ

ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะแล้ว คือ

1) เลือกเครื่องมือได้เหมาะสมกับสิ่งที่วัด

2) บอกเหตุผลในการเลือกเครื่องมือวัดได้

3) บอกวิธีวัดและวิธีใช้เครื่องมือวัดได้ถูกต้อง

4) ทำการวัดความกว้าง ความยาว ความสูง อุณหภูมิ ปริมาณน้ำหนักและอื่น ๆ ได้ถูกต้อง

3. ทักษะการคำนวณ หมายถึง ความสามารถในการบวก ลบ คูณ หาร หรือจัดกระทำกับตัวเลขที่แสดงค่าปริมาณของสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ซึ่งได้จากการสังเกต การวัด การทดลองโดยตรงหรือจากแหล่งอื่น ตัวเลขที่นำมาคำนวณนั้นต้องแสดงค่าปริมาณในหน่วยเดียวกัน ตัวเลขใหม่ที่ได้จากการคำนวณจะช่วยให้สื่อความหมายได้ตรงตามที่ต้องการและชัดเจนยิ่งขึ้น

ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะแล้ว คือ

1) แปรความหมายของจำนวนต่าง ๆ ได้ถูกต้อง

2) เลือกวิธีที่ใช้ในการคำนวณได้ถูกต้อง

3) แสดงวิธีการคำนวณได้ถูกต้อง

4) คำนวณผลลัพธ์ได้ถูกต้อง

5) บอกหน่วยได้ถูกต้อง

4. ทักษะการจำแนกประเภท หมายถึง ความสามารถในการจัดจำแนกหรือเรียงลำดับวัตถุ หรือสิ่งที่อยู่ในปรากฏการณ์ต่าง ๆ ออกเป็นหมวดหมู่ โดยมีเกณฑ์ในการจัดจำแนก เกณฑ์ดังกล่าวอาจใช้ความเหมือน ความแตกต่าง หรือความสัมพันธ์อย่างใดอย่างหนึ่งก็ได้ โดยจัดสิ่งที่มีสมบัติบางประการร่วมกันให้อยู่ในกลุ่มเดียวกัน

ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะแล้ว คือ

- 1) เรียงลำดับหรือแบ่งพวกสิ่งต่าง ๆ จากเกณฑ์ที่ผู้อื่นกำหนดให้ได้
- 2) เรียงลำดับหรือแบ่งพวกสิ่งต่าง ๆ โดยใช้เกณฑ์ของตนเองได้
- 3) เรียงลำดับหรือแบ่งพวกได้

5. ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปกกับสเปสและสเปสกับเวลา หมายถึง ความสามารถในการระบุความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งต่อไปนี้ คือ (1) ความสัมพันธ์ระหว่าง 2 มิติกับ 3 มิติ (2) สิ่งที่อยู่หน้ากระจกเงากับภาพที่ปรากฏในกระจกเงาจะเป็นซ้ายขวาของกันและกันอย่างไร (3) ตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุหนึ่งกับอีกวัตถุหนึ่ง (4) การเปลี่ยนแปลงตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุกับเวลา หรือ สเปสของวัตถุที่เปลี่ยนแปลงไปกับเวลา

ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะแล้ว คือ

- 1) ชี้บ่งรูป 2 มิติ จากวัตถุ/รูป 3 มิติ ที่กำหนดให้ได้
- 2) วาดรูป 2 มิติจากวัตถุหรือรูป 3 มิติ
- 3) บอกชื่อของรูปและรูปทรงทางเรขาคณิตได้
- 4) บอกความสัมพันธ์ระหว่าง 2 มิติ กับ 3 มิติได้
- 5) บอกได้ว่าวัตถุหนึ่งอยู่ในตำแหน่งหรือทิศใดของอีกวัตถุหนึ่งได้
- 6) บอกความสัมพันธ์ของสิ่งที่อยู่หน้ากระจกและภาพประกอบปรากฏในกระจกว่าเป็นซ้ายหรือขวาของกันและกันได้
- 7) บอกความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุกับเวลาได้
- 8) บอกความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงขนาดหรือปริมาณสิ่งต่าง ๆ กับเวลาได้

6. ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล หมายถึง ความสามารถในการนำข้อมูลที่ได้จากการสังเกต การวัด การทดลอง และจากแหล่งอื่นมาจัดกระทำเสียใหม่โดยวิธีการต่าง ๆ เช่น การจัดเรียงลำดับ จัดแยกประเภท หรือคำนวณหาค่าใหม่ เพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจความหมายของข้อมูลชุดนั้นดีขึ้น โดยอาจนำเสนอในรูปของตาราง แผนภูมิ แผนภาพ กราฟ สมการ เขียนบรรยาย เป็นต้น

ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะแล้ว คือ

- 1) เลือกรูปแบบที่จะใช้ในการเสนอข้อมูลได้เหมาะสม

- 2) บอกเหตุผลในการเลือกรูปแบบที่จะใช้ในการเสนอข้อมูล
- 3) ออกแบบการเสนอข้อมูลตามรูปแบบที่เลือกไว้ได้
- 4) เปลี่ยนแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบที่เข้าใจดีขึ้น
- 5) บรรยายลักษณะของสิ่งใดสิ่งหนึ่งด้วยข้อความที่เหมาะสมสื่อความหมายให้ผู้อื่นเข้าใจได้

7. ทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูล หมายถึง ความสามารถในการอธิบายข้อมูลที่มีอยู่อย่างมีเหตุผลโดยอาศัยความรู้หรือประสบการณ์เดิมมาช่วย ข้อมูลที่มีอาจได้มาจากการสังเกต การวัด หรือการทดลอง คำอธิบายนั้นเป็นสิ่งที่ได้จากความรู้หรือประสบการณ์เดิมของผู้สังเกตที่พยายามโยงบางส่วนของความรู้หรือประสบการณ์เดิมให้มาสัมพันธ์กับข้อมูลที่ตนเองมีอยู่

ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะแล้ว คือ

อธิบายหรือสรุปโดยเพิ่มความคิดเห็นให้กับข้อมูลที่ได้จากการสังเกตโดยใช้ความรู้หรือประสบการณ์เดิมมาช่วย

8. ทักษะการพยากรณ์ หมายถึง ความสามารถในการทำนายหรือคาดคะเนสิ่งที่จะเกิดขึ้นล่วงหน้า โดยอาศัยการสังเกตปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น ๆ หรือความรู้ที่เป็นหลักการ กฎ หรือทฤษฎีในเรื่องนั้นมาช่วยในการทำนาย การทำนายอาจทำได้ภายในขอบเขตของข้อมูล และภายนอกขอบเขตข้อมูล

ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะแล้ว คือ

- 1) ทำนายผลที่จะเกิดขึ้นจากข้อมูลที่เป็นหลักการ กฎ หรือทฤษฎีที่มีอยู่ได้
- 2) ทำนายผลที่จะเกิดขึ้นภายในขอบเขตของข้อมูลเชิงปริมาณที่มีอยู่ได้
- 3) ทำนายผลที่จะเกิดขึ้นภายนอกขอบเขตของข้อมูลเชิงปริมาณที่มีอยู่ได้

9. ทักษะการตั้งสมมติฐาน หมายถึง ความสามารถในการให้คำอธิบายซึ่งเป็นคำตอบล่วงหน้าก่อนที่จะดำเนินการทดลอง เพื่อตรวจสอบความถูกต้องเป็นจริงในเรื่องนั้น ๆ ต่อไป

ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะแล้ว คือ

หาคำตอบล่วงหน้าก่อนการทดลอง โดยอาศัยการสังเกตความรู้และประสบการณ์เดิม

10. ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ หมายถึง ความสามารถในการกำหนดความหมายและขอบเขตของคำ หรือตัวแปรต่าง ๆ ให้เข้าใจตรงกันและสามารถสังเกตได้และวัดได้

ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะแล้ว คือ

กำหนดความหมายและขอบเขตของคำหรือตัวแปรต่าง ๆ ให้สังเกตได้และวัดได้

11. ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร หมายถึง ความสามารถในการชี้แจงตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ต้องควบคุมในสมมติฐานหนึ่ง การควบคุมตัวแปรนั้นเป็นการควบคุมสิ่งอื่น ๆ นอกเหนือจากตัวแปรต้นที่จะทำให้ผลการทดลองคลาดเคลื่อนถ้าหากว่าไม่ควบคุมให้เหมือนกัน

ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะแล้ว คือ

ชี้แจงและกำหนดตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ต้องควบคุมได้

12. ทักษะการทดลอง หมายถึง ความสามารถในการดำเนินการตรวจสอบสมมติฐานโดยการทดลอง โดยเริ่มตั้งแต่การออกแบบการทดลอง การปฏิบัติการทดลองตามขั้นตอนที่ออกแบบไว้ ตลอดจนการใช้วัสดุอุปกรณ์ได้อย่างถูกต้อง และการบันทึกผลการทดลอง

ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะแล้ว คือ

1) ออกแบบการทดลองโดย

1.1 กำหนดวิธีการทดลองได้และใช้อุปกรณ์ได้ถูกต้องเหมาะสมโดยคำนึงถึงตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ต้องควบคุมด้วย

1.2 ระบุอุปกรณ์หรือสารเคมีซึ่งจะต้องใช้ในการทดลองได้

2) ปฏิบัติการทดลองและใช้อุปกรณ์ได้ถูกต้องและเหมาะสม

3) บันทึกผลการทดลองได้คล่องแคล่วและถูกต้อง

13. ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป หมายถึง ความสามารถในการบอกความหมายของข้อมูลที่ได้จัดกระทำ และอยู่ในรูปแบบที่ใช้ในการสื่อความหมายแล้ว ซึ่งอาจอยู่ในรูปตาราง กราฟ แผนภูมิหรือรูปภาพต่าง ๆ รวมทั้งความสามารถในการบอกความหมายของข้อมูลในเชิงสถิติด้วย และสามารถลงข้อสรุปโดยการนำเอาความหมายของข้อมูลที่ได้ทั้งหมดสรุปให้เห็นความสัมพันธ์ของ ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรที่ต้องการศึกษาภายในขอบเขตการทดลองนั้น ๆ

ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะแล้ว คือ

1) แปลความหมายหรือบรรยายลักษณะและคุณสมบัติของข้อมูลที่มีอยู่ได้

2) บอกความสัมพันธ์ของตัวแปรที่มีอยู่ในข้อมูลได้

สรุปได้ว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 13 ทักษะสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ ทักษะพื้นฐาน ได้แก่ ทักษะที่ 1-8 และทักษะขั้นสูงหรือบูรณาการ ได้แก่ ทักษะที่ 9 - 13 ดังนั้น ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ครูจะต้องส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการค้นคว้าหาความรู้ การแก้ปัญหาและสร้างมโนทัศน์ได้ด้วยตนเอง ในการวิจัยครั้งนี้ได้วัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน โดยการวิเคราะห์จากบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ ทั้ง 5 หน่วยการเรียนรู้ ได้จำนวน 6 ทักษะ

โดยวัดทักษะขั้นพื้นฐาน 5 ทักษะ ได้แก่ ทักษะการสังเกต ทักษะการคำนวณ ทักษะการพยากรณ์ ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปกกับสเปสและสเปกกับเวลา ทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูล และวัดทักษะขั้นบูรณาการ 1 ทักษะ ได้แก่ ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป ซึ่งในการวัดได้ใช้แบบประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้เกณฑ์รูบริค ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

6.3 การประเมินผลทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

หน่วยทดสอบและประเมินผลสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ได้เสนอแนะแนวทางในการสร้างแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

1. กำหนดความมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม ซึ่งจะต้องแจ่มแจ้งให้ชัดเจน โดยครูต้องศึกษาจุดมุ่งหมายในแต่ละทักษะให้เข้าใจ แล้วมาแจ่มแจ้งให้เป็นจุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม ซึ่งจะมีทั้งภาคสถานการณ์ ภาคพฤติกรรมที่คาดหวัง และเกณฑ์ในการกำหนดพฤติกรรมนั้น ๆ
2. การเลือกเนื้อหาที่จะวัด หมายถึง การเลือกความมุ่งหมายเชิงพฤติกรรมกับเนื้อหาที่จำเป็นที่ขาดเสียมิได้ในบทหนึ่ง ๆ ควรจะกำหนดว่าทักษะใด เนื้อหาใดเป็นสิ่งที่ขาดมิได้ ทักษะนั้น และเนื้อหานั้นก็ควรจะปรากฏในข้อสอบ
3. การสร้างตารางเพื่อกำหนดเนื้อหาและพฤติกรรมทักษะ ซึ่งมีความมุ่งหมายอยู่ที่ที่จะกำหนดว่าจะวัดทักษะหรือพฤติกรรมได้เท่าไร อย่างละกี่ข้อ จะได้ไม่บกพร่อง นอกจากนั้นผู้ออกข้อสอบยังจะต้องทราบต่อไปอีกว่า ข้อสอบวัดพฤติกรรมทักษะใดมีสัดส่วนมากน้อยเพียงใด
4. การเลือกแนวทางการออกข้อสอบควรจะถือหลักว่าจะใช้การสอนแบบใดจึงจะวัดพฤติกรรมนั้นได้ตรงและถูกต้องเหมาะสมที่สุด ตลอดจนทั้งเหมาะสมกับวัยของเด็ก ประหยัดเวลาและง่ายต่อการปฏิบัติด้วย

สรุปได้ว่าการประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ต้องศึกษาวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของแต่ละทักษะ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการประเมินผลว่านักเรียนมีความสามารถในการใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในด้านต่าง ๆ หรือไม่มากนักน้อยเพียงใด สำหรับการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้สร้างแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แบบปรนัย 4 ตัวเลือก ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเอง

6.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ งานวิจัยในประเทศ

ประวิทย์ บึงสว่าง (2537 : 1) ได้ศึกษาเปรียบเทียบการใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบจำลองสถานการณ์ในการวิเคราะห์ และอธิบายผลการทดลองในวิชาเคมี และศึกษาความคิดเห็นต่อการเรียนโดยใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ผลการวิจัยพบว่า การใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

แบบจำลองสถานการณ์ช่วยให้ผู้เรียนสามารถสรุปผลการทดลองได้ดีกว่าการสรุปผลโดยการอภิปรายผลโดยครูผู้สอน และนักเรียนมีความรู้ลึกในทางบวกต่อการเรียนโดยใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

สมปรารถนา วงศ์บุญหนัก (2541 : บทคัดย่อ) ได้พัฒนานวัตกรรมการบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยการสอนแบบมัลติมีเดียสำหรับการสอนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง ปฏิกิริยาการเคลื่อนที่ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยมีจุดประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลการเรียน 3 ด้าน คือ ผลสัมฤทธิ์ด้านความคิดรวบยอดทางวิทยาศาสตร์ ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และค่านิยมทางวิทยาศาสตร์ ระหว่างนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนแบบกลุ่มร่วมมือกับแบบรายบุคคล ผลการทดลองพบว่า คะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนทุกด้าน แต่เมื่อเปรียบเทียบคะแนนเมื่อสิ้นสุดการทดลองสอน พบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนแบบกลุ่มร่วมมือมีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่าการเรียนแบบรายบุคคลในด้านผลสัมฤทธิ์ด้านความคิดรวบยอดทางวิทยาศาสตร์ และด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ส่วนในค่านิยมทางวิทยาศาสตร์ไม่แตกต่างกัน

วินัย เลิศเกษมสันต์. (2542 : บทคัดย่อ). ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ วิชาฟิสิกส์ เรื่อง “แรง มวลและกฎการเคลื่อนที่” ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้คอมพิวเตอร์สร้างสถานการณ์จำลองประกอบชุดการเรียนการสอนกับการสอนตามปกติ ผลการวิจัยพบว่า 1) ผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แบบแยกทักษะขั้นพื้นฐานและขั้นบูรณาการ โดยใช้คอมพิวเตอร์สร้างสถานการณ์จำลองประกอบชุดการเรียนการสอนกับการสอนตามปกติ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เฉพาะทางด้านทักษะขั้นบูรณาการ 2) ผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แบบรวมทักษะขั้นพื้นฐานและขั้นบูรณาการ โดย

ใช้คอมพิวเตอร์สร้างสถานการณ์จำลองประกอบชุดการเรียนการสอนกับการสอนตามปกติไม่แตกต่างกัน

พรชัย กำหม่อม (2543 : บทคัดย่อ). ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในวิชาฟิสิกส์ เรื่อง แม่เหล็ก-ไฟฟ้า ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้คอมพิวเตอร์ประกอบการสอนตามแนวคิดของออสเทล พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนโดยใช้คอมพิวเตอร์ประกอบการสอนตามแนวคิดของออสเทลสูงกว่าเกณฑ์ 70 % อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และนักเรียนเห็นด้วยต่อการเรียนวิชาฟิสิกส์โดยใช้คอมพิวเตอร์ประกอบการสอน ตามแนวคิดของออสเทลอยู่ในระดับมาก

อเนก ประดิษฐ์พงษ์. (2545 : บทคัดย่อ) ได้พัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง ชีวิตและวิวัฒนาการ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย พบว่า 1) บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง ชีวิตและวิวัฒนาการ ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด 2) นักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง

ชีวิตและวิวัฒนาการ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 3) นักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเรื่องชีวิตและวิวัฒนาการ มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

งานวิจัยต่างประเทศ

นอร์แมน (Norman. 1992 : 715-727) ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ระหว่างแบบจำลองที่เป็นระบบกับวัฏจักรการเรียนรู้ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่เรียนโดยครูที่สอนแบบจำลองที่เป็นระบบมีผลสัมฤทธิ์ของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงกว่า นักเรียนที่เรียนโดยครูที่สอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้

รอต และรอยเซาดีฮูรี (Roth and Roychoudhury. 1993 : 127-152) ได้ศึกษาการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในสิ่งแวดล้อมจริง กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา แบ่งเป็นกลุ่มทดลอง 3 กลุ่ม กลุ่มแรกเป็นนักเรียนเกรด 11 ได้รับการสอนโดยวิธีชี้แนะแนวทางในวิชาฟิสิกส์ กลุ่มที่ 2 เป็นนักเรียนเกรด 12 ได้รับการสอนในวิชาฟิสิกส์ระดับสูง และกลุ่มที่ 3 เป็นนักเรียนเกรด 8 ได้รับการสอนในวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไปโดยที่นักเรียนจากกลุ่มทดลองทั้งสามกลุ่มจะเป็นศูนย์กลางในการเรียน มีการฝึกปฏิบัติการทดลองในห้องปฏิบัติการทดลองอย่างอิสระเหมือนกัน พบว่ากลุ่มทดลองทั้งสามกลุ่มมีพัฒนาการด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้น เช่น มีทักษะในตัวแปรต่าง ๆ เหมือนกัน คือ ทักษะการแปลความหมายข้อมูล ทักษะการตั้งสมมติฐาน ทักษะการให้คำนิยามและทักษะการทดลอง

จากการศึกษางานวิจัยดังกล่าวจะเห็นว่า ผู้เรียนสามารถเกิดการเรียนรู้และฝึกฝนพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ให้สูงขึ้นได้ โดยผู้สอนต้องจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติเองและมีส่วนร่วมในการเรียน ให้ผู้เรียนค้นพบความรู้ด้วยตนเองจะช่วยให้ผู้เรียนมีผลการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ดีและสามารถแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ต่าง ๆ ได้ ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ได้ใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ มาใช้ในการจัดการเรียนรู้เพื่อเสริมสร้างและพัฒนาให้ผู้เรียนมีผลการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ให้สูงขึ้นไป

7. ผลการเรียนรู้ด้านเจตคติต่อวิทยาศาสตร์

7.1 ความหมายของเจตคติต่อวิทยาศาสตร์

ผลการเรียนรู้ด้านเจตคติต่อวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับความรู้สึกที่มีต่อวิทยาศาสตร์ เช่น ชอบเรียนวิทยาศาสตร์มีความเพลิดเพลินในการปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ จึงเป็นเจตคติด้านจิตพิสัย ซึ่งมีผู้ให้ความหมายไว้ดังนี้

ประภาเพ็ญ สุวรรณ 2526 : 3) กล่าวว่า เจตคติเป็นความคิดเห็น ซึ่งมีอารมณ์เป็นส่วนประกอบเป็นส่วนที่พร้อมที่จะมีปฏิกิริยาเฉพาะอย่างใดอย่างหนึ่งต่อสถานการณ์ภายนอก

บุปผชาติ เรืองสุวรรณ (2530 : 10) กล่าวว่า เจตคติต่อวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความรู้สึก และความเชื่อมั่นของนักเรียนที่มีต่อวิทยาศาสตร์ทั้งด้านดีและด้านไม่ดีเกี่ยวกับคุณประโยชน์ ความสำคัญเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์

จากความหมายดังกล่าว สรุปได้ว่า เจตคติต่อวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความรู้สึก ความคิดเห็นหรือพฤติกรรมที่แสดงออกต่อวิทยาศาสตร์ทั้งด้านบวก ซึ่งแสดงออกมาในลักษณะความชอบ ความพอใจ ความสนใจ และพฤติกรรมทางด้านลบ ซึ่งแสดงออกมาในลักษณะตรงกันข้าม

7.2 การวัดผลการเรียนรู้ด้านเจตคติต่อวิทยาศาสตร์

ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์ (2542 : 118-127) ได้ให้แนวทางการวัดผลการเรียนรู้ด้านเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ ไว้ดังนี้

เจตคติต่อวิทยาศาสตร์มีความเกี่ยวข้องกับอารมณ์ ความรู้สึกที่มีต่อวิทยาศาสตร์ ซึ่งการวัดผลเจตคติต่อวิทยาศาสตร์เป็นการวัดพฤติกรรมที่แสดงออกตามความเป็นจริง (Typical performance) มิใช่เป็นการวัดความสามารถสูงสุดที่มีอยู่ (Maximum Performance) อันเป็นจุดเน้นตามปกติของการวัดความรู้ความสามารถทั้งหลาย ลักษณะคำตอบของการวัดผลด้านเจตคติต่อวิทยาศาสตร์จะเป็นแบบแผนของพฤติกรรมซึ่งบ่งชี้ว่าบุคคลมีการแสดงออกไปในทิศทางอย่างไร (คือ สนับสนุน วางเฉย) หรือแสดงออกในระดับใด (มาก ปานกลาง น้อย ฯลฯ) ลักษณะโดยภาพรวมของเครื่องมือประเภทนี้จึงอยู่ในรูปของมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scales)

ในการสร้างเครื่องมือวัดผลด้านเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ จำเป็นต้องกำหนดขอบเขตของส่วนที่เป็น “เป้าหมาย” ของ “เจตคติต่อ....” นั้นเสียก่อน ซึ่งเป็นหน้าที่ของผู้สร้างเครื่องมือที่จะได้กำหนด นอกจากการกำหนด “เป้าหมาย” ให้ชัดเจนแล้ว ผู้สร้างเครื่องมือควรต้องกำหนดโครงสร้างของพฤติกรรมด้านเจตคติอีกด้วย ซึ่งในส่วนนี้ของโครงสร้างของพฤติกรรมด้านเจตคตินี้กล่าวได้ว่ามีรายละเอียด แตกต่างกันไป สุดแต่จะทำให้ครอบคลุมคิดได้เป็นแหล่งอ้างอิง ในที่นี้จะนำกรอบความคิดของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมาเสนอไว้เป็นตัวอย่างดังนี้

1. พพอใจในประสบการณ์การเรียนรู้เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์
2. ศรัทธาและซาบซึ้งในผลงานทางวิทยาศาสตร์

3. เห็นคุณค่าและประโยชน์ของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
4. ตระหนักในคุณและโทษของการใช้เทคโนโลยี
5. ตั้งใจเรียนวิชาวิทยาศาสตร์
6. เรียนหรือเข้าร่วมกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์อย่างสนุกสนาน
7. เลือกใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการคิดและปฏิบัติ
8. ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างมีคุณธรรม
9. ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีโดยใคร่ครวญไตร่ตรองถึงผลดีและผลเสีย

จากกรอบความคิดดังกล่าวจะเห็นได้ว่าเป็นการจัดเรียงพฤติกรรมด้านจิตพิสัยไว้ 2 ลักษณะ คือ

1. พฤติกรรมในระดับความรู้สึกนึกคิดซึ่งประกอบด้วยพฤติกรรมข้อ 1-4
2. พฤติกรรมในระดับการแสดงออกซึ่งประกอบด้วยพฤติกรรมย่อยอีก 2 ระดับ คือ
 - 2.1 การแสดงออกในระดับการศึกษาเล่าเรียนประกอบด้วย พฤติกรรมข้อ 5-7
 - 2.2 การแสดงออกในระดับการนำไปใช้ ได้แก่ พฤติกรรมข้อ 8 และ ข้อ 9

ผู้สร้างเครื่องมือวัดผลการเรียนรู้ด้านเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ สามารถนำกรอบความคิดข้างต้นไปเป็นแนวทางในการสร้างเครื่องมือตามรูปแบบต่าง ๆ ได้ตามความเหมาะสม โดยปรับประเด็น “ต่อวิทยาศาสตร์” ให้เข้ากับความจำเพาะเจาะจงของสาระทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นเป้าหมายของการวัดผลในแต่ละกรณี สำหรับเครื่องมือวัดผลการเรียนรู้ด้านเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ที่เป็นแบบฉบับทั่วไปเป็นเครื่องมือตามรูปแบบของมาตราส่วนประมาณค่า เครื่องมือแบบนี้ที่นิยมใช้กันอยู่โดยทั่วไปมีอยู่ 3 วิธี คือ 1) วิธีของเธอร์สโตนอ(Thurstone) 2) วิธีของลิเคิร์ต (Likert) และ 3) วิธีของออสกูต (Osgood)

ในปัจจุบันเครื่องมือวัดเจตคติตามวิธีของลิเคิร์ต (Likert) เป็นที่นิยมมากเพราะสร้างง่าย ใช้สะดวก ผู้ตอบสามารถแสดงความคิดเห็นทั้งทางบวกและทางลบในลักษณะที่เทียบเป็นมาตราส่วนประมาณค่า นอกจากนี้เครื่องมือวัดเจตคติตามแนวของลิเคิร์ตยังสามารถดัดแปลงเพื่อใช้วัดลักษณะทางจิตพิสัยอื่นๆ เช่น ความสนใจ แรงจูงใจ พฤติกรรมทางสังคม ฯลฯ ได้อย่างกว้างขวาง

การสร้างเครื่องมือวัดผลการเรียนรู้ด้านเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ตามวิธีของลิเคิร์ต (Likert)

การสร้างเครื่องมือวัดผลการเรียนรู้ด้านเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ตามวิธีของลิเคิร์ต มีลักษณะเป็นมาตราส่วนประมาณค่าเชิงประมวล (Summated rating scale) มีขั้นตอนการสร้างเครื่องมือ ดังนี้

1. สร้างข้อความที่เกี่ยวกับการแสดงเจตคติที่ต้องการศึกษาให้มากพอ และครบถ้วน

ครอบคลุมลักษณะข้อความจะเป็นทางบวกหรือนิมาน (Positive) และทางลบหรือนิเสธ (Negative) เท่านั้น ข้อความกลาง ๆ จะไม่นำมาใช้ในการสร้าง การสร้างข้อความมีแนวทางปฏิบัติ ดังนี้

- 1.1 เป็นข้อความสั้น ๆ มีความเป็นปรนัย ชัดเจน มีความหมายแน่นอน ไม่คลุมเครือ
- 1.2 ควรเป็นข้อความที่เป็นปัจจุบัน
- 1.3 ไม่ควรใช้ข้อความปฏิเสธซ้อนปฏิเสธ
- 1.4 ไม่ควรใช้ข้อความที่มีแนวโน้มว่าคนส่วนใหญ่จะเห็นด้วยหรือไม่เห็นด้วย
- 1.5 หลีกเลี่ยงข้อความที่ถามข้อเท็จจริง (Fact) ของเรื่องนั้น ๆ เพราะจะกลายเป็นการถามข้อเท็จจริงไม่ใช่ความคิดเห็น

1.6 เน้นข้อความที่วัดได้เป็นตัวมากกว่าข้อความทั่วไป เช่น “ฉันได้รับประโยชน์จากการเข้าร่วมกิจกรรมโครงการวิทยาศาสตร์” ซึ่งแตกต่างกับข้อความทั่วไปว่า “กิจกรรมโครงการวิทยาศาสตร์มีประโยชน์”

1.7 ข้อความควรครอบคลุมเรื่องที่ศึกษา

2. กำหนดมาตรวัดคำตอบของข้อความแต่ละข้อความ ทั้งเห็นด้วยและไม่เห็นด้วยเป็น 5 ระดับ คือ

- 2.1 เห็นด้วยอย่างยิ่ง (Strongly agree)
- 2.2 เห็นด้วย (Agree)
- 2.3 ไม่แน่ใจ (Uncertain)
- 2.4 ไม่เห็นด้วย (Disagree)
- 2.5 ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง (Strongly disagree)

3. กำหนดคะแนนเป็นค่าประจำระดับของแต่ละระดับความคิดเห็น ดังตาราง 1

ตาราง 1 แสดงคะแนนตามค่าประจำของแต่ละระดับความเห็น

ทิศทางของข้อความ	เห็นด้วย อย่างยิ่ง	เห็นด้วย	ไม่แน่ใจ	ไม่เห็นด้วย	ไม่เห็นด้วย อย่างยิ่ง
ข้อความเชิงนิมาน	5	4	3	2	1
ข้อความเชิงนิเสธ	1	2	3	4	5

4. นำข้อความและมาตรวัดมาจัดเป็นแบบวัดเจตคติตามรูปแบบตาราง 2 มิติ ดังนี้

มาตรวัด

เห็นด้วยอย่างยิ่ง เห็นด้วย ไม่แน่ใจ ไม่เห็นด้วย ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง



5. นำไปทดลองใช้เพื่อให้ผู้ตอบได้ตอบความรู้สึกที่แท้จริงและตรงกับความเห็นของผู้ตอบมากที่สุด ไม่คำนึงถึงความถูกต้องหรือข้อเท็จจริง กลุ่มตัวอย่างหรือแหล่งข้อมูลที่ใช้ควรมีลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่างหรือแหล่งข้อมูลที่ใช้จริง โดยมีจำนวนผู้ตอบไม่น้อยกว่า 5 เท่าของข้อความ

6. นำคำตอบของผู้ตอบแต่ละคนมาให้คะแนน โดยพิจารณาอย่างระมัดระวังว่าทิศทางของข้อความใดเป็นนิมานหรือนิเสธ เนื่องจากคะแนนจะสวนทางหักล้างกัน คะแนนเจตคติของผู้ตอบแต่ละคนได้จากการรวมคะแนนของแต่ละข้อจนครบทุกข้อ

7. หาค่าอำนาจจำแนกของข้อความแต่ละข้อความ เพื่อให้ได้ข้อความที่สามารถแยกผู้ตอบที่มีเจตคติสูงออกจากผู้ที่มีเจตคติต่ำ

8. เลือกข้อความที่มีอำนาจจำแนกมาใช้เป็นข้อความวัดเจตคติ (แบบทดสอบฉบับร่าง) โดยมีจำนวนข้อความเชิงนิมาน

9. นำแบบทดสอบฉบับร่างไปหาค่าความเชื่อมั่นหรือค่าความเที่ยง

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยศึกษาเจตคติของนักเรียนตอบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่องแสงเชิงฟิสิกส์ ประกอบด้วยพฤติกรรมด้านความรู้สึกรู้สึกนึกคิดและพฤติกรรมการแสดงออกตอบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตและการเห็นประโยชน์ของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต โดยใช้แบบสอบถามวัดเจตคติของนักเรียนต่อการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ ชนิดมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ได้แก่ 5 , 4 , 3 , 2 และ 1 หมายถึง มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย และน้อยที่สุด ตามลำดับ จำนวน 30 ข้อ ผู้วิจัยสร้างขึ้นตามวิธีของลิเคิร์ตโดยดัดแปลงจากแบบสอบถามวัดเจตคติของณัฐพงษ์ เจริญพิทย์ (2542 : 146)

7.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเจตคติตอบบทเรียนคอมพิวเตอร์ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต งานวิจัยในประเทศ

จิตติมา พุทธเจริญ (2543 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความพึงพอใจจากรูปแบบเว็บเพจที่มีการนำเสนอต่างกันของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและต้องการทราบความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อรูปแบบเว็บเพจทั้ง 2 รูปแบบ คือ เว็บเพจแบบเนื้อหาเลื่อนลงในหน้าเดียวและเว็บเพจแบบเนื้อหาเปลี่ยนทีละหน้า ผลการศึกษาพบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากเว็บเพจแบบเนื้อหาเลื่อนลงในหน้าเดียวกับเว็บเพจแบบเนื้อหาเปลี่ยนทีละหน้าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมีความพึงพอใจต่อรูปแบบเว็บเพจทั้ง 2 รูปแบบในระดับมาก

จุฑารัตน์ ศราวณะวงศ์ (2544 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์และความพึงพอใจในการเรียนผ่านเครือข่าย เรื่องการใช้เครื่องมือช่วยค้นสารสนเทศบนอินเทอร์เน็ตของนักศึกษาคณะพยาบาลมหาวิทยาลัยขอนแก่น ผลการศึกษาพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังการทดลองมีค่าเฉลี่ยต่างกันร้อยละ 27.7 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และความพึงพอใจของการเรียนบนเครือข่ายอยู่ในระดับมาก

งานวิจัยต่างประเทศ

สมิธ (Smith. 1997 : Abstract) ได้ศึกษาผลของวิธีสอนที่มีต่อเจตคติต่อวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนการสอนของนักเรียนในระดับเกรด 7 ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนที่ได้รับการสอนแบบบรรยายและให้ลงมือปฏิบัติ มีเจตคติต่อวิทยาศาสตร์สูงกว่าวิธีการสอนแบบบรรยายหรือให้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเองเพียงแบบใดแบบหนึ่ง

กัลสัน ครูบาคัก (Gulsun Kurubacak , 2000) ได้ศึกษาหลักการต่าง ๆ ของเจตคติของนักเรียนที่มีต่อการเรียนจากเว็บเพจเพื่อการศึกษา ผลการศึกษาพบว่าผู้เรียนรู้สึกสนุกสนานต่อการเรียนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เกิดการค้นพบความคิดใหม่ ๆ และการวิเคราะห์ข้อความของผู้เรียนคนอื่น ๆ เมื่อมีการแสดงความคิดเห็นในแต่ละหัวข้อ นอกจากนี้ผู้เรียนยังชอบการถูกกำหนดมากกว่าเป็นฝ่ายกำหนดและชอบการเรียนรายบุคคลมากกว่าการเรียนเป็นกลุ่ม

จากการประมวลงานวิจัยดังกล่าวข้างต้น สรุปได้ว่าเจตคติต่อวิทยาศาสตร์สามารถสร้างและเปลี่ยนแปลงได้ โดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้กับผู้เรียนอย่างหลากหลาย เป็นผลทำให้ผู้เรียนมีความรู้สึกที่ดีต่อการเรียน ชอบที่จะเรียนรู้อยู่เสมอ มีความสุขในการเรียน และทำให้ผลการเรียนรู้สูงขึ้นด้วย การนำเครือข่ายอินเทอร์เน็ตมาใช้ในการศึกษาจะทำให้ผู้เรียนได้รับความรู้ มีความเพลิดเพลินสนุกสนานและมีความพึงพอใจต่อการเรียน ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ได้ใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตมาใช้ในการจัดการเรียนรู้เพื่อเสริมสร้างและพัฒนาเจตคติที่ดีต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ของ ผู้เรียนในระดับช่วงชั้นที่ 4 ให้สูงขึ้น

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง แสงเงาพิลึกสำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 4 (ม.4 – ม.6) ซึ่งผู้วิจัยได้ดำเนินการศึกษาค้นคว้าโดยแบ่งเป็น 3 ตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การพัฒนาและการประเมินคุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

ขั้นตอนที่ 2 การหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

ขั้นตอนที่ 3 การนำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตที่พัฒนาขึ้นไป

ทดลองสอน

ขั้นตอนที่ 1 การพัฒนาและการประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

การพัฒนาและการประเมินคุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง แสงเงาพิลึก มีขอบเขตการดำเนินการดังนี้

1.1 ศึกษาและวิเคราะห์สาระการเรียนรู้และมาตรฐานการเรียนรู้ช่วงชั้นจากคู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เพื่อกำหนดเนื้อหาและจุดประสงค์การเรียนรู้

1.2 ศึกษาเอกสารตำราวิชาพิลึกและคู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เพื่อกำหนดรายละเอียดของเนื้อหาและจุดประสงค์การเรียนรู้ ในการนำมาสร้างเป็นบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเรื่อง “แสงเงาพิลึก” ซึ่งประกอบด้วยเนื้อหา 5 หน่วยการเรียนรู้ ดังนี้

หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 ทฤษฎีเกี่ยวกับแสง

หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 หลักการซ้อนทับของคลื่น

หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 การแทรกสอดของแสง

หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 การเลี้ยวเบนของแสง

หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 โฟลาไรเซนซ์ของแสง

1.3 นำเนื้อหาและจุดประสงค์การเรียนรู้ มาสร้างเป็นเรื่องราวบทเรียน (Story Board) ตามโครงสร้างของเว็บเพจเพื่อการศึกษา ซึ่งเป็นการกำหนดสิ่งที่จะต้องนำเสนอทางหน้าจอ

คอมพิวเตอร์ลงบนแผ่นกระดาษเพื่อเป็นต้นแบบของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต โดยประกอบด้วยเนื้อหา การแบ่งพื้นที่หน้าจอของการนำเสนอ รูปแบบ ขนาด และสีของตัวอักษร ภาพ และกำหนดเงื่อนไขของการนำเสนอ

1.4 นำแผ่นเรื่องราวบทเรียนที่สร้างเสร็จเรียบร้อยแล้ว เสนอต่อประธานและกรรมการควบคุมปริญญาบัตร เพื่อตรวจสอบพิจารณา แล้วนำข้อเสนอแนะมาปรับปรุงแก้ไข

1.5 นำแผ่นเรื่องราวบทเรียนที่ปรับปรุงแก้ไขเรียบร้อยแล้วมาสร้างเป็นบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต โดยใช้โปรแกรมช่วยสร้างเว็บไซต์ (HTML Editor) ได้แก่ Microsoft FrontPage2002 และโปรแกรมสร้างภาพกราฟิกและภาพเคลื่อนไหว ได้แก่ Macromedia Flash MX และ Adobe Photoshop Version 7.0 แบบฝึกหัดและแบบทดสอบใช้โปรแกรมจาวาสคริป (Java Script)

1.6 นำแผ่นเรื่องราวบทเรียน (Story Board) และบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเสนอต่อประธานและกรรมการควบคุมปริญญาบัตร เพื่อตรวจสอบพิจารณาแล้วนำข้อเสนอแนะมาปรับปรุงแก้ไข จากนั้นนำแผ่นเรื่องราวบทเรียนและบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตที่ปรับปรุงแก้ไขเรียบร้อยแล้วเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ซึ่งประกอบด้วย นักวิชาการสาขาฟิสิกส์ ได้แก่ อาจารย์รังสรรค์ ศรีสาคร และ อาจารย์ราม ติวารี ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนวิชาฟิสิกส์ ได้แก่ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ อุษณา ฉลุกลิ่น และอาจารย์พิสิฐ ศรีสวัสดิ์ ผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา ได้แก่ ดร. สนอง ทองปาน เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) และความเหมาะสมของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต แล้วนำข้อเสนอแนะมาปรับปรุงแก้ไข (ภาคผนวกง)

ตาราง 2 สรุปการแก้ไขข้อบกพร่องจากแผ่นเรื่องราวบทเรียนและบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตตามความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

ข้อบกพร่อง	การแก้ไขของผู้วิจัย
1. การใช้ข้อความหรือคำบางคำที่มีความหมายเดียวกันไม่มีรูปแบบที่แน่นอน	1. ใช้ข้อความหรือคำที่สื่อความหมายให้เหมือนกันทั้งหมด โดยยึดตามราชบัณฑิตยสถาน
2. คำศัพท์บางคำใช้ไม่ถูกต้อง	2. แก้ไขให้ถูกต้องตามราชบัณฑิตยสถาน
3. คำหรือข้อความบางส่วนมีข้อผิดพลาดในการพิมพ์	3. แก้ไขคำที่ผิดให้ถูกต้อง
4. ภาพประกอบบางส่วนไม่ถูกต้อง	4. แก้ไขภาพประกอบให้ถูกต้อง
5. คำถามในแบบฝึกหัดบางข้อไม่ชัดเจน	5. ปรับแก้คำถามในแบบฝึกหัดให้ชัดเจน

ตาราง 2 (ต่อ)

ข้อบกพร่อง	การแก้ไขของผู้วิจัย
6. ตัวเลือกของแบบฝึกหัดบางข้อมีข้อความกำกวมสื่อความหมายไม่ดี	6. ปรับแก้ข้อความให้สื่อความหมายได้ชัดเจนไม่กำกวม
7. การเชื่อมโยงข้อมูลในส่วนของการทดลองไม่ตรงกับชื่อเรื่องในการทดลอง	7. ปรับแก้ให้การเชื่อมโยงข้อมูลในส่วนของการทดลองตรงกับชื่อเรื่องในการทดลอง
8. สมการการจัดของคลื่นรวมใช้ปริมาณสเกลาร์	8. แก้ไขสมการให้เป็นปริมาณแบบเวกเตอร์

1.7 นำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตที่ปรับปรุงแก้ไขเรียบร้อยแล้ว ไปตรวจสอบการนำเสนอโดยใช้โปรแกรมอ่านข้อมูลบนเว็บ (Web Browser) ได้แก่ Internet Explorer 5.0 ขึ้นไป (ต้องใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ระดับ Pentium หน่วยความจำไม่น้อยกว่า 32 MB ใช้ระบบปฏิบัติการ Windows 98 และจอภาพสีแสดงผลที่ความละเอียด 800 x 600 Pixels , 16 Bit Colors)

1.8 นำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตส่งขึ้นสู่คอมพิวเตอร์แม่ข่าย (Server) โดยใช้โปรแกรม Win FTP โดยผู้วิจัยได้ส่งข้อมูลไปไว้ที่คอมพิวเตอร์แม่ข่ายของโรงเรียนอรุณประเทศ จังหวัดสระแก้ว (<http://www.aran.ac.th>) ซึ่งเรียกดูได้ที่ URL : <http://www.aran.ac.th/~optics> หลังจากนั้นตรวจสอบผลการนำเสนอด้วยโปรแกรม Internet Explorer อีกครั้ง

1.9 นำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน (ซึ่งเป็นชุดเดียวกับผู้เชี่ยวชาญที่พิจารณาแผ่นเรื่องรวมบทเรียน) เพื่อพิจารณาความเหมาะสมและประเมินคุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต แล้วนำข้อเสนอแนะมาปรับปรุงแก้ไข ซึ่งในการประเมินคุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ใช้แบบประเมินของจรรยาวัจน์ พันธุ์คงอดิศักดิ์ แบ่งออกเป็น 3 ด้านดังนี้ 1) ด้านเนื้อหาและการนำเสนอ 2) ภาษาและตัวอักษร 3) กราฟิกและพื้นหลัง

การประเมินเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ โดยกำหนดค่าระดับความคิดเห็นแต่ละช่วงคะแนนมีความหมายดังนี้

ระดับ 5 หมายถึง	ดีมาก
ระดับ 4 หมายถึง	ดี
ระดับ 3 หมายถึง	ปานกลาง

ระดับ 2 หมายถึง พอใช้
ระดับ 1 หมายถึง ควรปรับปรุง

การให้ความหมายใช้การแปลความหมายจากช่วงของค่าเฉลี่ยเป็นรายข้อ ดังนี้

คะแนนเฉลี่ย 1.0 – 1.50 หมายถึง ควรปรับปรุง
คะแนนเฉลี่ย 1.51 – 2.50 หมายถึง พอใช้
คะแนนเฉลี่ย 2.51 – 3.50 หมายถึง ปานกลาง
คะแนนเฉลี่ย 3.51 – 4.50 หมายถึง ใช้ได้ดี
คะแนนเฉลี่ย 4.51 – 5.00 หมายถึง ใช้ได้ดีมาก

ตาราง 3 สรุปการแก้ไขข้อบกพร่องจากบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต
ตามความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

ข้อบกพร่อง	การแก้ไขของผู้วิจัย
1. คำหรือข้อความบางส่วนมีข้อผิดพลาดในการพิมพ์	1. แก้ไขคำที่ผิดให้ถูกต้อง
2. จำนวนภาษาที่ใช้ยังมีสื่อความหมายได้ไม่ดี	2. แก้ไขจำนวนภาษาให้สื่อความหมายได้ชัดเจน
3. ภาพบางภาพบรรยายด้วยภาษาอังกฤษ	3. ปรับแก้ให้บรรยายด้วยภาษาไทย
4. ให้ตรวจสอบด้านเวลาที่ใช้ในการเรียนของแต่ละหน่วยการเรียนรู้	4. ตรวจสอบโดยนำไปทดลองใช้กับนักเรียนกลุ่มเล็ก

ขั้นตอนที่ 2 การหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

การหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง แสงเชิงพีสิกส์ มีขอบเขตการดำเนินการ ดังนี้

2.1 นำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ที่ผ่านการประเมินคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญและได้ปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำ ไปทดลองสอนกับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างและไม่เคยเรียนเนื้อหา này มาก่อน ซึ่งมีระดับความสามารถทางการเรียนวิทยาศาสตร์แตกต่างกัน คือ เก่ง ปานกลาง อ่อน จำนวน 3 คน เพื่อดูความเหมาะสมและข้อบกพร่องในด้านเนื้อหาและการนำเสนอ ด้านภาษาและตัวอักษร ด้านกราฟิกและพื้นหลัง โดยการสัมภาษณ์และให้ตอบแบบสอบถาม จากนั้นนำผลที่ได้มาปรับปรุงแก้ไข

ตาราง 4 สรุปการแก้ไขข้อบกพร่องของการทดลองใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตกับนักเรียนจำนวน 3 คน

ข้อบกพร่อง	การแก้ไขของผู้วิจัย
1. คำหรือข้อความบางแห่งมีการพิมพ์ผิด	1. แก้ไขคำหรือข้อความที่พิมพ์ผิดให้ถูกต้อง
2. แบบฝึกหัดบางส่วนเฉลยไม่ถูกต้อง	2. แก้ไขเฉลยให้ถูกต้อง
3. การเชื่อมโยงข้อมูลกับเว็บไซต์อื่นไม่สามารถเชื่อมโยงได้	3. ปรับแก้ไขให้สามารถเชื่อมโยงข้อมูลไปยังเว็บไซต์อื่นได้
4. แบบฝึกหัดบางหน่วยมีความยากเกินไป	4. ปรับแก้ไขความยากง่ายเหมาะสมกับนักเรียน

2.2 นำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ที่ได้รับการปรับปรุงแก้ไขเรียบร้อยแล้ว ไปทดลองสอนกับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างและไม่เคยเรียนเนื้อหา này มาก่อน ซึ่งมีระดับความสามารถทางการเรียนวิทยาศาสตร์แตกต่างกัน คือ เก่ง ปานกลาง อ่อน จำนวน 9 คน โดยให้นักเรียน 2 คนต่อคอมพิวเตอร์ 1 เครื่อง เพื่อนำผลที่ได้มากำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ซึ่งผลการทดลองได้กำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพ 70/70

2.3 นำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ไปทดลองสอนกับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างและไม่เคยเรียนเนื้อหา นี้ มาก่อน ซึ่งมีระดับความสามารถทางการเรียนวิทยาศาสตร์แตกต่างกัน คือ เก่ง ปานกลาง อ่อน จำนวน 15 คน โดยให้นักเรียน 2 คนต่อคอมพิวเตอร์ 1 เครื่อง เพื่อนำผลที่ได้มาหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ตามเกณฑ์ที่กำหนด และเป็นการทดลองเพื่อหาข้อบกพร่องครั้งที่ 2 โดยให้นักเรียนทำแบบสอบถามความคิดเห็นต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ ในด้านเนื้อหาและการนำเสนอ ด้านภาษาและตัวอักษร ด้านภาพกราฟิกและพื้นหลัง (ภาคผนวก ง)

การกำหนดเกณฑ์และการหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ ในข้อ 2.2 และ 2.3 ดำเนินการโดยให้นักเรียนแต่ละคนทำแบบฝึกหัดทำยบทเรียนในแต่ละหน่วยการเรียนรู้และทำแบบทดสอบหลังเรียนเมื่อเรียนจบทุกหน่วยการเรียนรู้ จากนั้นหาความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนที่ได้จากการทำแบบฝึกหัดแต่ละหน่วยการเรียนรู้กับคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบหลังเรียน โดยคิดเป็นร้อยละ แล้วนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบเพื่อกำหนดเกณฑ์และหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต (ภาคผนวก จ)

ขั้นตอนที่ 3 การนำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตที่พัฒนาขึ้นไปทดลองสอน

การนำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ ที่มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ไปทดลองสอน ดำเนินการดังนี้

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1) **ประชากร** ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนช่วงชั้นที่ 4 จังหวัดสระแก้ว ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2547 ที่เลือกเรียนสาระการเรียนรู้เพิ่มเติมในกลุ่มสาระวิทยาศาสตร์

2) **กลุ่มตัวอย่าง** ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ของโรงเรียนอรัญประเทศ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2547 ที่เลือกเรียนสาระการเรียนรู้เพิ่มเติมในกลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ ได้มาจากการสุ่มแบบเจาะจงในจังหวัดสระแก้ว ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นโรงเรียนที่มีคุณภาพของโรงเรียนอยู่ในระดับปานกลาง มีคุณภาพทางการศึกษาเทียบเคียงกับโรงเรียนอื่น ๆ ในจังหวัดสระแก้ว แล้วนำมาสุ่มแบบแบ่งกลุ่ม (Cluster Random Sampling) 1 ห้องเรียน จำนวน 30 คน ซึ่งนักเรียนในแต่ละห้องมีผลการเรียนไม่แตกต่างกัน เนื่องจากทางโรงเรียนได้จัดห้องเรียนโดยความสามารถของนักเรียน

3.2 ตัวแปรที่ศึกษา

1) **ตัวแปรอิสระ** ได้แก่ บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์

2) **ตัวแปรตาม** ได้แก่

2.1 ผลการเรียนรู้ด้านความรู้

2.2 ผลการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

2.3 เจตคติของนักเรียนต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่องแสงเชิงฟิสิกส์

3.3 เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นเนื้อหา เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งในสาระการเรียนรู้เพิ่มเติมเรื่อง คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์พื้นฐาน พุทธศักราช 2544 ประกอบด้วยเนื้อหาย่อย 5 หน่วยการเรียนรู้ ดังนี้

หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 ทฤษฎีเกี่ยวกับแสง

หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 หลักการซ้อนทับของคลื่น

หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 การแทรกสอดของแสง

หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 การเลี้ยวเบนของแสง

หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 โฟลาไรเซนซ์ของแสง

3.4 ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยทำการทดลองสอนกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2547 ทดลองสอนเป็นเวลา 4 สัปดาห์ ๆ ละ 4 คาบ ๆ ละ 60 นาที โดยเป็นชั่วโมงการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนจำนวน 2 คาบ ชั่วโมงทดลองสอนจำนวน 14 คาบ รวม 16 คาบ

ผู้วิจัยนำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตที่พัฒนาขึ้นไปทดลองสอน โดยดำเนินการ ดังนี้

1. วางแผนกำหนดการแบ่งช่วงเวลาในการสอน

วิจัยวางแผนแบ่งช่วงเวลาที่ใช้สำหรับการสอนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่าย เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ ดังตาราง 5

ตาราง 5 แสดงการแบ่งช่วงเวลาและการประเมินผลการใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่าย อินเทอร์เน็ต เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์

สัปดาห์ที่	จำนวนคาบ	เนื้อหาหน่วยการเรียนรู้	การประเมินผล
1	1	ทฤษฎีเกี่ยวกับแสง	- แบบฝึกหัด - แบบทดสอบ - แบบประเมินแผนที่ความคิด (Mind Mapping) - แบบสอบถามวัดเจตคติ
1	1	หลักการซ้อนทับของคลื่น	
1-2	4	การแทรกสอดของแสง	
2-3	4	การเลี้ยวเบนของแสง	
3-4	4	โพลาไรเซชันของแสง	

หมายเหตุ : การวัดผลการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเจตคติของนักเรียนต่อการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต จะดำเนินการหลังจากที่นักเรียนเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ ครบทุกหน่วยการเรียนรู้

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวัดผลการเรียนรู้

เครื่องมือที่ใช้ในการวัดผลการเรียนรู้ของผู้เรียนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ประกอบด้วยเครื่องมือ 4 ประเภท ดังนี้

1. แบบทดสอบแบบปรนัยและแบบอัตนัยเขียนตอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้ เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์
2. แบบประเมินผลการเรียนรู้ด้านความรู้โดยใช้แผนที่ความคิด

3. แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์

4. แบบสอบถามวัดเจตคติต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์

การสร้างเครื่องมือสำหรับการวิจัย ดำเนินการดังนี้

2.1 แบบทดสอบวัดการเรียนรู้ด้านความรู้ เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์

ในการวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้ ผู้วิจัยได้ทำการประเมินผลการเรียนรู้ด้านความรู้โดยแบ่งการประเมินเป็น 3 ส่วน คือ 1) ประเมินจากแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้ ซึ่งเป็นแบบทดสอบแบบปรนัย 4 ตัวเลือก 2) ประเมินจากแบบทดสอบแบบอัตนัยเขียนตอบโดยมีเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูปรีด 3) ประเมินจากการทำแผนที่ความคิดหลังจากที่นักเรียนได้เรียนจบในแต่ละหน่วยการเรียนรู้ ซึ่งมีเกณฑ์การให้คะแนนเป็นแบบรูปรีด

2.1.1 การสร้างแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้ เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ มีขั้นตอนดังนี้

- 1) ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และวิธีการสร้างแบบทดสอบ
- 2) ศึกษาจุดประสงค์การเรียนรู้และเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ เพื่อสร้างตารางวิเคราะห์ข้อสอบ แบ่งเป็นพฤติกรรมด้านต่าง ๆ 4 ด้าน คือ 1) ด้านความรู้ – ความจำ 2) ด้านความเข้าใจ 3) ด้านกระบวนการเสาะแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ 4) ด้านการนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ ดังตาราง 6 และตาราง 7

ตาราง 6 แสดงการจำแนกแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้แบบปรนัย

จุดประสงค์การเรียนรู้	พฤติกรรม				รวม (ข้อ)	ลำดับ ความ สำคัญ
	ความรู้ ความจำ	ความ เข้าใจ	กระบวนการ การ สืบเสาะฯ	การนำ ไปใช้		
1. อธิบายได้ว่าแสงมีธรรมชาติคู่กันของคลื่นและอนุภาคตลอดจนบอกได้ว่าพฤติกรรมใดที่แสดงให้เห็นว่าแสงเป็นคลื่นหรืออนุภาค	3 (1,3,5)	-	-	-	3	3

ตาราง 6 (ต่อ)

จุดประสงค์การเรียนรู้	พฤติกรรม				รวม (ข้อ)	ลำดับ ความ สำคัญ
	ความรู้ ความจำ	ความ เข้าใจ	กระบวนกา ร สืบเสาะฯ	การนำ ไปใช้		
2. อธิบายหลักการซ้อนทับของคลื่น	1 (7)	-	1 (10)	-	2	3
3. ใช้หลักการซ้อนทับเขียนภาพของคลื่น ใหม่ที่เกิดจากการซ้อนทับของคลื่น 2 คลื่น	-	2 (11,13)	-	-	2	4
4. อธิบายการเกิดแถบมืดแถบสว่างของ ภาพการแทรกสอดเมื่อแสงผ่านสลิตคู่	-	1 (16)	-	1 (19)	2	1
5. อธิบายได้ว่าการแทรกสอดของแสงผ่าน สลิตคู่แถบสว่างใด ๆ เป็นไปตาม ความสัมพันธ์ $d \sin \theta = n\lambda$ และ ตำแหน่งแถบมืดใด ๆ เป็นไปตาม ความสัมพันธ์ $d \sin \theta = (n + \frac{1}{2})\lambda$ เมื่อ n $= 0, 1, 2, \dots$	-	1 (24)	2 (22,23)	-	3	2
6. บอกความสัมพันธ์ของปริมาณต่างๆ ที่ เกี่ยวข้องกับการแทรกสอดของแสงและ ใช้ ความสัมพันธ์ดังกล่าวหาปริมาณต่างๆ ที่ เกี่ยวข้องได้เมื่อกำหนดสถานการณ์ให้	-	-	1 (27)	10 (30,31,32 ,35,37, 38,39,40 ,42,43)	11	2
7. เขียนภาพการแทรกสอดที่มองเห็นบน ฉากได้	1 (48)	-	-	-	1	4
8. อธิบายการเกิดแถบมืดแถบสว่างจาก ภาพการเลี้ยวเบน	2 (49,51)	1 (52)	1 (53)	-	4	1
9. สามารถคำนวณหาตำแหน่งของแถบมืด ที่เกิดจากการเลี้ยวเบนได้	-	-	-	5 (57,59,60 ,62,65)	5	2
10. เขียนภาพการแทรกสอดที่เกิดจากการ เลี้ยวเบนที่มองเห็นบนฉากได้	1 (67)	-	-	-	1	4

ตาราง 6 (ต่อ)

จุดประสงค์การเรียนรู้	พฤติกรรม				รวม (ข้อ)	ลำดับ ความ สำคัญ
	ความรู้ ความจำ	ความ เข้าใจ	กระบวนกา ร สืบเสาะฯ	การนำ ไปใช้		
11. บอกลักษณะของแสงไม่โพลาไรซ์ได้	1 (69)	1 (71)	-	-	2	4
12. อธิบายการทำให้เกิดแสงโพลาไรซ์ และสรุปได้ว่าแสงเป็นคลื่นและเป็น คลื่นตามขวาง	1 (74)	1 (79)	1 (80)	1 (77)	4	3
รวม	10	7	6	17	40	

ตาราง 7 แสดงการจำแนกแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้แบบอัตนัย

จุดประสงค์การเรียนรู้	พฤติกรรม				รวม (ข้อ)
	ความรู้ ความจำ	ความ เข้าใจ	กระบวน การ สืบเสาะฯ	การนำ ไปใช้	
1. อธิบายพฤติกรรมของแสงเกี่ยวกับความ เป็นทวิภาพของคลื่นและอนุภาค	1 (1)	-	-	-	1
2. อธิบายเงื่อนไขของการแทรกสอดที่จะ ทำให้เห็นริ้วการแทรกสอดได้ชัดเจน	-	1 (2)	-	-	1
3. ตรวจสอบได้ว่าแสงเป็นคลื่น	-	-	1 (3)	-	1
4. นำหลักการในเรื่องการโพลาไรเซชัน ของแสงไปใช้ในชีวิตประจำวันได้	-	-	-	1 (4)	1
รวม	1	1	1	1	4

3) ศึกษาเกณฑ์การให้คะแนนเพื่อการประเมินตามสภาพจริงโดยอิงเกณฑ์รูปрик

4) สร้างแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้แบบปรนัยเลือกตอบ จำนวน 80 ข้อ
โดยสร้างให้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้และพฤติกรรม 4 ด้าน คือ ด้านความรู้ – ความจำ

ด้านความเข้าใจ ด้านกระบวนการเสาะแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ด้านการนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ และสร้างแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้แบบอัตนัยเขียนตอบโดยกำหนดกรอบและกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูปวิค การให้คะแนนแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ คือ ดีมาก ดี ปานกลาง พอใช้ ปรับปรุง โดยมีคะแนน 5 4 3 2 และ 1 ตามลำดับ ซึ่งผู้วิจัยสร้างขึ้นเอง พฤติกรรมที่ประเมินมีดังนี้

- 5 คะแนน เมื่อ มีเนื้อหาถูกต้องตรงประเด็น ครบถ้วนสมบูรณ์ มีการยกตัวอย่างและขยายรายละเอียดชัดเจน ใช้ภาษาถูกต้อง ไม่มีคำเขียนผิด
- 4 คะแนน เมื่อ มีเนื้อหาถูกต้องตรงประเด็น ครบถ้วนสมบูรณ์ มีการยกตัวอย่างและขยายรายละเอียดชัดเจน ใช้ภาษาไม่ถูกต้องและมีคำเขียนผิด
- 3 คะแนน เมื่อ มีเนื้อหาถูกต้องตรงประเด็น ครบถ้วน มีการยกตัวอย่างแต่ไม่ขยายรายละเอียด ใช้ภาษาไม่ถูกต้องและมีคำเขียนผิด
- 2 คะแนน เมื่อ มีเนื้อหาถูกต้องตรงประเด็นแต่ไม่ครบถ้วน ไม่มีการยกตัวอย่าง ใช้ภาษาไม่ถูกต้องและมีคำเขียนผิด
- 1 คะแนน เมื่อ มีเนื้อหาไม่ถูกต้อง ไม่มีการยกตัวอย่างประกอบ ใช้ภาษาไม่ถูกต้องและมีคำเขียนผิด

5) นำแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้แบบปรนัยและแบบอัตนัย พร้อมเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูปวิคที่สร้างขึ้นเสนอต่อประธานและกรรมการที่ควบคุมปริญญาโท เพื่อตรวจสอบพิจารณา แล้วนำข้อเสนอแนะมาปรับปรุงแก้ไข จากนั้นนำแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้พร้อมเกณฑ์ที่แก้ไขเรียบร้อยแล้วเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน ซึ่งประกอบด้วย นักวิชาการสาขาฟิสิกส์ ได้แก่ อาจารย์รังสรรค์ ศรีสาคร และ อาจารย์ราม ติวารี ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนวิชาฟิสิกส์ ได้แก่ ผ.ศ. อุษณา ฉลุกลี และอาจารย์พิสิฐ ศรีสวัสดิ์ ผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา ได้แก่ ดร. สอนทอง ทองปาน เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) ระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์และพฤติกรรมที่วัด แล้วเลือกข้อที่มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ตั้งแต่ .50 ขึ้นไป และนำข้อเสนอแนะมาปรับปรุงแก้ไข (ภาคผนวก ง)

6) นำแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้แบบปรนัยที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว ไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนสิรินธรราชวิทยาลัย จังหวัดนครปฐม ที่เคยเรียนเนื้อหา เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ มาแล้ว จำนวน 100 คน แล้วนำผลมาวิเคราะห์หาค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบเป็นรายข้อ

7) คัดเลือกข้อสอบแบบปรนัยที่มีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง .20 - .80 และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ .20 ขึ้นไป จำนวน 40 ข้อ

8) นำแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้แบบปรนัยที่คัดเลือกไว้แล้วมาหาค่าความเชื่อมั่นแบบคูเดอร์ริชาร์ดสัน (Kuder-Richardson) โดยใช้สูตร K-R 20 ได้ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ .83 จากนั้นนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง (ภาคผนวก จ)

9) นำแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้แบบอัตนัยที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว ไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนวัฒนาคร จังหวัดสระแก้ว ที่เคยเรียนเนื้อหา เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ มาแล้ว จำนวน 106 คน แล้วนำผลมาวิเคราะห์มาหาค่าความเชื่อมั่นโดยใช้สูตรหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของคอนบาค (Cronbach 's alpha Coefficient) ได้ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ .67 จากนั้นนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง (ภาคผนวก จ)

2.2 แบบประเมินผลการเรียนรู้ด้านความรู้โดยใช้แผนที่ความคิด (Mind Mapping)

ผู้วิจัยได้สร้างแบบประเมินผลการเรียนรู้ด้านความรู้โดยใช้แผนที่ความคิด ซึ่งดำเนินการดังนี้

1) ศึกษาวิธีการสร้างแบบประเมินผลการเรียนรู้ด้านความรู้โดยใช้แผนที่ความคิด จากเอกสารของมนัส บุญประกอบ (2533 : 24) ญัฐพงษ์ เจริญพิทย์ (2542 : 17-22) และชัยฤทธิ์ ศิลาเดช (2545 : 86-91)

2) วิเคราะห์เนื้อหาและศึกษาจุดประสงค์การเรียนรู้ นำข้อมูลที่ได้จากการศึกษามาสร้างแบบประเมินผลการเรียนรู้ด้านความรู้โดยใช้แผนที่ความคิด

3) กำหนดเกณฑ์และตัวบ่งชี้การประเมินผลการเรียนรู้ด้านความรู้โดยใช้แผนที่ความคิด ดังตาราง 8

ตาราง 8 แสดงเกณฑ์และตัวบ่งชี้การประเมินผลการเรียนรู้ด้านความรู้โดยใช้แผนที่ความคิด (Mind Mapping)

เกณฑ์การประเมิน	ตัวบ่งชี้การประเมินผลการเรียนรู้ด้านความรู้โดยใช้แผนที่ความคิด
A ด้านเนื้อหา เมื่อนักเรียนมีพฤติกรรมต่อไปนี้	
1. ถูกต้องตรงประเด็น	5 คะแนน เมื่อปฏิบัติได้อย่างถูกต้องทั้งหมด
2. ครบถ้วนสมบูรณ์	4 คะแนน เมื่อปฏิบัติตามข้อ 1,2,3
3. มีเนื้อหาต่อเนื่องเป็นลำดับ	3 คะแนน เมื่อปฏิบัติตามข้อ 1,2,4 หรือ 1,3,4
4. ยกตัวอย่างสอดคล้องกับเนื้อหา	2 คะแนน เมื่อปฏิบัติตามข้อ 1,2 หรือ 1,3
	1 คะแนน เมื่อปฏิบัติตามข้อ 1

ตาราง 8 (ต่อ)

เกณฑ์การประเมิน	ตัวบ่งชี้การประเมินผลการเรียนรู้ด้านความรู้ โดยใช้แผนที่ความคิด
B ด้านคุณลักษณะของแผนที่ความคิด เมื่อนักเรียนมีพฤติกรรมต่อไปนี้ 1. กำหนดและจัดระดับของมโนทัศน์เหมาะสม 2. มีการลากเส้นเชื่อมโยงระหว่างมโนทัศน์ 3. แสดงความสัมพันธ์กันตลอดทั้งเรื่อง 4. จัดรูปแบบของมโนทัศน์เหมาะสม ได้สัดส่วน	5 คะแนน เมื่อปฏิบัติได้อย่างถูกต้องทั้งหมด 4 คะแนน เมื่อปฏิบัติตามข้อ 1,2,3 3 คะแนน เมื่อปฏิบัติตามข้อ 1,2,4 หรือ 1,3,4 2 คะแนน เมื่อปฏิบัติตามข้อ 1,2 หรือ 1,3 1 คะแนน เมื่อปฏิบัติตามข้อ 1
C ด้านคุณภาพของผลงาน เมื่อนักเรียนมีพฤติกรรมต่อไปนี้ 1. ดูเข้าใจง่าย ไม่สับสนวุ่นวาย 2. สะอาด เป็นระเบียบ 3. แสดงความเป็นเอกลักษณ์ของตนเอง 4. สวยงาม	5 คะแนน เมื่อปฏิบัติได้อย่างถูกต้องทั้งหมด 4 คะแนน เมื่อปฏิบัติตามข้อ 1,2,3 3 คะแนน เมื่อปฏิบัติตามข้อ 1,2,4 หรือ 1,3,4 2 คะแนน เมื่อปฏิบัติตามข้อ 1,2 หรือ 1,3 1 คะแนน เมื่อปฏิบัติตามข้อ 1
D ด้านการค้นคว้าเพิ่มเติม เมื่อนักเรียนมีพฤติกรรมต่อไปนี้ 1. มีเนื้อหาที่ได้จากแหล่งเรียนรู้เพิ่มเติม 2. มีการระบุแหล่งเรียนรู้อย่างชัดเจน 3. มีการค้นคว้าเพิ่มเติมจากแหล่งเรียนรู้ 1 แหล่ง 4. มีการค้นคว้าเพิ่มเติมจากแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ มากกว่า 1 แหล่ง	5 คะแนน เมื่อปฏิบัติได้อย่างถูกต้องทั้งหมด 4 คะแนน เมื่อปฏิบัติตามข้อ 1,2,4 3 คะแนน เมื่อปฏิบัติตามข้อ 1,2,3 2 คะแนน เมื่อปฏิบัติตามข้อ 1,2 หรือ 1,3 1 คะแนน เมื่อปฏิบัติตามข้อ 1

หมายเหตุ ในการประเมินผลการเรียนรู้ด้านความรู้โดยใช้แผนที่ความคิด จะนำค่าคะแนนในแต่ละด้านมารวมกันแล้วหาค่าเฉลี่ย

การประเมินเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ โดยกำหนดค่าระดับคะแนนมีความหมายดังนี้

ระดับ 5	หมายถึง	ดีมาก
ระดับ 4	หมายถึง	ดี
ระดับ 3	หมายถึง	ปานกลาง
ระดับ 2	หมายถึง	พอใช้
ระดับ 1	หมายถึง	ควรปรับปรุง

การให้ความหมายให้การแปลความหมายจากช่วงค่าเฉลี่ยของคะแนนจากทั้ง 4 ด้าน ดังนี้

คะแนนเฉลี่ย 1.0 – 1.50	หมายถึง	ควรปรับปรุง
คะแนนเฉลี่ย 1.51 – 2.50	หมายถึง	พอใช้
คะแนนเฉลี่ย 2.51 – 3.50	หมายถึง	ปานกลาง
คะแนนเฉลี่ย 3.51 – 4.50	หมายถึง	ใช้ได้ดี
คะแนนเฉลี่ย 4.51 – 5.00	หมายถึง	ใช้ได้ดีมาก

4) นำแบบประเมินผลการเรียนรู้ด้านความรู้โดยใช้แผนที่ความคิดที่สร้างขึ้นเสนอต่อประธานและกรรมการควบคุมปริญญาบัตร เพื่อตรวจสอบพิจารณาแล้วนำข้อเสนอแนะมาปรับปรุงแก้ไข จากนั้นนำแบบประเมินผลการเรียนรู้ด้านความรู้โดยใช้แผนที่ความคิดที่แก้ไขเรียบร้อยแล้วเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ซึ่งเป็นชุดเดียวกับผู้เชี่ยวชาญที่ตรวจสอบแบบทดสอบแบบปรนัยและอัตนัยเขียนตอบ เพื่อความเหมาะสมของเกณฑ์และตัวบ่งชี้ในการประเมินโดยพิจารณาจากค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ตั้งแต่ .50 ขึ้นไป แล้วนำข้อเสนอแนะมาปรับปรุงแก้ไข จากนั้นนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

2.3. แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

การสร้างแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ดำเนินการดังนี้

- 1) ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวัดผลการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
- 2) วิเคราะห์พฤติกรรมด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และสร้างตารางวิเคราะห์ข้อสอบ โดยแบ่งพฤติกรรมเป็น 6 ทักษะ คือ 1) ทักษะการสังเกต 2) ทักษะการคำนวณ 3) ทักษะการพยากรณ์ 4) ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปกกับสเปส 5) ทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูล 6) ทักษะการตีความหมายและลงข้อสรุป ดังตาราง 9

ตาราง 9 แสดงการจำแนกแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์

เรื่อง	พฤติกรรม						รวม (ข้อ)
	การ สังเกต	การ คำนวณ	การ พยากรณ์	สเปกกับสเปส สเปสกับเวลา	การลง ความ คิดเห็น	การ ตีความหมาย และลงข้อสรุป	
1. ทฤษฎีเกี่ยวกับ แสง	-	-	-	-	-	-	-
2. หลักการ ซ้อนทับของ คลื่น	-		1 (3)	2 (2,6)	3 (8,9,10)	-	6
3. การแทรกสอด ของแสง	2 (34,36)	5 (12,25,26, 27, 29)	2 (14,16)	-	2 (22,23)	1 (32)	12
4. การเลี้ยวเบน ของแสง	2 (46,47)	3 (40,41,43)	1 (49)	-	-	1 (51)	7
5. โฟลาไรเซนซ์ ของแสง	1 (55)	-	2 (59,60)	-	2 (54,56)		5
รวม	5	8	6	2	7	2	30

3) สร้างแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แบบปรนัย ชนิด 4 ตัวเลือก จำนวน 60 ข้อ โดยให้ครอบคลุม ทักษะทั้ง 6 ด้าน

4) นำแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้น เสนอต่อประธานและกรรมการที่ควบคุมปริญญาบัตร เพื่อตรวจสอบพิจารณา แล้วนำข้อเสนอนี้มาปรับปรุงแก้ไข จากนั้นนำแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่แก้ไขเรียบร้อยแล้วเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน ซึ่งเป็นชุดเดียวกับผู้เชี่ยวชาญที่ตรวจสอบแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้ เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity)

ระหว่างข้อคำถามกับเนื้อหาและพฤติกรรมที่วัด แล้วเลือกข้อที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ .50 ขึ้นไป และนำข้อเสนอแนะมาปรับปรุงแก้ไข

5) นำแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว ไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนสิรินธรราชวิทยาลัย จังหวัดนครปฐมที่เคยเรียนเนื้อหา เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ มาแล้ว จำนวน 100 คน แล้วนำผลมาวิเคราะห์หาค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบเป็นรายชื่อ

6) คัดเลือกข้อสอบที่มีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง .20 - .80 และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ .20 ขึ้นไป จำนวน 30 ข้อ

7) นำข้อสอบที่เลือกไว้ มาวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นแบบคูเดอร์ริชาร์ดสัน (Kuder-Richardson) โดยใช้สูตร K-R 20 ได้ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ .81 จากนั้นนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง (ภาคผนวก จ)

2.4 แบบสอบถามวัดเจตคติต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์

ผู้วิจัยได้สร้างแบบสอบถามวัดเจตคติต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ มีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

1) ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับวิธีการสร้างแบบสอบถามวัดเจตคติต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต จากหนังสือและเอกสารของรองศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์ (2542 : 118 –146)

2) กำหนดกรอบพฤติกรรมด้านเจตคติ ซึ่งประกอบด้วย พฤติกรรม 3 ด้าน คือ

2.1 ด้านความรู้สึกรักใคร่ต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

2.2 ด้านการแสดงออกต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

2.3 ด้านการเห็นประโยชน์ของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

3) สร้างแบบสอบถามวัดเจตคติต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ ซึ่งกำหนดมาตราวัดคำตอบของข้อความแต่ละข้อความเป็น 5 ระดับ ได้แก่ มากที่สุด , มาก , ปานกลาง , น้อย และน้อยที่สุด จำนวน 30 ข้อ โดยกำหนดให้แต่ละข้อความในพฤติกรรมทางบวกและพฤติกรรมทางลบ มีการให้คะแนนเป็น 5 ระดับ ดังตาราง 10

ตาราง 10 แสดงคะแนนพฤติกรรมทางบวก และพฤติกรรมทางลบ

ทิศทางของพฤติกรรม					
พฤติกรรมทางบวก			พฤติกรรมทางลบ		
มากที่สุด	มีน้ำหนักร	5 คะแนน	มากที่สุด	มีน้ำหนักร	1 คะแนน
มาก	มีน้ำหนักร	4 คะแนน	มาก	มีน้ำหนักร	2 คะแนน
ปานกลาง	มีน้ำหนักร	3 คะแนน	ปานกลาง	มีน้ำหนักร	3 คะแนน
น้อย	มีน้ำหนักร	2 คะแนน	น้อย	มีน้ำหนักร	4 คะแนน
น้อยที่สุด	มีน้ำหนักร	1 คะแนน	น้อยที่สุด	มีน้ำหนักร	5 คะแนน

เกณฑ์การแปลผลระดับเจตคติของนักเรียนต่อการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์

1. เมื่อแปลผลในเชิงพรรณนา ใช้เกณฑ์ ดังนี้

3.67 – 5.00 เจตคติของนักเรียนต่อการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ อยู่ในระดับดี

2.34 – 3.66 เจตคติของนักเรียนต่อการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ อยู่ในระดับปานกลาง

1.00 – 2.33 เจตคติของนักเรียนต่อการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ อยู่ในระดับพอใช้

2. เมื่อแปลผลในเชิงอนุมานใช้เกณฑ์ ดังนี้

เกณฑ์ดี (ตามสมมติฐาน) = 4 (เมื่อ 4 หมายถึง ระดับมากในมาตราส่วนประมาณค่า 5 ช่วง ตั้งแต่ 1 – 5)

4) นำแบบสอบถามวัดเจตคติของนักเรียนต่อการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่องแสงเชิงฟิสิกส์ ที่สร้างขึ้นเสร็จเสนอต่อประธานและกรรมการควบคุมปริญญาโท เพื่อตรวจสอบพิจารณาแล้วนำข้อเสนอแนะมาปรับปรุงแก้ไข หลังจากนั้นนำแบบสอบถามวัดเจตคติต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ ที่แก้ไขเรียบร้อยแล้วเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน ซึ่งเป็นชุดเดียวกับผู้เชี่ยวชาญที่ตรวจสอบแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้ เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้าง (Construct Validity) ระหว่างรายการประเมินกับพฤติกรรมที่ต้องการวัดโดยพิจารณาจากค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ตั้งแต่ .50 ขึ้นไป แล้วนำข้อเสนอแนะมาปรับปรุงแก้ไข จากนั้นนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง (ภาคผนวก ง)

แบบแผนการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยดำเนินการทดลองตามแบบแผนการวิจัย คือ ทดสอบก่อนและหลังการทดลอง โดยใช้รูปแบบการวิจัยแบบ One Group Pretest - Posttest Design (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2543 : 60)

ตาราง 11 แสดงแบบแผนการวิจัยแบบ One Group Pretest - Posttest Design

กลุ่ม	สอบก่อน	ทดลอง	สอบหลัง
E	T_1	X	T_2

เมื่อ E แทน กลุ่มตัวอย่าง

T_1 แทน การทดสอบผลการเรียนรู้ด้านความรู้และด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน

X แทน การเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

T_2 แทน การทดสอบผลการเรียนรู้ด้านความรู้และด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียน

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลตามขั้นตอนดังนี้

1. ทำหนังสือราชการจากบัณฑิตวิทยาลัยถึงผู้บริหารโรงเรียนอรัญประเทศ เพื่อขอความร่วมมือในการนำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตไปทดลองสอน
2. ขี้แจงรายละเอียดและข้อตกลงเบื้องต้นในการเรียน และเก็บข้อมูลก่อนการทดลอง โดยให้นักเรียนกลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คน ทำแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้แบบปรนัย จำนวน 40 ข้อ และแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จำนวน 30 ข้อ เพื่อนำคะแนนที่ได้เป็นคะแนนทดสอบก่อนเรียน
3. ทำการทดลองสอนโดยให้นักเรียนกลุ่มตัวอย่างเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ โดยนักเรียน 2 คน ต่อเครื่องคอมพิวเตอร์ 1 เครื่อง
4. เก็บข้อมูลผลการเรียนรู้ด้านความรู้ระหว่างเรียน โดยให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดและแผนที่ความคิด หลังจากเรียนจบในแต่ละหน่วยการเรียนรู้

5. เก็บข้อมูลผลการเรียนรู้ด้านความรู้ ผลการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตหลังเรียน โดยให้นักเรียนทำแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้แบบปรนัย แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้แบบอัตนัย แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และแบบสอบถามวัดเจตคติต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เพื่อนำคะแนนที่ได้เป็นคะแนนทดสอบหลังเรียน

6. นำคะแนนที่ได้จากการทดสอบก่อนเรียน ระหว่างเรียน และหลังเรียน มาทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติเพื่อทดสอบสมมติฐาน

การจัดกระทำและการวิเคราะห์ข้อมูล

1. การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อพัฒนาเครื่องมือ ดำเนินการดังนี้

1) วิเคราะห์หาค่าความเที่ยงตรงของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้แบบปรนัยและอัตนัยเขียนตอบ แบบประเมินผลการเรียนรู้ด้านความรู้โดยใช้แผนที่ความคิด แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และแบบสอบถามวัดเจตคติต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต โดยใช้ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC)

2) วิเคราะห์ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้แบบปรนัยและแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

3) วิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้แบบปรนัย และแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ใช้วิธีของคูเดอร์ริชาร์ดสัน (Kuder - Richardson) สูตร KR-20

4) วิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้แบบอัตนัย โดยใช้สูตรหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของคอนนาค (Cronbach's alpha Coefficient)

5) หาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ โดยหาความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนที่ได้จากการทำแบบฝึกหัดระหว่างเรียนในแต่ละหน่วยการเรียนรู้กับคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบหลังเรียนจบบทเรียนทุกหน่วย โดยคิดคะแนนเป็นร้อยละ จากนั้นนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบและหาประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 70/70

2. การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อทดสอบสมมติฐาน ดำเนินการดังนี้

1) วิเคราะห์คะแนนจากแบบทดสอบแบบปรนัยวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้ ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ก่อนเรียนและหลังเรียนโดยใช้สถิติ t-test for dependent samples

2) วิเคราะห์คะแนนจากแผนที่ความคิด แบบทดสอบแบบปรนัยและแบบอัตนัยวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้ แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ หลังเรียนโดยใช้สถิติ t-test one group

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้มีการจัดกระทำข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1. สถิติพื้นฐาน

1.1 ค่าเฉลี่ยของคะแนนผลการเรียนรู้ด้านความรู้ คะแนนผลการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และคะแนนจากแบบสอบถามวัดเจตคติต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ โดยคำนวณจากสูตร ดังนี้(พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2543 : 137)

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

$\bar{X}$ แทน คะแนนเฉลี่ย

$\sum X$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมด

n แทน จำนวนข้อมูลทั้งหมด

1.2 หาค่าคะแนนความแปรปรวนของแบบทดสอบ คำนวณจากสูตรดังนี้
(พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2543 : 142)

$$S^2 = \frac{n \sum X^2 - (\sum X)^2}{n(n-1)}$$

S^2 แทน ความแปรปรวนของคะแนน

$\sum X$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมด

$\sum X^2$ แทน ผลรวมของคะแนนแต่ละตัวยกกำลังสอง

n แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง

2. สถิติที่ใช้ตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

2.1 หาค่าความเที่ยงตรงของเนื้อหาที่จะนำมาพัฒนาเป็นบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้ แบบประเมินผลการเรียนรู้ด้านความรู้โดยใช้แผนที่ความคิด แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และแบบสอบถามวัดเจตคติต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ โดยใช้สูตรค่าดัชนีความสอดคล้อง IOC (Index of Item-Objective Congruence) (ณัฐรพพงษ์ เจริญพิทย์. 2542 : 235)

$$IOC = \frac{\sum R}{n}$$

เมื่อ IOC แทน ดัชนีความสอดคล้อง

$\sum R$ แทน ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญ

n แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

2.2 หาค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้แบบปรนัยและแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยคำนวณจากสูตรดังนี้ (ณัฐรพพงษ์ เจริญพิทย์. 2542 : 215)

$$p = \frac{(R_H + R_L)}{(N_H + N_L)}$$

เมื่อ p แทน ค่าความยากง่ายของคำถามแต่ละข้อ

R_H แทน จำนวนนักเรียนกลุ่มสูงที่ตอบถูกในแต่ละข้อ

R_L แทน จำนวนนักเรียนกลุ่มต่ำที่ตอบถูกในแต่ละข้อ

N_H แทน จำนวนนักเรียนกลุ่มสูงที่ทำข้อสอบนั้นทั้งหมด

N_L แทน จำนวนนักเรียนกลุ่มต่ำที่ทำข้อสอบนั้นทั้งหมด

$$r = \frac{R_H - R_L}{N_H}$$

เมื่อ r แทน ค่าอำนาจจำแนก

R_H แทน จำนวนนักเรียนกลุ่มสูงที่ตอบถูกในแต่ละข้อ

R_L	แทน	จำนวนนักเรียนกลุ่มต่ำที่ตอบถูกในแต่ละข้อ
N_H	แทน	จำนวนนักเรียนกลุ่มสูงที่ทำข้อสอบนั้นทั้งหมด

2.3 หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้ และแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

1) แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้แบบปรนัย และแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้สูตร KR-20 (ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์ 2542 : 228)

$$r_{tt} = \frac{k}{k-1} \left\{ 1 - \frac{\sum pq}{S_t^2} \right\}$$

เมื่อ	r_{tt}	แทน	ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ
	k	แทน	จำนวนข้อสอบของแบบทดสอบ
	p	แทน	สัดส่วนของผู้ตอบถูกต่อผู้เข้าสอบทั้งหมด (n)
	q	แทน	สัดส่วนของผู้ตอบผิดต่อผู้เข้าสอบทั้งหมด (n) หรือ $= 1 - p$
	S_t^2	แทน	คะแนนความแปรปรวนของแบบทดสอบทั้งฉบับ

2) แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้แบบอัตนัย โดยใช้สัมประสิทธิ์แอลฟาของคอนนาค (Cronbach 's alpha Coefficient) ดังนี้ (ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์. 2542 : 277)

$$\alpha = \frac{k}{k-1} \left\{ 1 - \frac{\sum S_i^2}{S_t^2} \right\}$$

เมื่อ	α	แทน	ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ
	k	แทน	จำนวนข้อสอบของแบบทดสอบ
	$\sum S_i^2$	แทน	ผลรวมของความแปรปรวนรายข้อ
	S_t^2	แทน	ความแปรปรวนของคะแนนรวม

3. สถิติที่ใช้ในการหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

3.1 การหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต โดยคำนวณจากสูตร ดังนี้ (เสาวนีย์ สิกขาบัณฑิต. 2528 : 56 – 57)

จากสูตร

$$\frac{E_1}{E_2}$$

โดย

$$E_1 = \frac{\left[\frac{\sum X}{n} \right]}{A} \times 100$$

และ

$$E_2 = \frac{\left[\frac{\sum Y}{n} \right]}{B} \times 100$$

เมื่อ	E_1	แทน	ประสิทธิภาพของกระบวนการที่จัดไว้ในบทเรียนคิดเป็นร้อยละจากแบบฝึกหัดระหว่างการทดลองสอน
	E_2	แทน	ประสิทธิภาพของกระบวนการที่จัดไว้ในบทเรียนคิดเป็นร้อยละจากแบบทดสอบหลังการทดลองสอน
	$\sum X$	แทน	คะแนนรวมของนักเรียนจากการแบบฝึกหัดทำยบทเรียน
	$\sum Y$	แทน	คะแนนรวมของนักเรียนจากการทำแบบทดสอบหลังการเรียน
	n	แทน	จำนวนนักเรียนที่เข้าสอบ
	A	แทน	คะแนนเต็มของแบบแบบฝึกหัดทำยบทเรียน
	B	แทน	คะแนนเต็มของแบบทดสอบหลังเรียน

4. สถิติที่ใช้ในการตรวจสอบสมมติฐาน

4.1 การทดสอบสมมติฐานข้อ 1 , 3 เพื่อเปรียบเทียบผลการเรียนรู้ด้านความรู้ ผลการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนจากบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ใช้สถิติ t-test for dependent samples ดังนี้ (กัลยา วาณิชย์ บัญชา. 2546 : 250)

$$t = \frac{\bar{d} - d_0}{\frac{S_d}{\sqrt{n}}}$$

- เมื่อ t แทน ค่าสถิติทดสอบของการทดสอบสมมติฐาน
 $\bar{d}$ แทน ค่าเฉลี่ยของค่าแตกต่างของคะแนนที่เข้าคู่กัน
 d_0 แทน ค่าคงที่
 S_d แทน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าคงที่
n แทน จำนวนนักเรียนเข้าสอบ

4.2 การทดสอบสมมติฐานข้อ 2 ข้อ 4 และข้อ 5 โดยสมมติฐานข้อ 3 ,4 คือ การนำคะแนนเฉลี่ยของผลการเรียนรู้ด้านความรู้ คะแนนเฉลี่ยของผลการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนมาคิดเป็นร้อยละ และสมมติฐานข้อ 5 นำคะแนนจากแบบสอบถามวัดเจตคติต่อการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตมาหาค่าเฉลี่ย จากนั้นนำคะแนนดังกล่าวมาเทียบเกณฑ์ “ดี” โดยใช้สถิติ t-test one group ใช้สูตรใน ญานุพงษ์ เจริญพิทย์ (2526 : 168) ดังนี้

$$t = \frac{X - \mu^*}{\frac{S}{\sqrt{n}}}$$

- เมื่อ μ^* แทน ค่าเฉลี่ยหรือร้อยละที่กำหนดเป็นระดับ (ในสมมติฐาน)
X แทน ค่าเฉลี่ยหรือร้อยละที่กำหนดจากข้อมูลกลุ่มตัวอย่าง
S แทน ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานที่คำนวณจากข้อมูลกลุ่มตัวอย่าง
n แทน จำนวนนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง

หมายเหตุ μ^* มีความหมายดังนี้

1. สำหรับสมมติฐานข้อที่ 2 , 4 มีค่าเกณฑ์อยู่ในระดับดี ($\mu =$ ร้อยละ 70)
 2. สำหรับสมมติฐานข้อที่ 5 มีค่าเกณฑ์อยู่ในระดับดี ($\mu = 4$)
- ในมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ คือ 5 , 4 , 3 , 2 และ 1

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้สร้างและพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง แสงเชิงพีสิกส์ สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 4 โดยนำไปทดลองวิจัยกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2547 โรงเรียนอรุณประเทศ อำเภอรัญประเทศ จังหวัดสระแก้ว เพื่อศึกษาเรื่องดังต่อไปนี้

1. ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ตามเกณฑ์ 70/70
2. ผลการเรียนรู้ด้านความรู้ของนักเรียนจากการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต
3. ผลการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนจากการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต
4. เจตคติของนักเรียนต่อการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล เป็นดังนี้

1. ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

ในการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง แสงเชิงพีสิกส์ ได้มีการประเมินคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน เพื่อนำข้อเสนอแนะมาปรับปรุงแก้ไขให้เหมาะสม ปรากฏผลดังตาราง 12

ตาราง 12 ผลการประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตโดยผู้เชี่ยวชาญ

รายการประเมิน	$\bar{x}$	s	ระดับการประเมิน
1. ด้านเนื้อหาและการนำเสนอ	4.08	0.11	ดี
2. ด้านภาษาและตัวอักษร	3.96	0.17	ดี
3. ด้านกราฟิกและพื้นหลัง	4.12	0.18	ดี
ภาพรวม	4.05	0.09	ดี

จากตาราง 12 ผลการประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

โดยผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน อยู่ในระดับดี แสดงว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต มีความเหมาะสมทั้งในด้านเนื้อหาและการนำเสนอ ด้านภาษาและตัวอักษร ด้านกราฟิกและพื้นหลัง สำหรับรายการที่ผู้เชี่ยวชาญเสนอแนะ ผู้วิจัยได้ทำการปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ ดังนี้

การใช้ภาษา ปรับแก้ไขคำหรือข้อความให้ถูกต้อง

ภาพบางภาพบรรยายด้วยภาษาอังกฤษ ปรับแก้ไขบรรยายด้วยภาษาไทย

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ ได้แบ่งเนื้อหา ออกเป็น 5 หน่วยการเรียนรู้ คือ หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 ทฤษฎีเกี่ยวกับแสง หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 หลักการสะท้อนของคลื่น หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 การแทรกสอดของแสง หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 การเลี้ยวเบนของแสง หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 โพลาริเซชันของแสง เมื่อนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง 30 คน เพื่อหาประสิทธิภาพของบทเรียนตามเกณฑ์ที่กำหนด 70/70 โดยการนำค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากแบบฝึกหัดระหว่างเรียนเปรียบเทียบกับคะแนนเฉลี่ยจากแบบทดสอบหลังเรียน ปรากฏผลดังตาราง 13

ตาราง 13 เปรียบเทียบค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากแบบฝึกหัดระหว่างเรียนและแบบทดสอบหลังเรียน

แบบทดสอบ	$\bar{x}$	s	ร้อยละ
ระหว่างเรียน (35 ข้อ)	25.13	3.19	71.81 (E_1)
หลังเรียน (40 ข้อ)	29.20	3.55	73.00 (E_2)

จากตาราง 13 ค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากแบบฝึกหัดระหว่างเรียน มีค่าร้อยละ 71.81 และค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากแบบทดสอบหลังเรียน มีค่าร้อยละ 73.00 เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพ 70 ตัวแรก และ 70 ตัวหลัง แสดงว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตมีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

2. ผลการเรียนรู้ด้านความรู้ของนักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

ในการศึกษาผลการเรียนรู้ด้านความรู้ของนักเรียนผู้วิจัยได้ดำเนินการโดยวัดผลการเรียนรู้ของนักเรียนจากการทำแบบทดสอบแบบปรนัยชนิด 4 ตัวเลือก แบบทดสอบแบบอัตนัยเขียนตอบ และการทำแผนที่ความคิด ซึ่งแยกศึกษาโดยแบ่งเป็น 2 ประเด็น ดังนี้

2.1 เปรียบเทียบผลการเรียนรู้ด้านความรู้จากการทดสอบแบบปรนัยก่อนเรียนและการทดสอบหลังเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

เมื่อนำผลคะแนนเฉลี่ยในแต่ละด้านจากการทดสอบแบบปรนัยก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ มาเปรียบเทียบ ปรากฏผลดังตาราง 14

ตาราง 14 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยของผลการเรียนรู้ด้านความรู้จากการทดสอบแบบปรนัยก่อนเรียนและการทดสอบหลังเรียน

พฤติกรรมที่วัดผล การเรียนรู้ด้าน ความรู้	คะแนน เต็ม	ผลการสอบ				$\bar{d}$	$s_{\bar{d}}$	t	p
		ก่อนเรียน		หลังเรียน					
		$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s				
1. ความรู้-ความจำ	10	3.40	1.65	7.83	1.21	4.43	2.34	10.358*	.000
2. ความเข้าใจ	7	2.63	1.10	5.33	1.06	2.70	1.42	10.430*	.000
3. กระบวนการ สืบเสาะหา ความรู้ทาง วิทยาศาสตร์	6	2.13	1.17	4.23	0.90	2.10	1.30	8.876*	.000
4. การนำความรู้ และ กระบวนการทาง วิทยาศาสตร์ไป ใช้	17	4.67	1.52	13.10	2.74	8.43	3.26	14.188*	.000
ภาพรวม	40	12.83	3.17	30.50	4.40	17.67	5.40	17.908*	.000

$n = 30$, $df = 29$ *แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตาราง 14 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยของผลการเรียนรู้ด้านความรู้จากการทดสอบแบบปรนัยก่อนเรียนและการทดสอบหลังเรียน พบว่า คะแนนเฉลี่ยของผลการเรียนรู้ด้านความรู้จากการทดสอบแบบปรนัยก่อนเรียนและการทดสอบหลังเรียนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p = .000$) ในพฤติกรรมทุกด้านที่วัด ทั้งด้านความรู้-ความจำ ความเข้าใจ กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และการนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ แสดงว่า นักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ มีผลการเรียนรู้ด้านความรู้หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

2.2 ค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยผลการเรียนรู้ด้านความรู้จากการทดสอบหลังเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

ผู้วิจัยได้ศึกษาค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยผลการเรียนรู้ด้านความรู้จากการทดสอบหลังเรียนของนักเรียน โดยแยกศึกษาแบ่งเป็น 3 ประเด็น ดังนี้

2.2.1 ค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยผลการเรียนรู้ด้านความรู้จากการทดสอบแบบปรนัยหลังเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

เมื่อนำคะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบแบบปรนัยหลังเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตมาคิดเป็นร้อยละ ปรากฏผล ดังตาราง 15

ตาราง 15 แสดงร้อยละของคะแนนเฉลี่ยผลการเรียนรู้ด้านความรู้จากการทดสอบแบบปรนัยหลังเรียน

พฤติกรรมที่วัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้	คะแนนเต็ม	ผลการสอบ				ค่าร้อยละที่กำหนดเกณฑ์	t	p
		คะแนนดิบ		คะแนนร้อยละ				
		$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s			
1. ความรู้-ความจำ	10	7.83	1.21	78.3	12.0	70	3.785*	.000
2. ความเข้าใจ	7	5.33	1.06	3	6	70	2.236*	.017
3. กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์	6	4.23	0.90	76.1	15.1	70	0.203	.420
4. การนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้	17	13.10	2.73	6	6	70	2.404*	.012
				77.06	16.08			
ภาพรวม	40	30.50	4.40	76.2	11.0	70	3.112*	.002
				5	0			

$n = 30$, $df = 29$ *แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตาราง 15 ร้อยละของคะแนนเฉลี่ยผลการเรียนรู้ด้านความรู้จากการทดสอบแบบปรนัยหลังเรียน พบว่า พฤติกรรมที่วัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้ในด้านความรู้-ความจำ ด้านความเข้าใจ และด้านการนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ มีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าระดับดี ($p = .000$, 0.17 และ 0.10 ตามลำดับ) ด้านกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ มีคะแนนหลังเรียนอยู่ในระดับดี ($p = .420$) และเมื่อพิจารณาโดยภาพรวมของพฤติกรรมทั้ง 4 ด้าน

มีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าระดับดี ($p = .002$) แสดงว่านักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ มีผลการเรียนรู้ด้านความรู้จากการทดสอบแบบปรนัย หลังเรียนสูงกว่าระดับดีที่กำหนดไว้ (ร้อยละ 70)

2.2.2 ค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยผลการเรียนรู้ด้านความรู้จากการทดสอบแบบอัตนัย หลังเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

เมื่อนำคะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบแบบอัตนัยหลังเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตมาคิดเป็นร้อยละ ปรากฏผล ดังตาราง 16

ตาราง 16 แสดงร้อยละของคะแนนเฉลี่ยผลการเรียนรู้ด้านความรู้แบบอัตนัยจากการทดสอบหลังเรียน

พฤติกรรมที่วัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้	คะแนนเต็ม	ผลการสอบ				ค่าร้อยละที่กำหนดเกณฑ์	t	p
		คะแนนดิบ		คะแนนร้อยละ				
		$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s			
1. ความรู้-ความจำ	5	4.43	0.90	88.67	17.95	70	5.695*	.000
2. ความเข้าใจ	5	4.33	0.76	86.67	15.16	70	6.021*	.000
3. กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์	5	4.17	0.91	83.33	18.26	70	4.000*	.000
4. การนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้	5	4.67	0.48	93.33	9.59	70	13.328*	.000
ภาพรวม	20	17.60	1.79	88.00	8.96	70	10.999*	.000

$n = 30$, $df = 29$ *แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตาราง 16 ร้อยละของคะแนนเฉลี่ยผลการเรียนรู้ด้านความรู้จากการทดสอบแบบอัตนัย หลังเรียน พบว่า พฤติกรรมที่วัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้ในทุกด้านมีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าระดับดี ($p = .000$) ทั้งด้านความรู้-ความจำ ด้านความเข้าใจ ด้านกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และด้านการนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ แสดงว่านักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ มีผลการเรียนรู้ด้านความรู้จากการทดสอบแบบอัตนัย หลังเรียนสูงกว่าระดับดีที่กำหนดไว้ (ร้อยละ 70)

2.2.3 ค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยผลการเรียนรู้ด้านความรู้โดยใช้แผนที่ความคิดหลังเรียน
ของนักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

เมื่อนำคะแนนเฉลี่ยจากแผนที่ความคิดหลังเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียน
คอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตมาคิดเป็นร้อยละ ปรากฏผล ดังตาราง 17

ตาราง 17 แสดงร้อยละของคะแนนเฉลี่ยผลการเรียนรู้ด้านความรู้โดยใช้แผนที่ความคิดหลังเรียน

หน่วยการเรียนรู้	คะแนนเต็ม	ผลการสอบ				ค่าร้อยละที่กำหนดเกณฑ์	t	p
		คะแนนดิบ		คะแนนร้อยละ				
		$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s			
1. ทฤษฎีเกี่ยวกับแสง	5	3.87	0.73	77.33	14.61	70	2.748*	.005
2. หลักการข้อหักเหของคลื่น	5	3.80	0.66	76.00	13.29	70	2.426*	.010
3. การแทรกสอดของแสง	5	3.93	0.58	78.67	11.67	70	4.069*	.000
4. การเลี้ยวเบนของแสง	5	3.83	0.65	76.67	12.95	70	2.821*	.005
5. ปรากฏการณ์โพลาไรซ์ของแสง	5	3.87	0.68	77.33	13.63	70	2.946*	.003
ภาพรวม	25	19.30	2.25	77.20	8.98	70	4.392*	.000

$n = 30$, $df = 29$ *แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตาราง 17 ร้อยละของคะแนนเฉลี่ยผลการเรียนรู้ด้านความรู้โดยใช้แผนที่ความคิด
หลังเรียน พบว่า ในหน่วยการเรียนรู้ที่ 1 หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 หน่วยการเรียนรู้
ที่ 4 และหน่วยการเรียนรู้ที่ 5 มีคะแนนจากการทำแผนที่ความคิดหลังเรียนสูงกว่าระดับดี ($p = .005$
, .010 , .000 , .005 และ .003 ตามลำดับ) แสดงว่า นักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วย
สอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ มีผลการเรียนรู้ด้านความรู้โดยใช้แผนที่ความคิด
หลังเรียนสูงกว่าระดับดีที่กำหนดไว้ (ร้อยละ 70)

3. ผลการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียน คอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

ในการศึกษาผลการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ผู้วิจัยได้
ดำเนินการโดยวัดผลการเรียนรู้ของนักเรียนจากการทำแบบทดสอบแบบปรนัยชนิด 4 ตัว ซึ่งแยก
ศึกษาโดยแบ่งเป็น 2 ประเด็น ดังนี้

3.1 เปรียบเทียบผลการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จากการทดสอบก่อนเรียนและการทดสอบหลังเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

เมื่อนำผลคะแนนเฉลี่ยในแต่ละทักษะจากการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ มาเปรียบเทียบปรากฏผลดังตาราง 18

ตาราง 18 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยของผลการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จากการทดสอบก่อนเรียนและการทดสอบหลังเรียน

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่วัด	คะแนนเต็ม	ผลการสอบ				$\bar{d}$	$S_{\bar{d}}$	t	p
		ก่อนเรียน		หลังเรียน					
		$\bar{x}$	S	$\bar{x}$	S				
1. สังเกต	5	1.00	1.02	3.70	0.60	2.70	1.12	13.218*	.000
2. คำนวณ	8	2.30	1.60	5.80	1.19	3.50	1.87	10.247*	.000
3. พยากรณ์	6	2.10	1.06	4.40	0.97	2.30	1.37	9.206*	.000
4. สเปกกับสเปส	2	1.03	0.76	1.60	0.50	0.57	0.73	4.264*	.000
5. ลงความคิดเห็นจากข้อมูล	7	2.83	1.74	5.30	1.09	2.47	0.35	7.018*	.000
6. ตีความหมายและลงข้อสรุป	2	0.60	0.56	1.23	0.43	0.63	0.56	6.238*	.000
ภาพรวม	30	9.87	4.08	22.03	3.00	12.17	4.83	13.801*	.000

$n = 30$, $df = 29$ *แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตาราง 18 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยของผลการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จากการทดสอบก่อนเรียนและการทดสอบหลังเรียน พบว่า คะแนนเฉลี่ยของผลการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จากการทดสอบก่อนเรียนและการทดสอบหลังเรียนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p = .000$) ในทุกทักษะที่วัด ทั้งทักษะการสังเกต ทักษะการคำนวณ ทักษะการพยากรณ์ ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปกกับสเปส ทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูล และทักษะการตีความหมายและลงข้อสรุป แสดง

ว่า นักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ มีผลการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

3.2 ค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยผลการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จากการทดสอบหลังเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

เมื่อนำคะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบหลังเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตมาคิดเป็นร้อยละ ปรากฏผลดังตาราง 19

ตาราง 19 แสดงร้อยละของคะแนนเฉลี่ยผลการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จากการทดสอบหลังเรียน

ทักษะกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์ที่วัด	คะแนน เต็ม	ผลการสอบ				ค่าร้อยละ ที่กำหนด เกณฑ์	t	p
		คะแนนดิบ		คะแนนร้อยละ				
		$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s			
1. การสังเกต	5	3.70	0.60	74.00	11.92	70	1.838*	.038
2. คำนวน	8	5.80	1.19	72.50	14.83	70	0.924	.182
3. พยากรณ์	6	4.40	0.97	73.33	16.14	70	1.131	.134
4. สเปสกับสเปส	2	1.60	0.50	80.00	24.91	70	2.198*	.018
5. ลงความคิดเห็นจากข้อมูล	7	5.30	1.09	75.71	15.54	70	2.015*	.027
6. ตีความหมายและลง ข้อสรุป	2	1.23	0.43	61.67	21.50	70	-2.122*	.021
ภาพรวม	30	22.03	3.00	73.44	10.00	70	1.887*	.035

$n = 30$, $df = 29$ *แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

หมายเหตุ ทักษะการตีความหมายและลงข้อสรุปต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด (ร้อยละ 70)

จากตาราง 19 ร้อยละของคะแนนเฉลี่ยผลการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จากการทดสอบหลังเรียน พบว่า ทักษะการสังเกต ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปส และทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูล มีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าระดับดี ($p = .038$, $.018$ และ $.027$) ทักษะการคำนวณและทักษะการพยากรณ์ มีคะแนนหลังเรียนอยู่ในระดับดี ($p = .182$ และ $.134$) ส่วนทักษะการตีความหมายและลงข้อสรุป มีคะแนนหลังเรียนต่ำกว่าระดับดี ($p = .021$) และเมื่อพิจารณาโดยภาพรวมของพฤติกรรมทั้ง 6 ด้าน มีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าระดับดี ($p = .035$) แสดงว่า

นักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ มีผลการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าระดับดีที่กำหนดไว้ (ร้อยละ 70)

4. เจตคติของนักเรียนต่อการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

ผู้วิจัยได้ศึกษาเจตคติของนักเรียนต่อการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ เมื่อนำคะแนนพฤติกรรมในแต่ละด้านจากการตอบแบบสอบถามวัดเจตคติหลังเรียนจบบทเรียนมาหาค่าเฉลี่ย ปรากฏผลดังตาราง 20

ตาราง 20 แสดงคะแนนเฉลี่ยเจตคติของนักเรียนต่อการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์

พฤติกรรมด้านเจตคติ	คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้				ค่าร้อยละที่กำหนดเกณฑ์	t	p
		คะแนนดิบ		คะแนนเฉลี่ย				
		$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s			
1. ความรู้สึกนึกคิดต่อการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ	50	41.40	3.21	4.14	0.32	4	2.387*	.012
2. การแสดงออกต่อการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ	50	41.27	4.03	4.13	0.40	4	1.720*	.048
3. การเห็นความสำคัญและประโยชน์ต่อการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ	50	41.90	3.78	4.19	0.38	4	2.752*	.005
ภาพรวม	150	124.57	9.46	4.15	0.32	4	2.643*	.007

$n = 30$, $df = 29$ *แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตาราง 20 คะแนนเฉลี่ยเจตคติของต่อการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ พบว่า เจตคติของนักเรียนในพฤติกรรมทุกด้านจากการตอบแบบสอบถามวัดเจตคติ มีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าระดับดี ($p = .007$) ทั้งในด้านความรู้สึกนึกคิด การแสดงออกต่อการเรียน และการเห็นความสำคัญและประโยชน์ต่อการเรียน ($p = .012$, .048 และ .005 ตามลำดับ) แสดงว่า นักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ มีเจตคติหลังเรียนสูงกว่าระดับดี (4.00) ที่กำหนดไว้

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

ในการวิจัยครั้งนี้เป็นการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง แสงเชิงพีสิกส์ สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 4 (มัธยมศึกษาปีที่ 4-6) ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด และศึกษาผลการเรียนรู้ด้านความรู้ ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติของนักเรียนต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต การศึกษามีรายละเอียดและผลการวิจัย ดังนี้

ความมุ่งหมายของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ตั้งความมุ่งหมายไว้ดังนี้

1. เพื่อพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเรื่อง แสงเชิงพีสิกส์ สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 4 (มัธยมศึกษาปีที่ 4-6) ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 70/70
2. เพื่อศึกษาผลการเรียนรู้ด้านความรู้ ด้านทักษะทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติของนักเรียนต่อการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

สมมติฐานทางการวิจัย

1. นักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเรื่อง แสงเชิงพีสิกส์ มีผลการเรียนรู้ด้านความรู้หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน
2. นักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเรื่อง แสงเชิงพีสิกส์ มีผลการเรียนรู้ด้านความรู้อยู่ในระดับดี
3. นักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเรื่อง แสงเชิงพีสิกส์ มีผลการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน
4. นักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเรื่อง แสงเชิงพีสิกส์ มีผลการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดี
5. นักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเรื่อง แสงเชิงพีสิกส์ มีเจตคติต่อการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง แสงเชิงพีสิกส์ อยู่ในระดับดี

วิธีดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยดำเนินการวิจัยโดยแบ่งเป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การพัฒนาและประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ดำเนินการดังนี้

1. ศึกษาเอกสารจากคู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และหนังสือวิชาฟิสิกส์ เพื่อกำหนดเนื้อหาและจุดประสงค์การเรียนรู้ ซึ่งประกอบด้วยเนื้อหา 5 หน่วยการเรียนรู้ จากนั้นนำเนื้อหาดังกล่าวมาสร้างเป็นแผ่นเรื่องราวบทเรียน (Story Board) และนำมาพัฒนาเป็นบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่องแสงเชิงฟิสิกส์
2. นำแผ่นเรื่องราวบทเรียนและบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่องแสงเชิงฟิสิกส์ ไปผ่านการตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาจากผู้เชี่ยวชาญ แล้วนำข้อเสนอแนะมาปรับปรุงแก้ไข
3. นำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว ไปผ่านการประเมินคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญในด้านเนื้อหาและการนำเสนอ ด้านภาษาและตัวอักษร และด้านกราฟิกและพื้นหลัง

ขั้นตอนที่ 2 การหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ดำเนินการดังนี้

1. นำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ที่ผ่านการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างและไม่เคยเรียนเนื้อหานี้มาก่อน จำนวน 3 คน ซึ่งมีระดับความสามารถในการเรียนวิทยาศาสตร์เก่ง ปานกลาง และอ่อน เพื่อนำข้อบกพร่องมาปรับปรุงแก้ไข
2. นำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ที่ได้รับการแก้ไขปรับปรุงเรียบร้อยแล้ว ไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างและไม่เคยเรียนเนื้อหานี้มาก่อน จำนวน 9 คน ซึ่งมีระดับความสามารถในการเรียนวิทยาศาสตร์เก่ง ปานกลาง และอ่อน เพื่อนำผลกระทดลองมากำหนดเกณฑ์ที่จะใช้เป็นค่าประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต และนำไปทดลองใช้กับนักเรียนจำนวน 15 คน เพื่อหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตตามเกณฑ์ที่กำหนด

ขั้นตอนที่ 3 นำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตที่พัฒนาขึ้นไปทดลอง ดำเนินการดังนี้

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จังหวัดสระแก้ว ที่เรียนในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2547 ที่เลือกเรียนสาระการเรียนรู้เพิ่มเติมในกลุ่มสาระวิทยาศาสตร์

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ของโรงเรียนอรัญประเทศ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2547 ที่เลือกเรียนสาระการเรียนรู้เพิ่มเติมในกลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ ได้มาจากการสุ่มแบบเจาะจงในจังหวัดสระแก้ว ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นโรงเรียนที่มีคุณภาพของโรงเรียนอยู่ในระดับปานกลาง มีคุณภาพทางการศึกษาเทียบเคียงกับโรงเรียนอื่น ๆ ในจังหวัดสระแก้ว แล้วนำมาสุ่มแบบแบ่งกลุ่ม (Cluster Random Sampling) 1 ห้องเรียน จำนวน 30 คน ซึ่ง นักเรียนในแต่ละห้องมีผลการเรียนไม่แตกต่างกัน เนื่องจากทางโรงเรียนได้จัดห้องเรียนโดยวัดความสามารถของนักเรียน

ตัวแปรที่ใช้ในการทดลองสอน

1. ตัวแปรอิสระ ได้แก่ บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์
2. ตัวแปรตาม ได้แก่
 - 1) ผลการเรียนรู้ด้านความรู้
 - 2) ผลการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
 - 3) เจตคติของนักเรียนต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเรื่องแสงเชิงฟิสิกส์

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย มีดังนี้

1. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์
2. แบบทดสอบและแบบประเมินผลการเรียนรู้ด้านความรู้
 - 2.1 แบบทดสอบแบบปรนัยเลือกตอบ จำนวน 40 ข้อ
 - 2.2 แบบทดสอบแบบอัตนัยเขียนตอบ จำนวน 4 ข้อ
 - 2.3 แบบประเมินแผนที่ความคิด
3. แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
4. แบบสอบถามวัดเจตคติต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์

การดำเนินการทดลอง

1. ทำหนังสือราชการจากบัณฑิตวิทยาลัยถึงผู้บริหารโรงเรียนอรัญประเทศ เพื่อขอความร่วมมือในการนำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตไปทดลองสอน
2. ชี้แจงรายละเอียดและข้อตกลงเบื้องต้นในการเรียน และเก็บข้อมูลก่อนการทดลอง โดยให้นักเรียนกลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คน ทำแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้แบบปรนัย จำนวน 40 ข้อ และแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จำนวน 30 ข้อ เพื่อนำคะแนนที่ได้เป็นคะแนนทดสอบก่อนเรียน
3. ทำการทดลองสอนโดยให้นักเรียนกลุ่มตัวอย่างเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ โดยนักเรียน 2 คน ต่อเครื่องคอมพิวเตอร์ 1 เครื่อง
4. เก็บข้อมูลผลการเรียนรู้ด้านความรู้ระหว่างเรียน โดยให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดและแผนที่ความคิด หลังจากเรียนจบในแต่ละหน่วยการเรียนรู้
5. เก็บข้อมูลผลการเรียนรู้ด้านความรู้ ผลการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตหลังเรียน โดยให้นักเรียนทำแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้แบบปรนัย แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้แบบอัตนัย แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และแบบสอบถามวัดเจตคติต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เพื่อนำคะแนนที่ได้เป็นคะแนนทดสอบหลังเรียน
6. นำคะแนนที่ได้จากการทดสอบก่อนเรียน ระหว่างเรียน และหลังเรียน มาทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติเพื่อทดสอบสมมติฐาน

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. วิเคราะห์หาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ โดยหาความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนที่ได้จากการทำแบบฝึกหัดระหว่างเรียนในแต่ละหน่วยการเรียนกับคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบหลังเรียนจบบทเรียนทุกหน่วย โดยคิดคะแนนเป็นร้อยละ จากนั้นนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบและหาประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 70/70
2. วิเคราะห์ผลการเรียนรู้ด้านความรู้ของคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน ผลการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ ใช้สถิติ T-test Dependent
3. วิเคราะห์ผลการเรียนรู้ด้านความรู้หลังเรียน ผลการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียน และเจตคติต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง

แสงเชิงพิสิกส์ โดยนำคะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบหลังเรียนมาคิดเป็นค่าร้อยละและนำมาเปรียบเทียบกับค่าร้อยละที่กำหนดเป็นเกณฑ์ ใช้สถิติ T-test One Group

4. วิเคราะห์เจตคติต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง แสงเชิงพิสิกส์ โดยนำคะแนนเฉลี่ยจากการตอบแบบสอบถามวัดเจตคติมาเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยที่กำหนดเป็นเกณฑ์ ใช้สถิติ T-test One Group

สรุปผลการวิจัย

1. การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง แสงเชิงพิสิกส์ พบว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพ 71.81/73.00 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

2. ผลการเรียนรู้ด้านความรู้จากการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง แสงเชิงพิสิกส์ พบว่า คะแนนเฉลี่ยของผลการเรียนรู้ด้านความรู้หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ($p = .000$) และเมื่อพิจารณาผลการเรียนรู้ด้านความรู้ที่วัดในแต่ละด้าน ทั้งด้านความรู้-ความจำ ความเข้าใจ กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ การนำความรู้ และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ คะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนในทุกด้าน

3. ผลการเรียนรู้ด้านความรู้จากการทดสอบหลังเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง แสงเชิงพิสิกส์ ผลการวิจัยพบว่า ค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าระดับดี ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยผลการเรียนรู้ด้านความรู้จากการทดสอบหลังเรียนของนักเรียน โดยแยกศึกษาแบ่งเป็น 3 ประเด็น ดังนี้

3.1 ผลการเรียนรู้ด้านความรู้จากการทดสอบแบบปรนัยหลังเรียนของนักเรียน ผลการวิจัยพบว่า ค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าระดับดี ($p = .002$) และเมื่อพิจารณาผลการเรียนรู้ด้านความรู้จากการทดสอบแบบปรนัยที่วัดในแต่ละด้าน พบว่า ด้านความรู้-ความจำ ด้านความเข้าใจ และด้านการนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ มีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าระดับดี ด้านกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ มีคะแนนหลังเรียนอยู่ในระดับดี

3.2 ผลการเรียนรู้ด้านความรู้จากการทดสอบแบบอัตนัยหลังเรียนของนักเรียน ผลการวิจัยพบว่า ค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าระดับดี ($p = .000$) และเมื่อพิจารณาผลการเรียนรู้ด้านความรู้จากการทดสอบแบบอัตนัยที่วัดในแต่ละด้าน พบว่า ทั้งด้านความรู้-ความจำ ด้านความเข้าใจ ด้านกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และด้านการนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ มีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าระดับดี

3.3. ผลการเรียนรู้ด้านความรู้โดยใช้แผนที่ความคิดหลังเรียนของนักเรียน ผลการวิจัยพบว่า ค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากการทำแผนที่ความคิดสูงกว่าระดับดี ($p = .000$) และเมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยจากการทำแผนที่ความคิดในแต่ละหน่วยการเรียนรู้ พบว่า ทุกหน่วยการเรียนรู้มีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่าระดับดี

4. ผลการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ พบว่า คะแนนเฉลี่ยของผลการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ($p = .000$) และเมื่อพิจารณาผลการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการที่วัดในแต่ละทักษะ ทั้งทักษะการสังเกต ทักษะการคำนวณ ทักษะพยากรณ์ ทักษะหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปกกับสเปส ทักษะลงความคิดเห็นจากข้อมูล ทักษะตีความหมายและลงข้อสรุป มีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนในทุกด้าน

5. ผลการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ ผลการวิจัยพบว่า ค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าระดับดี ($p = .035$) และเมื่อพิจารณาผลการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่วัดในแต่ละทักษะ พบว่า ทักษะการสังเกต ทักษะหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปกกับสเปส และทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูล มีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าระดับดี ทักษะการคำนวณ และทักษะการพยากรณ์ มีคะแนนหลังเรียนอยู่ในระดับดี ทักษะการตีความหมายและลงข้อสรุป มีคะแนนหลังเรียนต่ำกว่าระดับดี

6. เจตคติของนักเรียนต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ ผลการวิจัยพบว่า คะแนนเฉลี่ยของเจตคติต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตสูงกว่าระดับดี ($p = .007$) ในพฤติกรรมทุกด้าน ทั้งด้านความรู้สึกรักคิด ด้านการแสดงออก และด้านการเห็นความสำคัญและประโยชน์ต่อการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

อภิปรายผล

จากการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่องแสงเชิงฟิสิกส์ สามารถอภิปรายผลการศึกษาวิจัยได้ ดังนี้

1. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ มีประสิทธิภาพ 71.81/73.00 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด ซึ่งผลการวิจัยข้างต้นเป็นค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบฝึกหัดระหว่างเรียน มีค่าร้อยละ 71.81 และค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบทดสอบหลังเรียน มีค่าร้อยละ 73.00 ทั้งนี้อาจมาจากสาเหตุหลายประการ ดังนี้

ประการแรก ผู้วิจัยได้ศึกษาและวิเคราะห์เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบและการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตและดำเนินการมาเป็นลำดับขั้นตอน โดยผ่านการตรวจสอบความถูกต้องของแผนเรื่องราวบทเรียน (Story Board) ในด้านความถูกต้องของเนื้อหา ความสอดคล้องกับจุดประสงค์ ความชัดเจนในการอธิบาย ความเหมาะสมกับระดับชั้นเรียนและเวลาที่ใช้ ซึ่งผู้วิจัยได้นำข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญมาปรับปรุงแก้ไข อีกทั้งบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตได้ผ่านการประเมินคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งผลการประเมินอยู่ในระดับดี สอดคล้องกับแนวคิดของไพฑูรย์ ศรีฟ้า (2542 : 97) ที่ได้กล่าวว่า เว็บเพจที่มีคุณภาพควรมีการประเมินคุณค่าจากผู้เชี่ยวชาญ หลังจากนั้นได้มีการนำไปทดลองสอนกับนักเรียนจำนวน 3 คน เพื่อหาข้อบกพร่องและดูความเหมาะสมในด้านเนื้อหาและการนำเสนอ ด้านภาษาและตัวอักษร ด้านกราฟฟิกและพื้นหลัง และนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาปรับปรุงแก้ไข จากนั้นนำไปทดลองกับนักเรียนจำนวน 9 คน เพื่อกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพของบทเรียนและนำข้อบกพร่องที่ยังมีอยู่มาปรับปรุงแก้ไขอีกครั้ง เพื่อให้ได้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตที่มีความสมบูรณ์มากที่สุด ต่อจากนั้นนำไปทดลองกับนักเรียนจำนวน 15 คน เพื่อหาประสิทธิภาพของบทเรียนตามเกณฑ์ที่กำหนด และนำข้อมูลที่ได้จากการประเมินโดยนักเรียน 15 คน มาปรับปรุงแก้ไข เพื่อให้ได้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตที่มีคุณภาพยิ่งขึ้น จะเห็นได้ว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตมีความคุณภาพอยู่ในระดับดี และเป็นสิ่งที่เชื่อถือได้ว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นมีคุณภาพสามารถนำไปใช้ในการเรียนได้ สอดคล้องกับข้อคิดเห็นของ ทศนีย์ ชื่นบาน (2539 : 31) ที่ว่า ในการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ถ้าได้รับการพัฒนาแล้วก็สามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ประการที่สอง บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตที่พัฒนาขึ้นสามารถใช้เป็นสื่อที่เชื่อมโยงระบบการเรียนรู้ระหว่างครูและผู้เรียนเป็นศูนย์กลางเข้าด้วยกัน สร้างระบบการเรียนรู้แบบเครือข่ายที่ไม่ยึดติดกับเวลา สถานที่และบุคคล เป็นการเรียนรู้ตามอัธยาศัยและต่อเนื่องเอื้อต่อการเรียนรู้ที่ยืดความแตกต่างระหว่างผู้เรียน (เย็น ภูววรรณ. 2543 : 32-36) และจากการที่นำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ไปทดลองกับนักเรียนที่มีระดับความสามารถทางการเรียนวิทยาศาสตร์แตกต่างกัน คือ เก่ง ปานกลาง และอ่อน ทำให้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตดังกล่าวมีความเหมาะสมกับผู้เรียนทุกคน อีกทั้งผู้เรียนยังสามารถนำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตกลับไปทบทวนที่บ้านหรือนอกเหนือเวลาเรียนในห้องเรียนได้โดยไม่จำกัด ทำให้ผู้เรียนมีอิสระในการเรียน เกิดความสนุกสนานในการเรียน จึงเกิดการเรียนรู้ได้มากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยไทอันและคนอื่น ๆ (Tyan and Other. 1998) ที่พบว่าการจัดระบบการศึกษาที่นำเอา CMC มาพัฒนาในการจัดสภาพแวดล้อมทางการศึกษา

ด้วยอิเล็กทรอนิกส์และพัฒนาคุณภาพการศึกษา นักเรียนแต่ละคนมีความต้องการที่จะมีส่วนร่วมในการประชุมทางอิเล็กทรอนิกส์ก่อนจะใช้การอภิปรายแบบเผชิญหน้าในห้องเรียนปกติ ทำให้นักเรียนได้มีโอกาสที่จะมีการเรียนรู้แบบร่วมมือ และสร้างองค์ความรู้ด้วยตัวผู้เรียนเองได้เป็นอย่างดี และสอดคล้องกับงานวิจัยของปัทมา สุขศรี (2543 : บทคัดย่อ) ที่พบว่า นักเรียนมัธยมศึกษาในโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยขอนแก่นมีความเห็นว่าอินเทอร์เน็ตเพื่อการศึกษาให้อิสระในการรับรู้ข้อมูลตามความสนใจ ช่วยค้นหาข้อมูลใหม่ได้ง่าย นักเรียนต้องการศึกษาหาความรู้ผ่านทางอินเทอร์เน็ตเพื่อศึกษาด้วยตนเอง

ประการที่สาม การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ได้ออกแบบให้มีลักษณะที่เอื้อต่อการเรียนรู้ของผู้เรียน ทั้งด้านเนื้อหา ที่มีความยากง่ายเหมาะสมกับผู้เรียนด้านภาษาที่อ่านเข้าใจง่าย และมีแบบฝึกหัดหลังบทเรียนแต่ละหน่วย ที่สามารถมีปฏิสัมพันธ์ให้ข้อมูลย้อนกลับแก่ผู้เรียนได้ ด้านกราฟฟิก มีการนำเสนอสื่อประสมที่หลากหลาย ได้แก่ ภาพนิ่ง ภาพเคลื่อนไหว สถานการณ์จำลอง และวีดิทัศน์การทดลอง ทำให้นักเรียนเกิดความกระตือรือร้นและมีความสนใจในการเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้มีความรู้ความเข้าใจในบทเรียนมากยิ่งขึ้นซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของเคซี (Casey. 1994) ที่พบว่า การจัดการเรียนการสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ทำให้นักเรียนมีความกระตือรือร้นที่จะเรียนรู้ ผู้เรียนมีความสนใจสืบค้นข้อมูลมากขึ้น และสอดคล้องกับงานวิจัยของ เลียง ขาตาธิคุณ (2543 : บทคัดย่อ) ที่พบว่า การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเรื่อง การชนและโมเมนตัม ทำให้นักเรียนสนใจและตั้งใจเรียนอีกทั้งนักเรียนสามารถพัฒนาศักยภาพในการเรียนรู้ได้เต็มความสามารถ ตลอดจนเกิดความสนใจที่จะใฝ่รู้ที่จะใฝ่หาความรู้อย่างต่อเนื่อง ซึ่งจะช่วยให้ นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น

ด้วยเหตุผลดังกล่าว จึงเป็นการสนับสนุนผลการวิจัยว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตดังกล่าว มีประสิทธิภาพ 72.48/76.25 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

2. ผลการเรียนรู้ด้านความรู้ของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ ผลการวิจัยพบว่า คะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนในทุกพฤติกรรมที่วัด ($p = .000$) ทั้งด้านความรู้-ความจำ ความเข้าใจ กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ การนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 1 ทั้งนี้อาจมาจากสาเหตุหลายประการ ดังนี้

ประการแรก บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตที่พัฒนาขึ้น ได้ผ่านการประเมินคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญและได้แก้ไขปรับปรุงตามข้อเสนอแนะ ซึ่งผลการประเมินอยู่ในระดับดี อีกทั้งบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตยังได้ผ่านการหาประสิทธิภาพจากนักเรียนจำนวน 9 คน และ 15 คน และมีการปรับปรุงแก้ไขให้ถูกต้องเหมาะสมก่อนจะนำไปใช้

กับกลุ่มตัวอย่างจริง จึงถือว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตมีประสิทธิภาพ ทำให้นักเรียนมีผลการเรียนรู้สูงขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของสมพร สุขะ (2545 : 120) ที่พบว่า ผลการทดสอบความรู้ของนิสิตหลังเรียนด้วยเว็บเพจเพื่อการเรียนรู้ด้วยตนเองผ่านเครือข่าย

อินเทอร์เน็ต หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และสอดคล้องกับงานวิจัยของทิภากร สาลิกา (2546 : 84) ที่พบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่องฟิสิกส์นิวเคลียร์ เบื้องต้น มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

ประการที่สอง บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตที่พัฒนาขึ้น เป็นสื่อทางการศึกษาของโลกยุคใหม่ ที่กำลังได้รับความสนใจ ซึ่งบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตดังกล่าวมีรูปแบบการนำเสนอสิ่งเร้าต่าง ๆ ที่สามารถสร้างแรงจูงใจและก่อให้เกิดความกระตือรือร้นที่จะเรียนรู้ ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีแรงจูงใจ เกี่ยวกับการตื่นตัว ที่กล่าวว่า การใช้สิ่งเร้าที่เคลื่อนไหวได้ เช่น ภาพยนตร์ วิดิทัศน์ จะกระตุ้นให้มีการตื่นตัวในระดับกลาง ซึ่งจะมีความเหมาะสมสำหรับการจูงใจในการเรียนรู้มากที่สุด นอกจากนี้การเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตช่วยเปิดโลกกว้างให้กับผู้เรียน เป็นแหล่งรวบรวมข้อมูลทรัพยากรทางปัญญา เป็นสื่อที่สนับสนุนการทำกิจกรรมร่วมกันได้เป็นอย่างดี สามารถเชื่อมโยงและบูรณาการเรียนการสอนเข้าด้วยกัน (ถนอมพร เลหาจรัสแสง. 2540 – 2541 : 58 – 60) ผู้เรียนสามารถจัดลำดับขั้นตอนในการเรียนตามความสนใจและความสามารถของตนเอง สามารถทบทวนเนื้อหาในเรื่องที่ยังไม่เข้าใจ และยังสามารถค้นคว้าได้จากแหล่งข้อมูลที่หลากหลาย ส่งเสริมให้สภาพแวดล้อมทางการเรียนมีความหมายต่อผู้เรียนและทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของพอล (Paul. 1999) ที่พบว่า เว็บไซต์มีการจัดสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ที่ประกอบด้วยส่วนต่างๆ ที่ให้โอกาสสำหรับการโต้ตอบและมีส่วนร่วม ทำให้เกิดการเรียนรู้แบบร่วมมือ และครูสามารถแนะนำข้อมูลให้กับนักเรียนได้ และสอดคล้องกับงานวิจัยของ รัญลักษณ์ คงกะเรียน (2544 : บทคัดย่อ) ที่พบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศพื้นฐานระดับมัธยมศึกษาตอนต้นหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ด้วยเหตุผลดังกล่าว จึงเป็นการสนับสนุนผลการวิจัยว่า นักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ มีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน

3. ผลการเรียนรู้ด้านความรู้หลังของนักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ ผลการวิจัยพบว่า ค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยผลการเรียนรู้

ด้านความรู้หลังเรียนสูงกว่าระดับดี ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาคำร้อยละของคะแนนเฉลี่ยผล การเรียนรู้ด้านความรู้จากการทดสอบหลังเรียนของนักเรียน โดยแยกศึกษาแบ่งเป็น 3 ประเด็น ดังนี้

1) คำร้อยละของคะแนนเฉลี่ยผลการเรียนรู้ด้านความรู้จากการทดสอบแบบปรนัย หลังเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ผลการวิจัย พบว่า คำร้อยละของคะแนนเฉลี่ยผลการเรียนรู้ด้านความรู้จากการทดสอบแบบปรนัยหลังเรียนสูงกว่า ระดับดี ($p = .002$)

2) คำร้อยละของคะแนนเฉลี่ยผลการเรียนรู้ด้านความรู้จากการทดสอบแบบอัตนัยหลังเรียน ของนักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ผลการวิจัยพบว่า คำ ร้อยละของคะแนนเฉลี่ยผลการเรียนรู้ด้านความรู้จากการทดสอบแบบอัตนัย หลังเรียนสูงกว่าระดับดี ($p = .000$)

3) คำร้อยละของคะแนนเฉลี่ยผลการเรียนรู้ด้านความรู้โดยใช้แผนที่ความคิดหลังเรียน ของนักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ผลการวิจัยพบว่า คำร้อยละของคะแนนเฉลี่ยผลการเรียนรู้ด้านความรู้โดยใช้แผนที่ความคิดหลังเรียนสูงกว่าระดับดี ($p = .000$)

สรุปได้ว่า คำร้อยละของคะแนนเฉลี่ยที่ได้จากแบบทดสอบแบบปรนัย แบบทดสอบแบบ อัตนัย และแผนที่ความคิด มีค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยผลการเรียนรู้ด้านความรู้หลังเรียนสูงกว่า ระดับดี ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 2 ทั้งนี้อาจมาจากสาเหตุหลายประการ ดังนี้

ประการแรก บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เป็นสื่อ อิเล็กทรอนิกส์ ที่มีการนำเสนอเนื้อหาในลักษณะเป็นรูปธรรมมากขึ้น โดยใช้ภาพประกอบ คำอธิบาย ทั้งภาพนิ่ง ภาพเคลื่อนไหว สถานการณ์จำลอง การทดลอง และมีแบบฝึกหัดที่ สามารถให้ข้อมูลย้อนกลับได้ ทำให้นักเรียนมีความตั้งใจในการเรียนและมีความกระตือรือร้น ตลอดเวลาที่มีการเรียน มีความสนุกสนานเพลิดเพลินกับบทเรียน ซึ่งเป็นผลมาจากรูปแบบของ บทเรียนที่มีการนำเสนอสิ่งเร้าต่าง ๆ ทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจ อีกทั้งยังเป็นสื่อที่นักเรียน สามารถเรียนรู้ได้ตามความสามารถของตนเอง มีอิสระภาพในการควบคุมเวลา ซึ่งเป็นการเรียนที่เน้น ความแตกต่างระหว่างบุคคล เพื่อให้ นักเรียนได้เรียนรู้มากที่สุดตามศักยภาพของตนเอง ซึ่งสอดคล้อง กับการเรียนรู้ตามทฤษฎีความแตกต่างระหว่างบุคคล ที่ว่า การสอนนั้นไม่สามารถปั้นผู้เรียนให้เป็น แม่พิมพ์เดียวกันได้ในเวลาที่เท่ากัน เพราะ ผู้เรียนแต่ละคนจะเรียนรู้ตามวิถีทางของเขา และใช้ เวลาเรียนในเรื่องหนึ่ง ๆ ที่แตกต่างกันไป วิธีหนึ่งที่จะช่วยลดความแตกต่างนี้ลงได้ก็คือ การจัดการ สอนตามเอกัตภาพหรือการศึกษาด้วยตนเอง ซึ่งเป็นวิธีการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีอิสระในการเรียนตาม

ความแตกต่างของคนแต่ละคน (เสาวนีย์ สิกขาบัณฑิต. 2528 : 292) และสอดคล้องกับพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 (หมวด 4 มาตรา 22) ที่กล่าวว่าจัดการศึกษาต้องยึดหลักว่าผู้เรียนทุกคนมีความสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้ และถือว่าผู้เรียนสำคัญที่สุด กระบวนการจัดการศึกษาต้องส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาตามธรรมชาติและเต็มตามศักยภาพ ด้วยเหตุนี้การเรียนรู้ด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่าน เครือข่ายอินเทอร์เน็ตจึงส่งผลให้นักเรียนมีผลการเรียนรู้หลังเรียนสูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ โรนัลด์ (Ronald. 2001 : 356 - 360) ที่พบว่า นักเรียนที่เรียนฟิสิกส์ด้วยตัวเองผ่านทางอินเทอร์เน็ตในเนื้อหาเรื่อง การเคลื่อนที่ มีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่าคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนทั่วไป และสอดคล้องกับงานวิจัยของ รุ่งโรจน์ แก้วอุไร (2543 : 142) ที่พบว่า นักเรียนที่เรียนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตที่พัฒนาขึ้นอย่างเป็นระบบมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น

ประการที่สอง การเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เป็นกิจกรรมการเรียนรู้ที่เปลี่ยนรูปแบบและบรรยากาศการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ จากการนั่งฟังการบรรยาย และถ่ายทอดความรู้โดยครู ไปสู่การให้ผู้เรียนได้ใช้แหล่งเรียนรู้นอกห้องเรียน เป็นการเปิดห้องเรียนไปสู่โลกภายนอก เป็นกิจกรรมการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียน สามารถแลกเปลี่ยนความรู้และแสดงความคิดเห็นได้ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดเกี่ยวกับการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน วิทยาศาสตร์ ที่ว่า พึงให้บุคคลได้เรียนรู้เรื่องราวทางวิทยาศาสตร์ด้วยกิจกรรมที่หลากหลาย และพึงกระตุ้นให้บุคคลได้แสดงออกซึ่งจินตนาการในทางวิทยาศาสตร์ ในลักษณะที่สัมพันธ์กับความคิด อเนกนัยผ่านกิจกรรมต่าง ๆ รวมทั้งให้มีโอกาสถ่ายทอดและเปลี่ยนความคิดกับบุคคลอื่น (ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์. 2539 : 176 – 177) นอกจากนี้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ดังกล่าวยังมีแบบฝึกหัดในแต่ละหน่วยการเรียนรู้ ที่สามารถให้ข้อมูลย้อนกลับได้ทันที ผู้เรียนจึงทราบได้ว่าคำตอบที่เลือกไว้ถูกต้องหรือไม่ ทำให้นักเรียนตรวจสอบความเข้าใจในเรื่องนั้น ๆ ได้ สอดคล้องกับแนวคิดของ สถาพร สาธุการ (2540 : 109 – 119) ที่กล่าวว่า บทเรียนควรมีการเสริมแรงด้วยข้อมูลป้อนกลับอย่างทันทีทันใดทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ และสอดคล้องกับแนวคิดของ สุพจน์ มงคลพิชญรักษ์ (2542 : 19) ที่ว่า ข้อมูลย้อนกลับ (Feedback) เป็นลักษณะสำคัญของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน จะเป็นส่วนที่ช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้และทราบผลความก้าวหน้าในการเรียนได้ทันที จึงทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ได้อย่างต่อเนื่อง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ จรุงรัตน์ พันธคงอดิศักดิ์ (2546 : 95) ที่พบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยเว็บเพจเพื่อการศึกษา เรื่อง ทฤษฎีอะตอมและคุณสมบัติของสาร มีผลการเรียนรู้ด้านความรู้หลังเรียนอยู่ในระดับดี (ได้คะแนนร้อยละ 70)

ประการที่สาม การเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เป็นกระบวนการเรียนรู้ที่ก่อให้เกิดทักษะการคิดอย่างมีระบบ โดยเฉพาะการคิดวิเคราะห์แบบสืบค้น การคิดเชิงวิเคราะห์ การวิเคราะห์ข้อมูล การแก้ปัญหา และการคิดอย่างอิสระ (ถนอมพร เลหาจรัสแสง. 2540-2541. 59) จึงทำให้ผู้เรียนเรียนรู้ได้เร็วขึ้นและสามารถสร้างมโนทัศน์ได้ง่ายขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ สมปราวรณา วงศ์บุญหนัก (2541 : 286) ที่พบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย มีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนในด้านผลสัมฤทธิ์ด้านความคิดรวบยอดทางวิทยาศาสตร์ ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และค่านิยมทางวิทยาศาสตร์

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายและสรุปเนื้อหาสาระที่ได้หลังจากเรียนจบบทเรียนทุกครั้ง ก่อนที่นักเรียนจะได้กลับไปทำแผนที่ความคิดเป็นการบ้าน เพื่อเป็นการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกัน ทำให้นักเรียนได้รับความรู้ที่สมบูรณ์และเต็มเต็มในส่วนที่ยังขาดอยู่ จึงเป็นอีกส่วนหนึ่งที่ช่วยให้ผลการเรียนรู้ด้านความรู้โดยใช้แผนที่ความคิดหลังเรียนมีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่าระดับดี

อนึ่ง จากผลการวิจัยพบว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ ทำให้ผลการเรียนรู้ด้านความรู้ในส่วนของกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ มีค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนไม่สูงมาก ถึงแม้ว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตดังกล่าวจะมีความเหมาะสมกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์บางทักษะ เช่น ทักษะการสังเกต ทักษะการคำนวณ ทักษะการพยากรณ์ ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปกกับสเปส ทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูล และทักษะการตีความหมายและลงข้อสรุป แต่ทักษะดังกล่าวเป็นเพียงบางส่วนของกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ อีกทั้งทักษะที่วัดได้ส่วนใหญ่เป็นทักษะขั้นพื้นฐาน มีเพียงทักษะการตีความหมายและลงข้อสรุปเท่านั้นที่เป็นทักษะขั้นบูรณาการ จึงส่งผลให้ภาพรวมของกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ มีคะแนนเฉลี่ยไม่สูงมาก

ด้วยเหตุผลดังกล่าว จึงเป็นการสนับสนุนผลการวิจัยว่า นักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ มีค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยผลการเรียนรู้ด้านความรู้หลังเรียนสูงกว่าระดับดี

4. ในส่วนของการอภิปรายผลการวิจัยข้อที่ 6 และผลการวิจัยข้อที่ 7 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 3 และสมมติฐานข้อที่ 4 ตามลำดับ ผู้วิจัยจะอภิปรายผลควบคู่กันไป ดังนี้

ผลการวิจัยข้อที่ 6 ผลการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์พบว่า คะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนในทุกทักษะที่วัด ($p = .000$) ทั้งทักษะการ

สังเกต ทักษะการคำนวณ ทักษะการพยากรณ์ ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปกกับสเปส ทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูล และทักษะการตีความหมายและลงข้อสรุป ซึ่งเป็นไปตาม สมมติฐานการวิจัยข้อที่ 3

ผลการวิจัยข้อที่ 7 ผลการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนของ นักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ พบว่า ค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าระดับดี ($p = .035$) ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการ วิจัยข้อที่ 4

ทั้งนี้อาจมาจากสาเหตุหลายประการ ดังนี้

ประการแรก ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ในส่วนที่สามารถส่งผลต่อผลการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งผู้วิจัยได้เลือก ทักษะการสังเกต ทักษะการคำนวณ ทักษะการพยากรณ์ ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปก กับสเปส ทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูล และทักษะการตีความหมายและลงข้อสรุป ซึ่งมีความ สอดคล้องและเหมาะสมกับสาระการเรียนรู้ เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ และวิธีการเรียนโดยใช้บทเรียน คอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ ชาญวิทย์ เทียมบุญ ประเสริฐ (2540 : 12) ที่ว่า เนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์มีระดับความยากง่ายแตกต่างกัน จึงมีความ จำเป็นที่ครูผู้สอนต้องพิจารณาเลือกใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ให้เหมาะสมสอดคล้องกับ หัวเรื่องที่จะสอน สอดคล้องกับงานวิจัยของวินัย เลิศเกษมสันต์ (2542 : 64) ที่พบว่า การเรียนด้วย บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนกับไม่ใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนในภาพรวมแล้ว นักเรียนมีทักษะ กระบวนการที่ไม่แตกต่างกัน แต่เมื่อมองแยกเปรียบเทียบในแต่ละทักษะพบว่า การเรียนโดยบทเรียน คอมพิวเตอร์พัฒนาทักษะกระบวนการในด้านการลงความคิดเห็นจากข้อมูลได้สูงกว่า และสอดคล้อง กับงานวิจัยของ พรชัย กำหมอม (2543 : บทคัดย่อ) ที่พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนโดยใช้คอมพิวเตอร์ประกอบการสอนตามแนวคิดของ ออซูเบลสูงกว่าเกณฑ์ 70 % อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ประการที่สอง บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตที่พัฒนาขึ้น เป็นการ นำเสนอเนื้อหาของบทเรียนในลักษณะสื่อประสม (Multimedia) ซึ่งประกอบด้วย ข้อความ ภาพนิ่ง กราฟฟิก ภาพเคลื่อนไหว วิดิทัศน์ สถานการณ์จำลอง การทดลอง ที่ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ ใกล้เคียงกับสถานการณ์จริงในห้องปฏิบัติการ นอกจากนี้ในส่วนของสถานการณ์จำลองเรื่องการแทรกสอดของแสงผ่านสลิตคู่ และการเลี้ยวเบนของแสงผ่านสลิตเดี่ยว ผู้เรียนสามารถเลือกกำหนดตัวแปรต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องได้ เช่น ระยะห่างระหว่างช่องสลิต ที่สามารถเลือกกำหนดได้ตั้งแต่ 20 – 10,000 ไมโครเมตร , ขนาดของช่องสลิตที่สามารถกำหนดได้ตั้งแต่ 1 – 1,000 ไมโครเมตร ,

ระยะห่างระหว่างฉากกับสลิตที่สามารถเลือกกำหนดได้ตั้งแต่ 500–1200 เซนติเมตร และความยาวคลื่นแสงที่ใช้ ซึ่งค่าที่กำหนดได้จากสถานการณ์จำลองนั้นอยู่ในขอบเขตที่ห้องในห้องปฏิบัติการจริงไม่สามารถทำได้เนื่องจากข้อจำกัดด้านอุปกรณ์ นอกจากนี้สถานการณ์จำลองยังทำให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ในสิ่งที่ป็นรูปธรรมมากขึ้น สามารถที่จะเรียนรู้และเข้าใจในทฤษฎีและหลักการได้ง่ายขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ กวนเซง (Guan – Seng. 1998) ที่พบว่า การใช้แบบจำลองและสถานการณ์จำลองทางคอมพิวเตอร์สามารถอธิบายหลักเกณฑ์ทางวิทยาศาสตร์ได้ อีกทั้งยังเป็นการฝึกทักษะการสังเกต ทักษะการคำนวณ ทักษะการพยากรณ์ ทักษะหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปกกับสเปส ทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูล และทักษะการตีความหมายและลงข้อสรุป ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของสมปราวณา วงศ์บุญหนัก (2541 : 6) ที่ว่า นวัตกรรมบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดียที่ได้กำหนดให้มีการสอนเนื้อหาใหม่โดยการนำเสนอรูปแบบการทดลองในลักษณะภาพเคลื่อนไหว ซึ่งเป็นการกระตุ้นให้ผู้เรียนได้ใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์โดยเฉพาะในส่วนของทักษะที่เกี่ยวข้องกับบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนโดยตรง ประกอบด้วย ทักษะการสังเกต ทักษะการวัด ทักษะการคำนวณ ทักษะการพยากรณ์ ทักษะการจำแนกประเภท ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปกกับสเปส สเปกกับเวลา ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของนอร์แมน (Norman. 1992 : 715 – 727) ที่พบว่า นักเรียนที่เรียนโดยครูที่สอนแบบจำลองที่เป็นระบบมีผลสัมฤทธิ์ของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่เรียนโดยครูที่สอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ และสอดคล้องกับงานวิจัยของอเนก ประดิษฐ์พงษ์ (2545 : บทคัดย่อ) ที่พบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่องชีวิตและวิวัฒนาการ มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ประการที่สาม บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตที่พัฒนาขึ้น เป็นสื่อการเรียนที่ช่วยให้ผู้เรียนเกิดมโนคติทางวิทยาศาสตร์ ช่วยให้นักเรียนได้รับประสบการณ์ เป็นสื่อเชื่อมโยงระหว่างนามธรรมไปสู่รูปธรรม ทำให้เกิดความเข้าใจในสถานการณ์ทางวิทยาศาสตร์ดีขึ้น (สมจิต สวธนไพบูลย์. 2541 : 103) ช่วยกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจ ผู้เรียนส่วนใหญ่มีความพอใจและมีความสุขกับการเรียนรู้ด้วยตนเอง เนื่องจากผู้เรียนมีอิสระในการเรียนตามความสามารถของแต่ละบุคคล อีกทั้งในส่วนของสถานการณ์จำลองและการทดลอง ช่วยให้ผู้เรียนสามารถเห็นภาพเหตุการณ์เหมือนของจริง ทำให้เข้าใจเนื้อหาได้ง่าย ผู้เรียนสามารถสังเกตผลการทดลองหรือสถานการณ์จำลองได้ ทำให้ได้ฝึกทักษะที่เกี่ยวข้องกับบทเรียนได้อย่างต่อเนื่อง สอดคล้องกับแนวคิดของ กิดานันท์ มลิทอง (2540 : 88) ที่ว่า สื่อเป็นสิ่งที่ช่วยให้เกิดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ ช่วยให้เข้าใจเนื้อหาบทเรียนที่ยู้งยาก ได้ง่ายขึ้นในระยะเวลาสั้น ๆ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของเคท

ทิงเจอร์ (Kettinger. 1991) ที่พบว่า คอมพิวเตอร์มีความเหมาะสมและสามารถนำไปใช้ในห้องเรียนได้หลายกรณี เช่น ใช้ในการนำเสนอข้อมูล ใช้ประกอบการปฏิบัติ ใช้จำลองสถานการณ์ปรากฏการณ์ต่าง ๆ ในวิชาเคมี ฟิสิกส์ ซึ่งสามารถทำให้ผู้เรียนมีผลการเรียนรู้ดีขึ้น และสนใจการเรียนมากขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ ประวิทย์ บึงสว่าง (2537 : 1) ที่พบว่า การใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบ

สถานการณ์จำลองช่วยให้ผู้เรียนสามารถสรุปผลการทดลองได้ดีกว่าการสรุปผลจากอภิปรายโดยครูผู้สอน

อนึ่ง จากผลการวิจัยพบว่า การเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ ทำให้ผลการเรียนรู้ด้านทักษะการคำนวณ และทักษะการพยากรณ์ มีค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนไม่สูงมาก ทั้งนี้เนื่องจากการเรียนเนื้อหาในส่วนที่มีการคำนวณ มีตัวอย่างการคำนวณเพียง 4-5 ตัวอย่าง และผู้วิจัยอธิบายเสริมให้กับนักเรียนอีกเพียงเล็กน้อย อีกทั้งผู้เรียนไม่เวลาเพียงพอสำหรับการทำแบบฝึกหัดเพิ่มเติมนอกเวลาเรียน เนื่องจากต้องใช้เวลากับการทำแผนที่ความคิดมากพอสมควร

ในส่วนของผลการเรียนรู้ด้านทักษะการตีความหมายและลงข้อสรุป มีค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนต่ำกว่าระดับดี ทั้งนี้เนื่องจาก ทักษะการตีความหมายและลงข้อสรุปเป็นทักษะขั้นบูรณาการ ซึ่งต้องเกิดจากการที่นักเรียนได้ทดลองจริง ลงมือปฏิบัติจริง ผ่านขั้นตอนและกระบวนการในการทดลอง ที่ต้องกำหนดปัญหา ตั้งสมมติฐาน ลงมือปฏิบัติการทดลอง จัดกระทำและสื่อความหมายของข้อมูล และสรุปผลการทดลอง ซึ่งการที่นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริงจะทำให้นักเรียนได้รับประสบการณ์ตรง ได้ฝึกทักษะขั้นสูงที่สามารถก่อให้เกิดทักษะการตีความหมายและลงข้อสรุปได้ แต่ในการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนั้น นักเรียนเพียงแค่ศึกษาและสังเกตการทดลองในวีดิทัศน์เท่านั้น โดยไม่ได้ผ่านการลงมือทดลองจริงด้วยตนเอง ด้วยเหตุนี้จึงทำให้ผลการเรียนรู้ด้านทักษะการตีความหมายและลงข้อสรุปได้ผลต่ำกว่าระดับดี

ด้วยเหตุผลดังกล่าว จึงเป็นการสนับสนุนผลการวิจัยว่า นักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ มีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนในทุกทักษะที่วัด และมีค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าระดับดี

5. เจตคติของนักเรียนต่อการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ ผลการวิจัยพบว่า คะแนนเฉลี่ยของเจตคติต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตสูงกว่าระดับดี ($p = .000$) ในพฤติกรรมที่วัดทุกด้าน ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 5 ทั้งนี้เนื่องมาจาก บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตดังกล่าวเป็นสื่อที่สามารถนำเสนอเนื้อหาที่มีทั้งภาพนิ่ง ภาพเคลื่อนไหว สถานการณ์จำลอง การทดลอง และแบบฝึกหัดที่ให้ข้อมูลย้อนกลับได้ทันที ทำให้ผู้เรียนเรียนด้วยความสนุกและเฝ้าความสนใจ

ตลอดเวลา นอกจากนี้ยังเป็นกิจกรรมที่เปลี่ยนรูปแบบและบรรยากาศในการเรียนวิชาฟิสิกส์ ซึ่งผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ตามความสามารถของตนโดยไม่จำกัดเวลา ผู้เรียนจึงรู้สึกชอบ พอใจและอยากที่จะเรียน สอดคล้องกับคำกล่าวของ กิลฟอร์ด ที่ว่า เจตคติเป็นอารมณ์หรือความรู้สึกที่ทุกคนมีในระดับที่แตกต่างกัน เจตคติจะผลักดันให้บุคคลตอบสนองต่อวัตถุหรือสถานการณ์ต่าง ๆ ในทางที่พอใจหรือไม่พอใจ ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของจุฑารัตน์ ศรารณะวงศ์ (2544 : บทคัดย่อ) ที่พบว่า นักศึกษาคณะพยาบาลมหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่เรียนผ่านเครือข่าย เรื่องการใช้เครื่องมือช่วยค้น สารสนเทศบนอินเทอร์เน็ตมีความพึงพอใจการเรียนบนเครือข่ายอยู่ในระดับมาก และสอดคล้องกับ ผลการวิจัยของทิภากร สาลิกา (2546 : บทคัดย่อ) ที่พบว่า นักเรียนที่ได้รับการเรียนด้วยกิจกรรม การเรียนรู้ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเรื่อง ฟิสิกส์นิวเคลียร์เบื้องต้น มีเจตคติต่อกิจกรรมการเรียนรู้ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ($p = .01$)

ด้วยเหตุผลดังกล่าว จึงเป็นการสนับสนุนผลการวิจัยว่า นักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ คะแนนเฉลี่ยของเจตคติต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตสูงกว่าระดับดี

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะทั่วไป

1. ในส่วนของเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับการคำนวณ ที่มีข้อจำกัดในเรื่องของการพิมพ์สมการต่าง ๆ ครูผู้สอนควรใช้วิธีการสอนตามปกติในชั้นเรียน เพื่อให้ นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจมากยิ่งขึ้น
2. ในส่วนของเนื้อหาที่มีความซับซ้อนหรืออาจทำให้นักเรียนเกิดการเข้าใจผิดได้ เช่น เรื่องของการเลี้ยวเบนผ่านสลิตเดี่ยว กรณีที่ $d \gg \lambda$ กับ $d = \lambda$ ครูผู้สอนควรเพิ่มเติมด้วยการอธิบายหรือทำเอกสารเพิ่มเติมเพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาได้ถูกต้อง ไม่หลงประเด็น
3. ระหว่างการเรียนครูผู้สอนควรเน้นให้นักเรียนได้ใช้ประโยชน์จากกระดานคำถามหรือจดหมายอิเล็กทรอนิกส์กรณีที่ยังสงสัยและไม่เข้าใจ เพื่อเป็นการสร้างปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนกับผู้เรียนและผู้เรียนกับครูผู้สอน
4. เวลาที่ใช้ในการเรียนการสอนบางหน่วยการเรียนรู้ ยังไม่เหมาะสมสำหรับนักเรียนที่มีระดับความสามารถในการเรียนอ่อน ซึ่งครูผู้สอนควรกระตุ้นให้นักเรียนได้ใช้เวลาในห้องเรียนมาศึกษาเพิ่มเติม โดยครูผู้สอนควรจัดมุมสำหรับการเรียนรู้หรือจัดเป็นแหล่งเรียนรู้ที่สามารถให้นักเรียนเข้ามาศึกษาได้ตลอดเวลา

5. ควรศึกษาระบบการบริการของห้องคอมพิวเตอร์ และควรมีการวางแผนการขอเข้าใช้ห้องคอมพิวเตอร์ไว้ล่วงหน้า เพื่อจะได้จัดการเรียนการสอนให้เป็นไปตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่กำหนดไว้ และไม่ทำให้เกิดปัญหาในเรื่องลำดับความต่อเนื่องของเนื้อหา

6. ถึงแม้ว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตจะมีส่วนที่เป็นการทดลองและสถานการณ์จำลองให้นักเรียนได้ศึกษา แต่ครูผู้สอนควรกระตุ้นให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง โดยจัดมุมเรียนรู้ที่สามารถให้นักเรียนได้ทดลองควบคู่กันไปกับการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนสามารถเข้าใจในบทเรียนได้ดียิ่งขึ้น นอกจากนี้ยังเป็นการฝึกฝนให้นักเรียนได้ใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ผ่านกระบวนการคิด การแก้ปัญหา ซึ่งจะทำให้นักเรียนได้รับประสบการณ์ตรง และสามารถนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้

7. สำหรับการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจะมีความเหมาะสมกับทักษะกระบวนการบางเท่าทักษะเท่านั้น ถึงแม้ว่าจะมีส่วนที่เป็นสถานการณ์จำลองและการทดลองในบทเรียน แต่นักเรียนไม่ได้ลงมือปฏิบัติจริง ผ่านขั้นตอนและกระบวนการในการทดลอง ดังนั้นครูผู้สอนควรพิจารณาความเหมาะสมของพฤติกรรมด้านทักษะที่จะวัดอย่างรอบคอบ

8. ในปัจจุบันนักเรียนมีความสามารถในการทำเว็บเพจ เนื่องจากได้เรียนในวิชาคอมพิวเตอร์ ดังนั้นควรให้นักเรียนจัดทำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ในเรื่องที่ตนเองสนใจและมีความรู้ อาจจะทำคนเดียวหรือทำเป็นงานกลุ่ม โดยมีครูผู้สอนช่วยตรวจสอบเนื้อหาและความเหมาะสมในการนำเสนอ

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ในการวิจัย ถ้าจะมีการศึกษาตัวแปรตามด้านทักษะกระบวนการควรพิจารณาให้สอดคล้องกับวิธีการสอนและควรเลือกทักษะกระบวนการที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการเรียนรู้

2. ควรมีการสร้างและพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เป็นหน่วยย่อย ๆ เฉพาะเรื่อง ในลักษณะชุดการเรียนรู้ เพื่อศึกษาพัฒนาการในด้านเจตคติต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์และเจตคติทางวิทยาศาสตร์

3. ควรพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ในลักษณะอื่น ๆ เช่น ให้มีเกมเสริมความรู้แทรกในบทเรียน เพื่อศึกษาความสามารถในการคิดแก้ปัญหา ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ เจตคติทางวิทยาศาสตร์ การประเมินพฤติกรรมกลุ่มโดยการประเมินตามสภาพจริง

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

- กิดานันท์ มลิทอง. (2540). *เทคโนโลยีการศึกษาร่วมสมัย*. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- (2543). *เทคโนโลยีการศึกษาและนวัตกรรม*. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- จิรพรรณ ทะเขียว. (2543). *การเปรียบเทียบทักษะภาคปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการ
เรียนวิชา วิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่สอนโดยใช้ชุดกิจกรรมอุปกรณ์วิทยา
ศาสตร์กับการสอนตามคู่มือครู*. ปรินญาณินพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ :
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- จิตติมา พุทธเจริญ. (2543). *ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความพึงพอใจจากรูปแบบเว็บเพจที่มีการนำ
เสนอต่างกัน*. วิทยานิพนธ์ ศษ.ม. (เทคโนโลยีการศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ถ่ายเอกสาร.
- จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ภาควิชาฟิสิกส์. (2524). *ฟิสิกส์ 2* กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์
มหาวิทยาลัย.
- จุฑารัตน์ ศราวุฒะวงศ์. (2544, มกราคม-มีนาคม). “ผลของการเรียนบนเครือข่ายต่อผลสัมฤทธิ์ทาง
การเรียนเรื่อง การใช้เครื่องมือช่วยค้นสารสนเทศบนอินเทอร์เน็ตของนักศึกษาคณะพยาบาลศาสตร์
มหาวิทยาลัยขอนแก่น,” *วารสารมนุษยศาสตร์ สังคมศาสตร์*. 18(2) : 41.
- จรรยารัตน์ พันธุ์คงอดิศักดิ์. (2546). *การพัฒนาเว็บเพจเพื่อการศึกษา เรื่อง ทฤษฎีอะตอมและคุณสมบัติ
ของสาร สำหรับนักเรียนช่วยชั้นที่ 4*. ปรินญาณินพนธ์ กศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ :
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ชาญวิทย์ เทียมบุญประเสริฐ. (2540). *การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ :
สำนักทดสอบทางการศึกษามหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- ชัยฤทธิ์ ศิลาเดช. (2544). *คู่มือการเขียนแผนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ระดับมัธยมศึกษา*.
กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์.
- ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์. (2526). *วิธีการทางสถิติสำหรับการวิจัย*. พิษณุโลก : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
พิษณุโลก.
- (2542). *การวัดผลการเรียนวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ : ภาควิชาหลักสูตรและการสอน
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- (2545). *การประเมินผลการเรียนวิทยาศาสตร์ตามแนวการปฏิรูปการศึกษา : ฉบับกระชับสาระ*.
กรุงเทพฯ : ถ่ายเอกสาร.

- ถนนอมพร ตันพิพัฒน์. (2539, กรกฎาคม-กันยายน). "อินเทอร์เน็ตเพื่อการศึกษา," *วารสารครุศาสตร์*. 25(1) : 2-11.
- ถนนอมพร เลหาจรัสแสง. (2541). *คอมพิวเตอร์ช่วยสอน*. กรุงเทพฯ : วงกลมโปรดักชั่น.
- . (2540 – 2541, พฤศจิกายน - กุมภาพันธ์). "อินเทอร์เน็ต : เครือข่ายเพื่อการศึกษา," *วารสารครุศาสตร์*. 26(2) : 58 – 60.
- . (2544, มกราคม-มิถุนายน). "การสอนบนเว็บ (Web-Based Instruction) นวัตกรรมเพื่อคุณภาพการเรียนการสอน," *ศึกษาศาสตร์สาร*. 28(1) : 87-89.
- . (2545). *Designing e-Learning : หลักการออกแบบและการสร้างเว็บเพื่อการเรียนการสอน*. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์อรุณ.
- ทบวงมหาวิทยาลัย. คณะอนุกรรมการการปรับปรุงหลักสูตร (2543). *หลักสูตรเล่ม 2*. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ชวนพิมพ์.
- ทักษิณา สนวนนท์. (2539). *พจนานุกรมศัพท์คอมพิวเตอร์*. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : ห.จ.ก. วี.ที.ซี. คอมมูนิเคชั่น.
- ทัศนีย์ ชื่นบาน. (2539, เมษายน – มิถุนายน). "คอมพิวเตอร์ช่วยสอน," *วารสารพัฒนาเทคนิคศึกษา*. 8(18) : 31.
- ทิภากร สาลิกา. (2546). *การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง ฟิสิกส์นิวเคลียร์เบื้องต้น*. ปรินญานิพนธ์ กศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ธัญลักษณ์ คงกะเรียน. (2544). *การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนโดยใช้ไฮเปอร์เท็กซ์วิชาคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศพื้นฐานระดับมัธยมศึกษาตอนต้น*. วิทยานิพนธ์ ศษ.ม. (เทคโนโลยีการศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ถ่ายเอกสาร.
- ธวัชชัย อติเทพสถิต. (2545, มกราคม-กุมภาพันธ์). "WBI การเรียนการสอนในยุคไร้พรมแดน" *สารเนคเทค*.9(44) : 19.
- บุญชู ใจซื่อกุล. (2540, เมษายน-มิถุนายน). "อินเทอร์เน็ต (Internet)," *เทคโนโลยีการศึกษา*. 4(4) : 12-24.
- บุปผชาติ เรืองสุวรรณ. (2530). *การศึกษาเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เขตการศึกษา 10 ปีการศึกษา 2529*. ปรินญานิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). มหาสารคาม : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

- ประวิทย์ บึงสว่าง. (2537). *การใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนจำลองสถานการณ์ในการวิเคราะห์สรุปผลการทดลองเรื่อง ปฏิกริยาเคมี*. วิทยานิพนธ์ ศศ.ม. (การสอนวิทยาศาสตร์). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ถ่ายเอกสาร.
- ประภาเพ็ญ สุวรรณ. (2526). *ทัศนคติ : การวัดการเปลี่ยนแปลงและพฤติกรรมอนามัย*. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.
- ปัทมา สุขศรี. (2543). *ความคิดเห็น ความต้องการและปัญหาเกี่ยวกับการใช้อินเทอร์เน็ตเพื่อการศึกษา ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาในโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยขอนแก่น (ศึกษาศาสตร์)*. วิทยานิพนธ์ ศษ.ม. (เทคโนโลยีการศึกษา).ขอนแก่น : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ถ่ายเอกสาร.
- พฐา สุวรรณรัตน์. (เมษายน-กันยายน 2539). "อินเทอร์เน็ตเครื่องมือสำหรับนักวิจัย," *วารสารวิชาการ มศว. ภาคใต้*. 9(1) : 22-27.
- พัชรินทร์ บางเขียว. (2542). *การประเมินประสิทธิผลของโครงการเครือข่ายคอมพิวเตอร์เพื่อโรงเรียนไทยของโรงเรียนมัธยมศึกษา*. วิทยานิพนธ์ ค.ม. (โสตทัศนศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร.
- พรชัย กำหม. (2543). *การศึกษาลักษณะพฤติกรรมการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในวิชาฟิสิกส์ เรื่องแม่เหล็ก-ไฟฟ้า ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนโดยใช้คอมพิวเตอร์ ประกอบการสอน ตามแนวคิดของออสบูเอล*. วิทยานิพนธ์ ศษ.ม. (เทคโนโลยีการศึกษา) ขอนแก่น : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ถ่ายเอกสาร.
- พวงรัตน์ ทวีรัตน์. (2543). *วิธีการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์*. พิมพ์ครั้งที่ 8. กรุงเทพฯ : สำนักงานทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- ไพบูลย์ เปานิล. (2540, เมษายน-มิถุนายน). "อินเทอร์เน็ตเพื่อการศึกษา" *เทคโนโลยีการศึกษา* 4(4) : 17-29.
- ไพฑูรย์ ศรีฟ้า. (2542, พฤษภาคม). "Webpage" *วารสารเทคโนโลยีสื่อสารการศึกษา*. 6(4) : 97-99.
- ไพศาล หวังวานิช. (2526). *การวัดผลการศึกษา*. กรุงเทพฯ : ไทยวัฒนาพานิช.
- มนตรี ดวงจิโน. (2544, พฤษภาคม-สิงหาคม). "การสร้างเว็บเพจห้องเรียนเสมือนทางอินเทอร์เน็ต," *วารสารวิทยบริการ*. 12(2) : 35-45.
- ภพ เลหาไพบูลย์. (2537). *แนวการสอนวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ : ไทยวัฒนาพานิช.
- มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ภาควิชาฟิสิกส์. (2538). *คู่มือปฏิบัติการฟิสิกส์ II*. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

- มนัส บุญประกอบ. (2533, มกราคม-มีนาคม). “ยุทธศาสตร์ใหม่ทางการศึกษา : แผนภูมิโนทัศน์,”
วารสาร สสวท. 18(69) : 26-29.
- , (2533, กรกฎาคม-กันยายน). “แผนภูมิโนทัศน์ การนำไปใช้ในชั้นเรียน,” วารสาร สสวท. 18
(69) : 26-29.
- , (2543, พฤษภาคม). “การวางแผนการทำงานด้วย ซี เอ็ม,” วารสารพฤติกรรมศาสตร์. 6(1) :
21-36.
- ยีน ภู่วรรณ. (2539, กันยายน-ธันวาคม). “ไซเบอร์แคมบัสเทคโนโลยีเพื่อการเรียนการสอน,”
วารสารศึกษาศาสตร์ปริทัศน์. 11(3) : 26-31.
- , (2543 , กรกฎาคม – กันยายน). “การจัดการศึกษาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี
ตามแผนการปฏิรูปการศึกษา,” สสวท. 28(110) : 9
- รุ่งโรจน์ แก้วอุไร. (2541). “การสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน,” เทคโนโลยีการศึกษา. 5(1) : 31-53.
- , (2543). การพัฒนาระบบการเรียนการสอนผ่านเครือข่ายใยแมงมุม. ปรินซ์นิพนธ์ กศ.ด.
(เทคโนโลยีการศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
ถ่ายเอกสาร.
- เลี้ยง ชาติดิคุณ. (2543). การพัฒนากิจกรรมการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง การชนของโมเมนตัม
บนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย. วิทยานิพนธ์ ศษ.ม.
(เทคโนโลยีการศึกษา). ขอนแก่น : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ถ่ายเอกสาร.
- วรรณทิพา รอดแรงคำ และจิต นวนแก้ว (2532). กิจกรรมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สำหรับ
นักเรียน. กรุงเทพฯ : สถาบันพัฒนาคุณภาพทางวิชาการ.
- วรรณทิพา รอดแรงคำและพิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์. (2542). การพัฒนาการคิดของครูด้วยกิจกรรมทักษะ
กระบวนการทางวิทยาศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : สถาบันพัฒนาคุณภาพวิชาการ.
- วิไลวรรณ ภูละออ. (2542). ฟิสิกส์ของคลื่น. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : ภาควิชาฟิสิกส์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- วิจิต กฤษณะภูมิ. (2538). ฟิสิกส์เบื้องต้นและพื้นฐาน. กรุงเทพฯ : โอ.เอส.พรีนติ้งเฮาส์.
- วินัย เลิศเกษมสันต์ (2542). การศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
วิชาฟิสิกส์ เรื่อง “แรง มวลและกฎการเคลื่อนที่” ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้
คอมพิวเตอร์สร้างสถานการณ์จำลองประกอบชุดการเรียนการสอนกับการสอนตามปกติ.
ปรินซ์นิพนธ์ กศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัย
ศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

- ศิริลักษณ์ ชาวลุ่มบัว (2545). การพัฒนากิจกรรมชุมนุมนักวิทยาศาสตร์รุ่นเยาว์ สำหรับโรงเรียน
ประถมศึกษา. ปรินูญานิพนธ์ กศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ศุภลักษณ์ ทองสนธิ. (2536). ผลการใช้เทคนิคการสอนแบบจัดกรอบมโนทัศน์ที่มีต่อการเปลี่ยนแปลง
มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนในวิชาเคมี. วิทยานิพนธ์ ค.ม. (การสอนวิทยาศาสตร์).
กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2541). คู่มือครูวิชาฟิสิกส์ 3 ว 027. กรุงเทพฯ :
องค์การค้ำค้ำสุสภา.
- (2541). หนังสือเรียนวิชาฟิสิกส์ 3 ว 027. กรุงเทพฯ : องค์การค้ำค้ำสุสภา.
- (2542). หนังสือเรียนวิชาฟิสิกส์ เล่ม 6 ว 026. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์สุสภา.
สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. (2543). การปฏิรูปวิทยาศาสตร์ศึกษาของ
ประเทศไทย. กรุงเทพฯ : หจก.ภาพพิมพ์.
- สถาพร สารการ. (2540, ตุลาคม). “การพัฒนาและประยุกต์ใช้คอมพิวเตอร์มัลติมีเดียทางการศึกษา,”
ทับแก้ว. 4(3) : 109.
- สมจิต สวณไพบูลย์. (2541). เอกสารคำสอน วิชา กว. 571 ประชุมปฏิบัติการสอนวิทยาศาสตร์.
กรุงเทพฯ : ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- สมพงษ์ ใจดี. (2542). ฟิสิกส์มหาวิทยาลัย 4. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สมชาย ประสิทธิ์จตุระกุล. (2539, กันยายน). “อินเทอร์เน็ต : บริการและข้อควรระวัง” *ความรู้คือ
ประทีป*. 3 : 10-15.
- สมปรารถนา วงศ์บุญหนัก (2541). การพัฒนานวัตกรรมบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยการสอนแบบ
มัลติมีเดีย สำหรับการสอนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี. ปรินูญานิพนธ์ กศ.ด.
(วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
ถ่ายเอกสาร.
- สมพร สุขะ (2545). การพัฒนารูปแบบของเว็บเพจเพื่อการเรียนรู้ด้วยตนเองผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต.
ปรินูญานิพนธ์ กศ.ด. (เทคโนโลยีการศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัย
ศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- สมหวัง พิธิยานุวัฒน์. (2543). ข้อเสนอแนะนโยบายการปฏิรูปวิชาชีพครูตามพระราชบัญญัติการศึกษา
แห่งชาติ. กรุงเทพฯ : วัฒนพานิชสำราญราษฎร์.
- สรศักดิ์ แพรดำ. (2544). ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์. อุบลราชธานี : คณะครุศาสตร์ สถาบัน
ราชภัฏอุบลราชธานี.

- สุพจน์ มงคลพิชญรักษ์. (2542, 1-15 สิงหาคม). “CAI ใคร ๆ ก็สร้างได้จริงหรือ?” *ปฏิรูปการศึกษา*. 1(22) : 19.
- สุรพล รักวิจัย. (ม.ป.ป.) *ฟิสิกส์ 2 สำหรับวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์*. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- เสาวนีย์ สีขำบัณฑิต. (2528). *เทคโนโลยีทางการศึกษา*. กรุงเทพฯ : ภาควิชาครุศาสตร์ อุตรดิตถ์ และวิทยาศาสตร์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- สันติ วิจักขณลักษณ์. (2546, มกราคม-มีนาคม). “แนวความคิดออกแบบและการประยุกต์เทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อการเรียนรู้,” *วารสารศูนย์บริการวิชาการ*. 11(1) : 36-43.
- อติพร หวังวัชรกุล. (2543). *เครือข่ายโรงเรียนและเว็บไซต์สำหรับเด็ก*. กรุงเทพฯ : สำนักงานเลขาธิการคณะกรรมการเทคโนโลยีสารสนเทศแห่งชาติ.
- อารมณีย์ เพชรรัตน์. (2527). *เทคนิคการวัดและประเมินผลการศึกษาในระดับประถมศึกษา*. ชลบุรี : คณะศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ บางแสน.
- อุดมศักดิ์ ธนกิจรุ่งเรือง. (2546, พฤษภาคม). “แนวทางการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์,” *วารสารวิชาการ*. 6(5) : 25-27.
- อเนก ประดิษฐ์พงษ์. (2545). *การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง ชีวิตและวิวัฒนาการ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย*. ปริญญาโท กศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร เอกวิทย์ แก้วประดิษฐ์. (2546, มกราคม-มิถุนายน). “สื่ออิเล็กทรอนิกส์,” *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ*. 2(2) : 37-57.
- Anthong, J. Nitko. (1983). *Educational assessment of student*, 2nd ed. Englewood Cliffs, N.J. : Prentice-Hall.
- Brain Patrick Beaudrie. (2000). “*Analysis of Group Problem-Solving Tasks in a Geometry Course for Teachers Using Computer Mediated Conferencing*,” (online). Available : <http://wwwlib.imi.com/dissertations/fullcit/9962225>.
- Feldsine, John Edward, Jr. (1988, March). “The Construction of Concept Maps Facilitates the Learning of General College Chemistry : A Case Study,” *Dissertation Abstracts International*. 48(9) : 2301-A.
- G. Shotsberger, Paul (1999). “*The Instruction Project : Web Professional Development for Mathematics Teachers*,” *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*. (online). 14(3). Available : <http://wwwlib.umi.com/dissertation/fullcit/997325>.

- Gulsun Kuruback. (2000). "*Online Learning : A Study of Students Attitudes towards Web-based Intruction (WBI)*," (online). Available :
<http://wwwlib.umi.com/dissertation/fullcit/997325>.
- Henke, Harold. (2000). *Evaluating Web-Based Instruction Design*. (online). Available :
<http://www.scis.nova.edu/~henkeh/story1.html>.
- Jean, Casey M. (1994). Teacher Net : Student Teacher Travel Their Information Hightway. (CD-Rom) Silver Platter File : Eric Item : EJ 500403.
- Kettinger. W.J. (1991, August). "Computer Classrooms in Higher Education : An Innovation on Teaching," *Educational Technology*. 31(8) : 36 – 43.
- Khoo, Guan-Seng. (1998). "Using Visualiztion and Simulation Tools in Tertiary Science Education," *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*. (online). Available : <http://www.aace.org/pubs/jmst/v17 n1.htm>.
- Kurubacak, Gulsun. (2000). *A Study of Students Attitudes Ttowards Web-Based Instruction (WBI)*. Ed.D. University of Cincinnati. (online). Available :
<http://www.aace.org/pubs/jmst/v17 n1.htm>.
- Norman, John T. (1992, September). "Systematic Modeling versus the Learning Cycle : Comparative Effects of Integrated Science Process Skills Achievement," *Journal of Research in Science Teaching*. 29(1) : 715-727.
- Raymond A. Serway , Robert J. Beichner. (2000). "*Physics for Scientists and Engineers with Modern Physics*" 5th ed instructor 's annotted ed 2000 : Saunders College.
- Roth. Wolff Mechael and Anita Roychoudhury. (1993, February). "The Development of Science Process Skills in Authentic Contexts," *Journal of Research in Science Teaching*. 30(2) : 127-152.
- Ronald L. Greene. (200, September). "Illuminating Physics via Web-Based Self-Study, " *The Physics Teacher*. 39(6) : 356-360.
- Tyan, Nay-ching Nancy & Hong, Frank Min-chow. (2000). When Western Technology Meets Oriental Culture : *Use of Communication in a Higher Education Classroom*. (online). Available : <http://ericir.edu/>.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

- รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือในการวิจัย
- ตัวอย่างสำเนาหนังสือขอความอนุเคราะห์ในการตรวจเครื่องมือวิจัย

รายนามผู้เชี่ยวชาญ

รายนามผู้เชี่ยวชาญในการแนะนำ ตรวจสอบเครื่องมือในการวิจัยครั้งนี้

1. อาจารย์รังสรรค์ ศรีสาคร

ผู้อำนวยการสาขาฟิสิกส์ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

2. อาจารย์ราม ติวารี

นักวิชาการสาขาฟิสิกส์ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ อุษณา ฉลุกล้วย

ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

4. อาจารย์ ดร.สนอง ทองปาน

ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

5. อาจารย์พิสิฐ ศรีสวัสดิ์

หมวดวิทยาศาสตร์ โรงเรียนอรัญประเทศ จังหวัดสระแก้ว

ภาคผนวก ข

- แบบประเมิน เนื้อหาของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ โดยผู้เชี่ยวชาญ
- แบบประเมิน คุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ โดยผู้เชี่ยวชาญ
- แบบสอบถาม ความคิดเห็นต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ โดยนักเรียน
- แบบประเมิน แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้ เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ โดยผู้เชี่ยวชาญ
- แบบประเมิน เกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริกสำหรับแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้แบบอัตนัย โดยผู้เชี่ยวชาญ
- แบบประเมิน เกณฑ์และตัวบ่งชี้สำหรับการประเมินผลการเรียนรู้ด้านความรู้โดยใช้แผนที่ความคิด (Mind Mapping) โดยผู้เชี่ยวชาญ
- แบบประเมิน แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ โดยผู้เชี่ยวชาญ
- แบบสอบถามวัดเจตคติต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ โดยผู้เชี่ยวชาญ

แบบประเมิน

เนื้อหาของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต (แผ่นเรื่องราว) เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ (โดยผู้เชี่ยวชาญ)

คำแนะนำ

1. แบบประเมินนี้สำหรับผู้เชี่ยวชาญใช้ประเมินความเหมาะสมของเนื้อหาของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตจากแผ่นเรื่องราว (Story board) เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 4 ซึ่งประกอบด้วย 5 หน่วยการเรียนรู้ ดังนี้

- หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 ทฤษฎีเกี่ยวกับแสง (กรอบที่ 5 - กรอบที่ 8)
- หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 หลักการสะท้อนหักเหของคลื่น (กรอบที่ 9 - กรอบที่ 12)
- หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 การแทรกสอดของแสง (กรอบที่ 13 - กรอบที่ 34)
- หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 การเลี้ยวเบนของแสง (กรอบที่ 35 - กรอบที่ 46)
- หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 โฟลาไรเซชันของแสง (กรอบที่ 47 - กรอบที่ 56)

2. ในการประเมินครั้งนี้ ขอความกรุณาท่านแก้ไขข้อความและภาษาลงในแบบประเมินได้ตามที่ท่านเห็นว่าเหมาะสม เพื่อจะได้นำข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะมาปรับปรุงแก้ไขก่อนที่จะนำไปพัฒนาเป็นบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

ขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์

แบบประเมิน

เนื้อหาของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต (แผ่นเรื่องราว)
เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ (โดยผู้เชี่ยวชาญ)

คำชี้แจง

โปรดพิจารณาเนื้อหาของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ ว่ามีความเหมาะสมหรือไม่ในการนำมาพัฒนาเป็นบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต โดยขอความกรุณาเขียนเครื่องหมาย / ลงในแบบประเมินได้ช่องระดับความคิดเห็น โดยกำหนดให้

+ 1	หมายถึง	สอดคล้อง
0	หมายถึง	ไม่แน่ใจ
- 1	หมายถึง	ไม่สอดคล้อง

ความสอดคล้อง หมายถึง เนื้อหาที่มีความเหมาะสมในการนำมาพัฒนาเป็นบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

เรื่องที่ประเมิน	ระดับความคิดเห็น			คำแนะนำ
	+ 1	0	- 1	
1. เนื้อหาและการดำเนินเรื่องทฤษฎีเกี่ยวกับ <u>แสง</u> - เนื้อหาที่มีความสอดคล้องกับจุดประสงค์ - ความถูกต้องของเนื้อหา - ความสอดคล้องของเนื้อหา - ความชัดเจนในการอธิบายเนื้อหา - ความเหมาะสมกับระดับชั้นเรียน (ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย) - ความเหมาะสมเวลาเรียนกับเนื้อหา (1 คาบ)				
2. เนื้อหาและการดำเนินเรื่องหลักการข้อบทของคลื่น - เนื้อหาที่มีความสอดคล้องกับจุดประสงค์ - ความถูกต้องของเนื้อหา - ความสอดคล้องของเนื้อหา - ความชัดเจนในการอธิบายเนื้อหา - ความเหมาะสมกับระดับชั้นเรียน (ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย) - ความเหมาะสมเวลาเรียนกับเนื้อหา (1 คาบ)				

เรื่องที่ประเมิน	ระดับความคิดเห็น			คำแนะนำ
	+ 1	0	- 1	
3. <u>เนื้อหาและการดำเนินเรื่องการแทรกสอดของแสง</u> - เนื้อหา มีความสอดคล้องกับจุดประสงค์ - ความถูกต้องของเนื้อหา - ความสอดคล้องของเนื้อหา - ความชัดเจนในการอธิบายเนื้อหา - ความเหมาะสมกับระดับชั้นเรียน (ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย) - ความเหมาะสมเวลาเรียนกับเนื้อหา (4 คาบ)				
4. <u>เนื้อหาและการดำเนินเรื่องการเลี้ยวเบนของแสง</u> - เนื้อหา มีความสอดคล้องกับจุดประสงค์ - ความถูกต้องของเนื้อหา - ความสอดคล้องของเนื้อหา - ความชัดเจนในการอธิบายเนื้อหา - ความเหมาะสมกับระดับชั้นเรียน (ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย) - ความเหมาะสมเวลาเรียนกับเนื้อหา (4 คาบ)				
5. <u>เนื้อหาและการดำเนินเรื่องโพลาไรเซชันของแสง</u> - เนื้อหา มีความสอดคล้องกับจุดประสงค์ - ความถูกต้องของเนื้อหา - ความสอดคล้องของเนื้อหา - ความชัดเจนในการอธิบายเนื้อหา - ความเหมาะสมกับระดับชั้นเรียน (ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย) - ความเหมาะสมเวลาเรียนกับเนื้อหา (4 คาบ)				

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมเรื่องทฤษฎีเกี่ยวกับแสง

.....

.....

.....

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมเรื่องหลักการซ้อนทับของคลื่น.....

.....

.....

.....

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมเรื่องการแทรกสอดของแสง.....

.....

.....

.....

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมเรื่องการเลี้ยวเบนของแสง

.....

.....

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมเรื่องโพลาไรเซชันของแสง

.....

.....

.....

ลงชื่อ

(.....)

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

ผู้ประเมิน

แบบประเมิน

คุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ (โดยผู้เชี่ยวชาญ)

คำแนะนำ

1. แบบประเมินนี้สำหรับผู้เชี่ยวชาญใช้ประเมินคุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตจากแผ่นเรื่องราว (Story board) เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 4 ซึ่งเป็นเครื่องมือในการศึกษาผลการเรียนรู้ด้านความรู้ ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และด้านเจตคติต่อการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต โดยเนื้อหาประกอบด้วย 5 หน่วยการเรียนรู้ ดังนี้

- หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 ทฤษฎีเกี่ยวกับแสง
- หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 หลักการสะท้อนหักเหของคลื่น
- หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 การแทรกสอดของแสง
- หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 การเลี้ยวเบนของแสง
- หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 โฟลาไรเซชันของแสง

2. แบบประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ โดยผู้เชี่ยวชาญ ประกอบด้วยคุณภาพในด้าน 1) เนื้อหาและการนำเสนอ 2) ภาษาและตัวอักษร 3) รูปภาพและพื้นหลัง โดยกำหนดระดับความคิดเห็น ดังนี้

ระดับ 5	หมายถึง	ดีมาก
ระดับ 4	หมายถึง	ดี
ระดับ 3	หมายถึง	ปานกลาง
ระดับ 2	หมายถึง	พอใช้
ระดับ 1	หมายถึง	ควรปรับปรุง

คำแนะนำการเข้าชมเว็บไซต์

1. ระบบที่ต้องการ : คอมพิวเตอร์ระดับ Pentium หน่วยความจำไม่น้อยกว่า 32 MB มี CD-ROM และใช้ระบบปฏิบัติการ Windows 95/98 ระบบแสดงผลที่ความละเอียด 800 x 600 Bit Colors

2. เข้าชมผ่านทางอินเทอร์เน็ต ด้วยโปรแกรม Internet Explorer เวอร์ชัน 4.0 หรือเวอร์ชันที่สูงกว่า ดดยเข้าไปที่เว็บไซต์ <http://www.aran.ac.th/~optics>

3. เข้าชมด้วยแผ่นโปรแกรมที่ส่งมาให้ ด้วยโปรแกรม Internet Explorer เวอร์ชัน 4.0 หรือเวอร์ชันที่สูงกว่า หรือ My Computer โดยเข้าไปที่โฟลเดอร์ Thesis ชื่อไฟล์ index

*** กรณีเข้าชมด้วยแผ่นโปรแกรม กระดานข่าวและบทความไม่สามารถแสดงผลได้ต้องชมผ่านทางอินเทอร์เน็ต

ขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงที่ให้ความอนุเคราะห์

แบบประเมิน

คุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต
เรื่อง แสงเชิงพีสิกส์ (โดยผู้เชี่ยวชาญ)

คำชี้แจง

โปรดพิจารณาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง แสงเชิงพีสิกส์ สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 4 ว่ามีคุณภาพเหมาะสมระดับใดในการนำมาใช้เป็นเครื่องมือในการศึกษาผลการเรียนรู้ด้านความรู้ ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และด้านเจตคติต่อการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต โดยขอความกรุณาเขียนเครื่องหมาย / ลงในแบบประเมินได้ช่องระดับความคิดเห็น

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น				
	5 ดีมาก	4 ดี	3 ปานกลาง	2 พอใช้	1 ควรปรับปรุง
1. ด้านเนื้อหาและการนำเสนอ					
1.1 ลำดับชั้นในการนำเสนอเนื้อหา					
1.2 เนื้อหาสอดคล้องกับจุดประสงค์					
1.3 ความถูกต้องและชัดเจนของเนื้อหา					
1.4 มีความยากง่ายเหมาะสมกับผู้เรียน					
1.5 ความสอดคล้องระหว่างเนื้อหากับแบบทดสอบ					
2. ด้านภาษาและตัวอักษร					
2.1 ภาษามีความถูกต้อง					
2.2 สำนวนภาษาที่ใช้ชัดเจน เข้าใจง่าย					
2.3 ความเหมาะสมของรูปแบบตัวอักษร					
2.4 ความเหมาะสมของขนาดตัวอักษร					
2.5 ความเหมาะสมของสีตัวอักษร					
3. ด้านกราฟฟิกและพื้นหลัง					
3.1 ความถูกต้องของภาพที่นำมาใช้					
3.2 ภาพประกอบสอดคล้องกับเนื้อหาที่นำเสนอ					
3.3 การจัดวางตำแหน่งและขนาดของภาพ					
3.4 ความเหมาะสมของกราฟฟิกในการนำเสนอ					
3.5 ความเหมาะสมของสีพื้นหลัง					

ข้อเสนอแนะอื่น ๆ / ความคิดเห็นอื่นๆ โดยภาพรวม

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

สรุปผล

จากการประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์
สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 4 ให้ระดับคุณภาพอยู่ในเกณฑ์

() ดีมาก	() ดี
() ปานกลาง	() พอใช้
() ควรปรับปรุง	

ลงชื่อ

(.....)

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

ผู้ประเมิน

แบบประเมิน

ความคิดเห็นต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต
เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ (โดยนักเรียน)

คำชี้แจง

โปรดพิจารณาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 4 ว่ามีคุณภาพเหมาะสมระดับใดในการนำมาใช้เป็นเครื่องมือในการศึกษาผลการเรียนรู้ด้านความรู้ ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และด้านเจตคติต่อการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต โดยกรุณาเขียนเครื่องหมาย / ลงในแบบประเมินได้ช่องระดับความคิดเห็น

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น				
	5 ดีมาก	4 ดี	3 ปานกลาง	2 พอใช้	1 ควรปรับปรุง
1. ด้านเนื้อหาและการนำเสนอ					
1.1 ลำดับชั้นในการนำเสนอเนื้อหา					
1.2 เนื้อหาสอดคล้องกับจุดประสงค์					
1.3 ความถูกต้องและชัดเจนของเนื้อหา					
1.4 มีความยากง่ายเหมาะสมกับผู้เรียน					
1.5 ความสอดคล้องระหว่างเนื้อหากับแบบทดสอบ					
2. ด้านภาษาและตัวอักษร					
2.1 ภาษามีความถูกต้อง					
2.2 จำนวนภาษาที่ใช้ชัดเจน เข้าใจง่าย					
2.3 ความเหมาะสมของรูปแบบตัวอักษร					
2.4 ความเหมาะสมของขนาดตัวอักษร					
2.5 ความเหมาะสมของสีตัวอักษร					
3. ด้านกราฟฟิกและพื้นหลัง					
3.1 ความถูกต้องของภาพที่นำมาใช้					
3.2 ภาพประกอบสอดคล้องกับเนื้อหาที่นำเสนอ					
3.3 การจัดวางตำแหน่งและขนาดของภาพ					
3.4 ความเหมาะสมของกราฟฟิกในการนำเสนอ					
3.5 ความเหมาะสมของสีพื้นหลัง					

ข้อเสนอแนะอื่น ๆ / ความคิดเห็นอื่น ๆ โดยภาพรวม

.....

.....

.....

.....

.....

.....

สรุปผล

คุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 4 ให้ระดับคุณภาพอยู่ในเกณฑ์

() ดีมาก	() ดี
() ปานกลาง	() พอใช้
() ควรปรับปรุง	

ลงชื่อ

(.....)

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

ผู้ประเมิน

แบบประเมิน

แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้ เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ (โดยผู้เชี่ยวชาญ)

คำชี้แจงสำหรับผู้เชี่ยวชาญ

1. แบบประเมินนี้สำหรับผู้เชี่ยวชาญใช้ประเมินแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้แบบปรนัย ซึ่งใช้เป็นเครื่องมือในการสอบวัดผลการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย จากการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์

2. ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้สร้างแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้ เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ ประกอบด้วยพฤติกรรมที่ต้องการวัด 4 ด้าน ดังนี้

1) ความรู้-ความจำ หมายถึง ความสามารถในการระลึกถึงสิ่งที่เคยเรียนมาแล้ว กับ ข้อเท็จจริง ศัพท์ การจัดประเภท และการบรรยายลักษณะตามที่เคยเรียนมาแล้ว

2) ความเข้าใจ หมายถึง ความสามารถในการอธิบาย แปลความ ตีความ สร้างข้อสรุป ขยายความ เปรียบเทียบ แสดงความสัมพันธ์ ชี้แจง จำแนก จัดเข้าหมวดหมู่ ยกตัวอย่าง ให้เหตุผล จับใจความ เขียนภาพประกอบ ตัดสินเลือก แสดงความคิดเห็น จัดเรียงลำดับ อ่านกราฟ แผนภูมิ และ แผนภาพได้

3) กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการสืบเสาะหาความรู้ โดยใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ต่าง ๆ เช่น การสังเกต การวัด การคำนวณ การตั้งสมมติฐาน การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล การลงความคิดเห็นจากข้อมูล และการตีความหมายและลงข้อสรุป

4) การนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ หมายถึง ความสามารถในการผสมผสานความรู้ต่าง ๆ การนำกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หรือวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในการแก้ปัญหา หรือการนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้

แบบทดสอบนี้มี 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 เป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 80 ข้อ ส่วนที่ 2 เป็นแบบอัตนัยเขียนตอบ จำนวน 4 ข้อ ซึ่งมีลักษณะอิงเนื้อหาวิชาฟิสิกส์ เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ โดยจำแนกเป็น

พฤติกรรมที่ต้องการวัด	แบบปรนัย (ข้อ)	แบบอัตนัย (ข้อ)
1) ความรู้-ความจำ	20	1
2) ความเข้าใจ	14	1
3) กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์	12	1
4) การนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้	34	1

3. ในการประเมินครั้งนี้ ขอความกรุณาท่านแก้ไขข้อความและภาษาลงในแบบประเมินได้ตามที่ท่านเห็นว่าเหมาะสม

ขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์

แบบประเมิน

แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้แบบปรนัย
เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ (โดยผู้เชี่ยวชาญ)

คำชี้แจง

โปรดพิจารณาแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้แต่ละข้อต่อไปนี้ว่ามีความสอดคล้องและถูกต้องตรงกับจุดประสงค์และพฤติกรรมที่ต้องการวัดหรือไม่ โดยขอความกรุณาเขียนเครื่องหมาย / ลงในแบบประเมินใต้ช่องระดับความคิดเห็น โดยกำหนดให้

+ 1	หมายถึง	สอดคล้อง
0	หมายถึง	ไม่แน่ใจ
- 1	หมายถึง	ไม่สอดคล้อง

ความสอดคล้อง หมายถึง ข้อทดสอบแต่ละข้อมีความสอดคล้องกับจุดประสงค์และพฤติกรรมที่ต้องการวัด

จุดประสงค์	ข้อ ที่	พฤติกรรมที่ ต้องการวัด*	ระดับความ คิดเห็น			คำแนะนำ
			+1	0	-1	
1. อธิบายได้ว่าแสงมีธรรมชาติคู่กันของคลื่นและอนุภาค ตลอดจนบอกได้ว่าพฤติกรรมใดที่แสดงให้เห็นว่าแสงเป็นคลื่นหรืออนุภาค	1	1				
	2	1				
	3	1				
	4	1				
	5	1				
	6	1				
2. อธิบายหลักการซ้อนทับของคลื่น	7	1				
	8	3				
	9	3				
	10	3				
3. ใช้หลักการซ้อนทับเขียนภาพของคลื่นใหม่ที่เกิดจากการซ้อนทับของคลื่น 2 คลื่น	11	2				
	12	2				
	13	2				
	14	2				
4. อธิบายการเกิดแถบมืดแถบสว่างของภาพการแทรกสอดเมื่อแสงผ่านสลิตคู่	15	2				
	16	2				
	17	3				
	18	1				

จุดประสงค์	ข้อ ที่	พฤติกรรมที่ ต้องการวัด*	ระดับความ คิดเห็น			คำแนะนำ
			+1	0	-1	
5. อธิบายได้ว่า เมื่อแสงผ่าน สลิตคู่ ตำแหน่ง ของแถบสว่างใด ๆ เป็นไปตาม ความสัมพันธ์ $d \sin \theta = n\lambda$ และ ตำแหน่งแถบมืดใด ๆ เป็นไปตาม ความสัมพันธ์ $d \sin \theta = (n + \frac{1}{2})\lambda$ เมื่อ $n = 0, 1, 2, \dots$	19	4				
	20	4				
	21	2				
	22	3				
	23	3				
6. บอกความสัมพันธ์ระหว่างความยาวคลื่น ระยะระหว่างช่องสลิต ระยะระหว่างสลิต กับฉาก ระยะที่แถบสว่างห่างจากแนว กลางและลำดับที่ของแถบสว่างนับจาก แนวกลางและใช้ความสัมพันธ์ดังกล่าวหา ปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องได้เมื่อกำหนด สถานการณ์ให้	24	2				
	25	4				
	26	4				
	27	3				
	28	3				
	29	4				
	30	4				
	31	4				
	32	4				
	33	4				
	34	4				
	35	4				
	36	4				
	37	4				
	38	4				
	39	4				
	40	4				
	41	4				
	42	4				
	43	4				
	44	4				
7. เขียนภาพการแทรกสอดที่มองเห็นบน ฉากได้	45	1				
	46	1				
	47	1				
	48	1				

จุดประสงค์	ข้อ ที่	พฤติกรรมที่ ต้องการวัด*	ระดับความ คิดเห็น			คำแนะนำ
			+1	0	-1	
8. อธิบายการเกิดแถบมืดแถบสว่างจาก ภาพการเลี้ยวเบน	49	1				
	50	2				
	51	1				
	52	2				
	53	3				
	54	3				
9. สามารถคำนวณหาตำแหน่งของแถบมืด ของการเลี้ยวเบนได้	55	4				
	56	4				
	57	4				
	58	4				
	59	4				
	60	4				
	61	4				
	62	4				
	63	4				
	64	4				
	65	4				
	66	4				
10. เขียนภาพการแทรกสอดที่เกิดจากการ เลี้ยวเบนที่มองเห็นบนฉากได้	67	1				
	68	1				
11. บอกลักษณะของแสงไม่โพลาไรซ์ได้	69	1				
	70	1				
	71	2				
	72	2				
12. อธิบายการทำให้เกิดแสงโพลาไรซ์ และสรุปได้ว่าแสงเป็นคลื่นและเป็นคลื่นตาม ขวาง	73	1				
	74	1				
	75	3				
	76	2				
	77	4				
	78	4				
	79	2				
	80	3				

พฤติกรรมที่ต้องการวัด*

- 1 หมายถึง ความรู้-ความจำ
- 2 หมายถึง ความเข้าใจ
- 3 หมายถึง กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์
- 4 หมายถึง การนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ

(.....)

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

ผู้ประเมิน

แบบประเมิน

แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้แบบอัตนัย
เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ (โดยผู้เชี่ยวชาญ)

คำชี้แจง

โปรดพิจารณาแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้แต่ละข้อต่อไปนี้ว่ามีความสอดคล้องและถูกต้องตรงกับ
พฤติกรรมที่ต้องการวัดหรือไม่ โดยขอความกรุณาเขียนเครื่องหมาย / ลงในแบบประเมินได้ช่องระดับความ
คิดเห็น โดยกำหนดให้

+ 1 หมายถึง สอดคล้อง
0 หมายถึง ไม่แน่ใจ
- 1 หมายถึง ไม่สอดคล้อง

ความสอดคล้อง หมายถึง ข้อทดสอบแต่ละข้อมีความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด

ข้อ ที่	พฤติกรรมที่ ต้องการวัด*	ระดับความ คิดเห็น			คำแนะนำ
		+1	0	-1	
1	1				
2	2				
3	3				
4	4				

พฤติกรรมที่ต้องการวัด*

- 1 หมายถึง ความรู้-ความจำ
- 2 หมายถึง ความเข้าใจ
- 3 หมายถึง กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์
- 4 หมายถึง การนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม.....
.....
.....
.....
.....
.....

ลงชื่อ
(.....)
...../...../.....

ผู้ประเมิน

แบบประเมิน

เกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบรีคสำหรับแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้แบบอัตนัย
เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ (โดยผู้เชี่ยวชาญ)

วัตถุประสงค์

แบบประเมินนี้สำหรับผู้เชี่ยวชาญใช้ประเมินเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบรีคสำหรับแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้แบบอัตนัย ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ซึ่งจะใช้เป็นเกณฑ์ในการตรวจให้คะแนนในการวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้ของนักเรียน

คำชี้แจง

โปรดพิจารณาเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบรีคสำหรับแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้แบบอัตนัย ว่าแต่ละข้อต่อไปนี้มีคำตอบคล้อยระหว่างพฤติกรรมการแสดงออกกับระดับคะแนนทั้ง 5 ระดับหรือไม่ โดยขอความกรุณาเขียนเครื่องหมาย / ลงในแบบประเมินได้ช่องระดับความคิดเห็น โดยกำหนดให้

+ 1	หมายถึง	สอดคล้อง
0	หมายถึง	ไม่แน่ใจ
- 1	หมายถึง	ไม่สอดคล้อง

ความสอดคล้อง หมายถึง เกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบรีคมีความสอดคล้องระหว่างพฤติกรรมการแสดงออกกับระดับคะแนน

ระดับ คะแนน	พฤติกรรมแสดงออก	ระดับความคิดเห็น			คำแนะนำ
		+1	0	-1	
5	มีเนื้อหาถูกต้องตรงประเด็น ครบถ้วนสมบูรณ์ มีการยกตัวอย่างและขยายรายละเอียดชัดเจน ใช้ภาษาถูกต้องไม่มีคำเขียนผิด	....	....	....	..... ..... .....
4	มีเนื้อหาถูกต้องตรงประเด็น ครบถ้วนสมบูรณ์ มีการยกตัวอย่างและขยายรายละเอียดชัดเจน ใช้ภาษาไม่ถูกต้องและมีคำเขียนผิด	....	....	....	..... ..... .....
3	มีเนื้อหาถูกต้องตรงประเด็น ครบถ้วน มีการยกตัวอย่างแต่ไม่ขยายรายละเอียด ใช้ภาษาไม่ถูกต้องและมีคำเขียนผิด	....	....	....	..... ..... .....
2	มีเนื้อหาถูกต้องตรงประเด็นแต่ไม่ครบถ้วน ไม่มีการยกตัวอย่าง ใช้ภาษาไม่ถูกต้องและมีคำเขียนผิด	....	....	....	..... ..... .....
1	มีเนื้อหาไม่ถูกต้อง ไม่มีการยกตัวอย่างประกอบ ใช้ภาษาไม่ถูกต้องและมีคำเขียนผิด	....	....	....	..... ..... .....

ข้อเสนอนี้เพิ่มเติม.....

ลงชื่อ
 (.....)
/...../.....

ผู้ประเมิน

แบบประเมิน

**เกณฑ์และตัวบ่งชี้สำหรับการประเมินผลการเรียนรู้ด้านความรู้โดยใช้แผนที่ความคิด(Mind Mapping)
เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ (โดยผู้เชี่ยวชาญ)**

คำชี้แจง

โปรดพิจารณาเกณฑ์การประเมินผลการเรียนรู้ด้านความรู้โดยใช้แผนที่ความคิด (Mind Mapping) แต่ละเกณฑ์การประเมินและตัวบ่งชี้ต่อไปนี้มีความสอดคล้องและเหมาะสมกับสิ่งที่ต้องการวัดหรือไม่ โดยขอความกรุณาเขียนเครื่องหมาย / ลงในแบบประเมินได้ช่องระดับความคิดเห็น โดยกำหนดให้

+ 1	หมายถึง	สอดคล้อง
0	หมายถึง	ไม่แน่ใจ
- 1	หมายถึง	ไม่สอดคล้อง

ความสอดคล้อง หมายถึง เกณฑ์การประเมินและตัวบ่งชี้ที่มีความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด

เกณฑ์การประเมิน/ตัวบ่งชี้	ระดับความคิดเห็น			คำแนะนำ
	+1	0	-1	
A ด้านเนื้อหา เมื่อนักเรียนมีพฤติกรรมต่อไปนี้ 1. ถูกต้องตรงประเด็น 2. ครบถ้วนสมบูรณ์ 3. ต่อเนื่องเป็นลำดับ 4. ยกตัวอย่างสอดคล้องกับเนื้อหา				
การให้คะแนน 5 คะแนน เมื่อปฏิบัติได้อย่างถูกต้องทั้งหมด 4 คะแนน เมื่อปฏิบัติตามข้อ 1, 2, 3 3 คะแนน เมื่อปฏิบัติตามข้อ 1, 2, 4 หรือ 1, 3, 4 2 คะแนน เมื่อปฏิบัติตามข้อ 1, 2 หรือ 1, 3 1 คะแนน เมื่อปฏิบัติตามข้อ 1				
B ด้านคุณลักษณะของแผนที่ความคิด เมื่อนักเรียนมีพฤติกรรมต่อไปนี้ 1. กำหนดและจัดระดับของมโนทัศน์ถูกต้อง 2. มีการลากเส้นเชื่อมโยงระหว่างมโนทัศน์ 3. แสดงความสัมพันธ์กันดีตลอดทั้งเรื่อง 4. จัดรูปแบบของมโนทัศน์เหมาะสม ได้สัดส่วน				

เกณฑ์การประเมิน/ตัวบ่งชี้	ระดับความคิดเห็น			คำแนะนำ
	+1	0	-1	
<u>การให้คะแนน</u> 5 คะแนน เมื่อปฏิบัติได้อย่างถูกต้องทั้งหมด 4 คะแนน เมื่อปฏิบัติตามข้อ 1, 2, 3 3 คะแนน เมื่อปฏิบัติตามข้อ 1, 2, 4 หรือ 1, 3, 4 2 คะแนน เมื่อปฏิบัติตามข้อ 1, 2 หรือ 1, 3 1 คะแนน เมื่อปฏิบัติตามข้อ 1				
C ด้านคุณภาพของผลงาน เมื่อนักเรียนมีพฤติกรรมต่อไปนี้ 1. ดูเข้าใจง่าย ไม่สับสนวุ่นวาย 2. สะอาด เป็นระเบียบ 3. แสดงความเป็นเอกลักษณ์ของตนเอง 4. สวยงาม				
<u>การให้คะแนน</u> 5 คะแนน เมื่อปฏิบัติได้อย่างถูกต้องทั้งหมด 4 คะแนน เมื่อปฏิบัติตามข้อ 1, 2, 3 3 คะแนน เมื่อปฏิบัติตามข้อ 1, 2, 4 หรือ 1, 3, 4 2 คะแนน เมื่อปฏิบัติตามข้อ 1, 2 หรือ 1, 3 1 คะแนน เมื่อปฏิบัติตามข้อ 1				
D ด้านการค้นคว้าเพิ่มเติม เมื่อนักเรียนมีพฤติกรรมต่อไปนี้ 1. มีเนื้อหาที่ได้จากแหล่งเรียนรู้เพิ่มเติม 2. มีการระบุแหล่งเรียนรู้อย่างชัดเจน 3. มีการค้นคว้าเพิ่มเติมจากแหล่งเรียนรู้ 1 แหล่ง 4. มีการค้นคว้าเพิ่มเติมจากแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ มากกว่า 1 แหล่ง				
<u>การให้คะแนน</u> 5 คะแนน เมื่อปฏิบัติได้อย่างถูกต้องทั้งหมด 4 คะแนน เมื่อปฏิบัติตามข้อ 1, 2, 4 3 คะแนน เมื่อปฏิบัติตามข้อ 1, 2, 3 2 คะแนน เมื่อปฏิบัติตามข้อ 1, 2 หรือ 1, 3 1 คะแนน เมื่อปฏิบัติตามข้อ 1				

ข้อเสนอนี้เพิ่มเติม.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ
 (.....)
/...../.....

ผู้ประเมิน

แบบประเมิน

แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ (โดยผู้เชี่ยวชาญ)

คำชี้แจงสำหรับผู้เชี่ยวชาญ

1. แบบประเมินนี้สำหรับผู้เชี่ยวชาญใช้ประเมินแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งจะใช้เป็นเครื่องมือในการสอบวัดผลการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย จากการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์

2. ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้สร้างแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ โดยผู้วิจัยต้องการวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 6 ทักษะ ดังนี้

1) ทักษะการสังเกต หมายถึง ความสามารถในการใช้ประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือหลายอย่างรวมกัน ได้แก่ ตา หู จมูก ลิ้น และผิวหนัง เข้าไปสัมผัสโดยตรงกับวัตถุหรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ โดยไม่ใช้ความคิดเห็นของผู้สังเกตลงไปด้วย ความสามารถในการด้านนี้จะแสดงออกโดยสามารถชี้บ่งและบรรยายสมบัติของวัตถุ บรรยายสมบัติเชิงปริมาณของวัตถุ บรรยายการเปลี่ยนแปลงที่สังเกตได้

2) ทักษะการคำนวณ หมายถึง ความสามารถในการบวก ลบ คูณ หาร หรือจัดกระทำกับตัวเลขที่แสดงค่าปริมาณของสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ซึ่งได้จากการสังเกต การวัด การทดลองโดยตรงหรือจากแหล่งอื่น ๆ

3) ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปกกับสเปสและสเปสกับเวลา หมายถึง ความสามารถในการระบุความสัมพันธ์ระหว่างรูป 2 มิติ กับ 3 มิติ ตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุหนึ่งกับอีกวัตถุหนึ่ง การเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของวัตถุกับเวลา

4) ทักษะการพยากรณ์ หมายถึง ความสามารถในการทำนายหรือคาดคะเนสิ่งที่จะเกิดขึ้นล่วงหน้า โดยอาศัยการสังเกตปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น ๆ หรือความรู้ที่เป็นหลักการ กฎหรือทฤษฎีในเรื่องนั้นมาช่วยในการทำนาย

5) ทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูล หมายถึง ความสามารถในการอธิบายข้อมูลที่มีอยู่อย่างมีเหตุผลโดยอาศัยความรู้หรือประสบการณ์เดิมมาช่วย

6) ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป หมายถึง ความสามารถในการแปลความหมายหรือบรรยายลักษณะและคุณสมบัติของข้อมูลที่มีอยู่ บอกความสัมพันธ์ของตัวแปรที่มีอยู่ในข้อมูลได้

แบบทดสอบมีจำนวน 60 ข้อ เป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จะมีลักษณะอิงเนื้อหาเกี่ยวกับเรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ ในวิชาฟิสิกส์ โดยจำแนกเป็น

1) ทักษะการสังเกต	จำนวน	10	ข้อ
2) ทักษะการคำนวณ	จำนวน	16	ข้อ
3) ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปกกับสเปสและสเปสกับเวลา	จำนวน	4	ข้อ
4) ทักษะการพยากรณ์	จำนวน	12	ข้อ
5) ทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูล	จำนวน	14	ข้อ
6) ทักษะการตีความหมายและลงข้อสรุป	จำนวน	4	ข้อ

3. ในการประเมินครั้งนี้ ขอความกรุณาท่านแก้ไขข้อความและภาษาลงในแบบประเมินได้ตามที่ท่านเห็นว่าเหมาะสม

ขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์

แบบประเมิน

แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ (โดยผู้เชี่ยวชาญ)

คำชี้แจง

โปรดพิจารณาแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการแต่ละข้อต่อไปนี่ว่ามีความสอดคล้องและถูกต้องตรงกับทักษะที่ต้องการวัดหรือไม่ โดยขอความกรุณาเขียนเครื่องหมาย / ลงในแบบประเมินได้ช่องระดับความคิดเห็น โดยกำหนดให้

+ 1 หมายถึง สอดคล้อง
 0 หมายถึง ไม่แน่ใจ
 - 1 หมายถึง ไม่สอดคล้อง

ความสอดคล้อง หมายถึง ข้อทดสอบแต่ละข้อมีความสอดคล้องกับทักษะที่ต้องการวัด

ข้อ	ทักษะ	ระดับความคิดเห็น			คำแนะนำ
		+1	0	-1	
1	สเปกกับสเปส สเปกกับเวลา				
2	สเปกกับสเปส สเปกกับเวลา				
3	พยากรณ์				
4	พยากรณ์				
5	ลงความคิดเห็น				
6	สเปกกับสเปส สเปกกับเวลา				
7	สเปกกับสเปส สเปกกับเวลา				
8	ลงความคิดเห็น				
9	ลงความคิดเห็น				
10	ลงความคิดเห็น				
11	พยากรณ์				
12	คำนวณ				
13	คำนวณ				
14	พยากรณ์				
15	พยากรณ์				
16	พยากรณ์				
17	พยากรณ์				
18	ลงความคิดเห็น				
19	ลงความคิดเห็น				

ข้อ	ทักษะ	ระดับความคิดเห็น			คำแนะนำ
		+1	0	-1	
20	ลงความคิดเห็น				
21	ลงความคิดเห็น				
22	ลงความคิดเห็น				
23	ลงความคิดเห็น				
24	คำนวณ				
25	คำนวณ				
26	คำนวณ				
27	คำนวณ				
28	คำนวณ				
29	คำนวณ				
30	คำนวณ				
31	คำนวณ				
32	ตีความหมายและลงข้อสรุป				
33	ตีความหมายและลงข้อสรุป				
34	สังเกต				
35	สังเกต				
36	สังเกต				
37	สังเกต				
38	พยากรณ์				
39	คำนวณ				
40	คำนวณ				
41	คำนวณ				
42	คำนวณ				
43	คำนวณ				
44	คำนวณ				
45	สังเกต				
46	สังเกต				
47	สังเกต				
48	สังเกต				
49	พยากรณ์				
50	พยากรณ์				

ข้อ	ทักษะ	ระดับความคิดเห็น			คำแนะนำ
		+1	0	-1	
51	ตีความหมายและลงข้อสรุป				
52	ตีความหมายและลงข้อสรุป				
53	ลงความคิดเห็น				
54	ลงความคิดเห็น				
55	สังเกต				
56	ลงความคิดเห็น				
57	ลงความคิดเห็น				
58	สังเกต				
59	พยากรณ์				
60	พยากรณ์				

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ

(.....)

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

ผู้ประเมิน

แบบประเมิน

แบบสอบถามวัดเจตคติของนักเรียนต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ (โดยผู้เชี่ยวชาญ)

คำแนะนำ

1. แบบประเมินนี้สำหรับผู้เชี่ยวชาญใช้ประเมินแบบสอบถามวัดเจตคติของนักเรียนต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ ซึ่งจะใช้เป็นเครื่องมือวัดความรู้สึกหรือความคิดเห็นของนักเรียน หลังจากที่ได้เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ จนครบทุกหน่วยการเรียนรู้

2. แบบสอบถามวัดเจตคติของนักเรียนต่อการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ มีทั้งหมด 30 ข้อ โดยมุ่งเน้นประเมินความรู้สึกหรือความคิดเห็นของนักเรียน ประกอบด้วยพฤติกรรม 3 ด้าน คือ

2.1 ด้านความรู้สึกรู้สึกคิดต่อการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต (10 ข้อ)

2.2 ด้านการแสดงออกต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต (10 ข้อ)

2.3 ด้านการเห็นประโยชน์ของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต (10 ข้อ)

แบบสอบถามนี้เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ได้แก่ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อยและน้อยที่สุด ซึ่งสร้างขึ้นตามวิธีของลิเคิร์ตโดยดัดแปลงจากแบบสอบถามวัดเจตคติต่อการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ ซึ่งลักษณะของข้อคำถามมีทั้งเชิงบวกและเชิงลบ

ข้อคำถามเชิงบวก หมายถึง ข้อความที่แสดงความคิดเห็นต่อสิ่งหนึ่งสิ่งใดในทางที่ดี

ข้อคำถามเชิงลบ หมายถึง ข้อความที่แสดงความคิดเห็นต่อสิ่งหนึ่งสิ่งใดในทางที่ไม่ดี

ข้อคำถามเชิงบวก เกณฑ์การให้คะแนน มีดังนี้

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

ข้อคำถามเชิงลบ เกณฑ์การให้คะแนน มีดังนี้

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

3. ในการประเมินครั้งนี้ ขอความกรุณาท่านแก้ไขข้อความและภาษาลงในแบบประเมินได้ตามที่ท่านเห็นว่าเหมาะสม

ขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์

แบบประเมิน

แบบสอบถามวัดเจตคติของนักเรียนต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน
ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่องแสงเชิงฟิสิกส์ (โดยผู้เชี่ยวชาญ)

คำชี้แจง

โปรดพิจารณารายการประเมินของแบบสอบถามวัดเจตคติของนักเรียน แต่ละรายการประเมินต่อไปนี้
ว่ามีความสอดคล้องและเหมาะสมกับพฤติกรรมความรู้สึกที่ต้องการวัดหรือไม่ โดยขอความกรุณาเขียน
เครื่องหมาย / ลงในแบบประเมินได้ช่องระดับความคิดเห็น โดยกำหนดให้

+ 1 หมายถึง สอดคล้อง
0 หมายถึง ไม่แน่ใจ
- 1 หมายถึง ไม่สอดคล้อง

ความสอดคล้อง หมายถึง ลักษณะรายการประเมินมีความสอดคล้องกับพฤติกรรมแสดงความรู้สึก
หรือความคิดเห็นที่ต้องการวัด

ข้อที่	รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น			คำแนะนำ
		+ 1	0	- 1	
1	เชิงบวก				
2	เชิงบวก				
3	เชิงบวก				
4	เชิงบวก				
5	เชิงบวก				
6	เชิงบวก				
7	เชิงลบ				
8	เชิงลบ				
9	เชิงลบ				
10	เชิงบวก				
11	เชิงบวก				
12	เชิงบวก				
13	เชิงบวก				
14	เชิงบวก				
15	เชิงบวก				
16	เชิงบวก				
17	เชิงบวก				
18	เชิงลบ				
19	เชิงลบ				

ภาคผนวก ค

- แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้แบบปรนัย เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์
- แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้แบบอัตนัย เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์
- เกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริกสำหรับแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้แบบอัตนัย
- แบบประเมิน เกณฑ์และตัวบ่งชี้สำหรับการประเมินผลการเรียนรู้ด้านความรู้โดยใช้แผนที่ความคิด (Mind Mapping)
- แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์
- แบบสอบถามวัดเจตคติต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์

**แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้
เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 4**

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบฉบับนี้มี 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 เป็นแบบปรนัยเลือกตอบ มี 4 ตัวเลือก จำนวน 40 ข้อ ใช้เวลาทำ 60 นาที ส่วนที่ 2 เป็นแบบอัตนัยเขียนตอบ จำนวน 4 ข้อ ใช้เวลาทำ 30 นาที
2. ให้นักเรียนเขียนชื่อ ชั้น เลขที่ ลงในกระดาษคำตอบให้ครบถ้วนชัดเจน
3. ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่เห็นว่าถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว แล้วเขียนเครื่องหมาย X ลงในช่องตัวเลือกในกระดาษคำตอบ ถ้าต้องการเปลี่ยนคำตอบให้ทำเครื่องหมาย = ทับคำตอบเดิม แล้วทำเครื่องหมาย X ลงในช่องตัวเลือกใหม่ที่ต้องการตอบลงในกระดาษคำตอบ ดังตัวอย่าง

0. ข้อใดกล่าว**ไม่**ถูกต้องเกี่ยวกับแสง

- ก. เป็นอนุภาค
- ข. เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า
- ค. เคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูง
- ง. ต้องอาศัยตัวกลางในการเคลื่อนที่

ถ้าต้องการเลือกคำตอบข้อ ข. ให้ทำเครื่องหมาย X ลงในกระดาษคำตอบที่แจกให้ ดังนี้

ข้อ	ก.	ข.	ค.	ง.	จ.
0.		X			

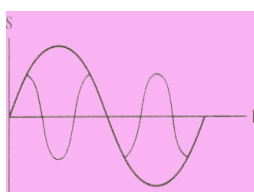
และถ้าต้องการแก้ไขคำตอบจากตัวเลือกข้อ ก. ให้ทำเครื่องหมาย = ทับตัวเลือกที่ไม่ต้องการ แล้วเลือกคำตอบใหม่ ดังนี้

ข้อ	ก.	ข.	ค.	ง.	จ.
0.		~~X~~	X		

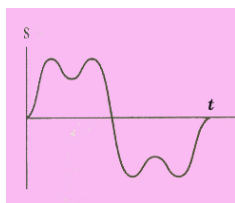
4. ห้ามขีด ทำเครื่องหมาย หรือเขียนข้อความใด ๆ ลงในข้อสอบ
5. เมื่อเสร็จสิ้นการสอบให้นักเรียนส่งคืนแบบทดสอบและกระดาษคำตอบแก่กรรมการคุมสอบ
6. หากมีข้อสงสัยใดๆ ให้สอบถามกรรมการคุมสอบ

หมายเหตุ ในแบบทดสอบชุดนี้ กรณีที่โจทย์มิได้ระบุว่าแหล่งกำเนิดคลื่นเป็นอาพันธ์หรือไม่และมีเฟสอย่างไร ให้พิจารณาว่าเป็นคลื่นจากแหล่งกำเนิดอาพันธ์ที่มีเฟสตรงกัน

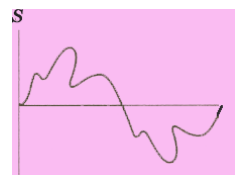
- จากคำกล่าวที่ว่า "แสงมีความเป็นทวิภาพ" หมายความว่าอย่างไร
 - แสงสามารถหักเหและสะท้อนได้
 - แสงสามารถแทรกสอดและเลี้ยวเบนได้
 - แสงเป็นได้ทั้งคลื่นและอนุภาค
 - แสงเป็นได้ทั้งคลื่นตามยาวและคลื่นตามขวาง
- การทดลองใดที่สนับสนุนว่าแสงเป็นคลื่น
 - การแทรกสอด
 - คอมป์ตัน
 - การสะท้อน
 - โฟโตอิเล็กทริก
- ข้อความใดต่อไปนี้ถูกต้อง
 - แสงเป็นอนุภาคเมื่อแสงแสดงสมบัติการสะท้อน การหักเห การแทรกสอด และการเลี้ยวเบน
 - กฎการสะท้อนและการหักเหของแสงไม่สามารถอธิบายได้โดยใช้ทฤษฎีคลื่นแสง
 - เมื่ออนุภาคชนกันแบบยืดหยุ่นพลังงานและโมเมนตัมของอนุภาคจะมีค่าคงที่
 - ปรากฏการณ์คอมป์ตันเป็นที่ยืนยันว่าแสงเป็นคลื่น
- ถ้าคลื่นดลสองขบวนเดินทางผ่านกันจะเกิดผลอย่างไร
 - ความยาวคลื่นจะเพิ่มขึ้นทั้งสองขบวน
 - คลื่นทั้งสองจะเกิดการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมในขณะที่ผ่านกัน
 - เมื่อผ่านกันแล้วแอมพลิจูดของแต่ละคลื่นจะเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม
 - เมื่อผ่านกันแล้วจะมีรูปร่างลักษณะและทิศทางคงเดิมไม่เปลี่ยนแปลง
- ถ้าคลื่นดล 2 ขบวนพบกัน ณ เวลาหนึ่ง คลื่นขบวนหนึ่งมีแอมพลิจูด A อีกขบวนมีแอมพลิจูด B คลื่นลัพธ์ที่ได้จะมีแอมพลิจูดเท่าใด
 - 0
 - A - B
 - A + B
 - อยู่ในช่วงระหว่าง A + B กับ A - B
- ถ้ารูปแรกในข้อนี้เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการกระจัดกับเวลาของคลื่น 2 ชุด ซึ่งมีความถี่ 400 เฮิรตซ์ และ 1,200 เฮิรตซ์ ตามลำดับ คลื่นลัพธ์ของทั้ง 2 คลื่นจะเป็นดังรูปใด



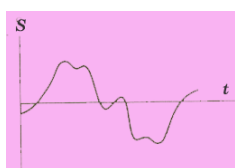
ก.



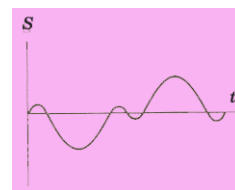
ข.



ค.



ง.



13. จากการทดลองหาความยาวคลื่นของแสงโดยใช้เกรตติ้ง และสมมติว่า X เป็นระยะห่างของแถบแสงจากแถบสว่างกลาง X มีค่าน้อยกว่าระยะห่างของหลอดไฟกับเกรตติ้ง (D) มาก จากข้อมูลในตาราง ค่าของ $n = 1$ ความยาวคลื่นของรังสีสีแดง (γ) มีค่าใด

แสงสี	X (cm)	ความยาวคลื่น (nm)
น้ำเงิน	24	420
เหลือง	28	490
แดง	32	y

- ก. 500 ข. 530
ค. 560 ง. 590
14. เมื่อฉายแสงสีหนึ่งผ่านตึ้งฉากกับสลิตคู่ไปยังฉาก แล้วเกิดแถบสว่างแถบแรกเบนจากแนวกลางเป็นมุม 30° ถ้าเปลี่ยนสลิตคู่ที่มีระยะห่างระหว่างช่องเป็น 2 เท่าของสลิตคู่อันแรก แถบสว่างแถบที่สองจะเบนจากแนวกลางเป็นมุมขนาดเท่าไร
- ก. 15° ข. 30°
ค. 45° ง. 60°
15. เมื่อให้ระยะห่างระหว่างช่องเล็กลายเท่ากับ 0.12 มิลลิเมตร ระยะจากสลิตถึงฉาก 55 เซนติเมตร และความยาวคลื่นของแสงเท่ากับ 546 นาโนเมตร ระยะห่างระหว่างแถบสว่างสองแถบที่อยู่ติดกันมีค่าเท่าใด
- ก. 0.25 เซนติเมตร ข. 2.5 เซนติเมตร
ค. 25 เซนติเมตร ง. 250 เซนติเมตร
16. ในการทดลองของยัง ระยะห่างระหว่างช่องเล็กลายเท่ากับ 0.20 มิลลิเมตร ระยะห่างระหว่างช่องเล็กลายกับฉากเท่ากับ 1.0 เมตร ถ้าฉายแสงสีแดงไปยังช่องเล็กลายคู่ พบว่าระยะจากแถบสว่างที่ 1 มายังกึ่งกลางฉากมีค่าเท่ากับ 3.3 มิลลิเมตร ความยาวคลื่นของแสงสีแดงที่ใช้ในการทดลองมีค่าเท่าใด
- ก. 630 นาโนเมตร ข. 660 นาโนเมตร
ค. 690 นาโนเมตร ง. 700 นาโนเมตร
17. ในการทดลองการแทรกสอดของแสง ให้รังสีขนานของแสงสีเขียวผ่านช่องแคบเล็ก ๆ สองช่องมีระยะห่าง 0.03 มิลลิเมตร ปรากฏว่า แถบสว่างที่ 5 อยู่ห่างจากแถบสว่างตรงกลาง 14 เซนติเมตร บนฉาก ซึ่งห่างจากช่องแคบทั้งสอง 2 เมตร ความยาวคลื่นของแสงมีค่าเท่าใด
- ก. 350 นาโนเมตร ข. 380 นาโนเมตร
ค. 400 นาโนเมตร ง. 420 นาโนเมตร
18. แสงสีเขียวเคลื่อนที่ผ่านสลิตคู่ซึ่งมีระยะห่างระหว่างช่องเท่ากับ 0.8 มิลลิเมตร จะเกิดการแทรกสอดบนฉากซึ่งห่างออกไป 50 เซนติเมตร วัดระยะระหว่างแถบมืดที่ติดกันได้ 0.304 มิลลิเมตร ความยาวคลื่นมีค่าเท่าไร
- ก. 436.2 นาโนเมตร ข. 452.4 นาโนเมตร
ค. 486.4 นาโนเมตร ง. 498.6 นาโนเมตร

26. เหตุใดแสงจึงแสดงสมบัติการเลี้ยวเบนและแทรกสอดได้
- เพราะแสงเป็นอนุภาค
 - เพราะแสงเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูง
 - เพราะแสงเป็นสเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า
 - เพราะแสงมีความถี่อยู่ในช่วงที่สามารถเลี้ยวเบนและแทรกสอดได้
27. ในการเลี้ยวเบนของแสงผ่านสลิตเดี่ยว ถ้าต้องการให้ภาพแถบมืดแถบสว่างปรากฏชัดเจนควรทำอย่างไร
- ใช้คลื่นแสงที่มีความถี่สูง ๆ
 - ให้ความกว้างของสลิตน้อยกว่าความยาวคลื่นมาก ๆ
 - ให้ความกว้างของสลิตมากกว่าความยาวคลื่นมาก ๆ
 - ให้ความกว้างของสลิตมากกว่าความยาวคลื่นเล็กน้อย
28. เมื่อฉายแสงสีเดียวความยาวคลื่น λ ผ่านสลิตเดี่ยวในแนวตรงจาก แถบสว่างกลางบนฉากมีความกว้างเท่ากับ L ถ้าสลิตอยู่ห่างจากฉากเป็นระยะ D ความกว้างของสลิตเดี่ยวมีค่าเท่าใด
- D/L
 - $2D/L$
 - $D\lambda/L$
 - $2D\lambda/L$
29. แสงสีเหลืองความยาวคลื่น 590 นาโนเมตร เป็นลำขนาน ฉายผ่านสลิตเดี่ยวกว้าง 250 ไมโครเมตร แสงที่ตกบนฉากซึ่งวางห่างจากสลิต 50 เซนติเมตร แถบสว่างกลางมีระยะเท่าใด
- 1.18 มิลลิเมตร
 - 2.36 มิลลิเมตร
 - 3.54 มิลลิเมตร
 - 4.92 มิลลิเมตร
30. ช่องเดี่ยวอันหนึ่งกว้าง 0.1 มิลลิเมตร ถูกส่องด้วยแสงที่มีความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร ไปยังฉากซึ่งห่างจากช่องเดี่ยว 40 เซตตะ แถบมืดที่ 3 ห่างจากแถบสว่างแนวกลางเท่าไร
- 0.67 เซนติเมตร
 - 0.72 เซนติเมตร
 - 0.78 เซนติเมตร
 - 0.86 เซนติเมตร
31. แสงเลเซอร์ความยาวคลื่น 630 นาโนเมตร ฉายผ่านสลิตเดี่ยว แล้วปรากฏภาพที่ระยะ 3 เมตร เป็นแถบสว่างหลายแถบ ระยะระหว่างแถบที่มืดทั้งสองข้างของแถบสว่างกลางเป็น 1.5 เซนติเมตร สลิตนั้นมีความกว้างเท่าใด
- 63 ไมโครเมตร
 - 126 ไมโครเมตร
 - 189 ไมโครเมตร
 - 252 ไมโครเมตร
32. ให้แสงสีเดียวผ่านสลิตเดี่ยวขนาด 0.14 มิลลิเมตร ถ้าวางฉากรับภาพที่ระยะ 2 เมตร แถบมืดที่ 2 อยู่ห่างจากแถบสว่างตรงกลางเป็นระยะ 1.6 เซนติเมตร ความยาวคลื่นของแสงสีนี้มีค่าเท่าใด
- 450 นาโนเมตร
 - 486 นาโนเมตร
 - 560 นาโนเมตร
 - 690 นาโนเมตร
 - 30 ไมโครเมตร μm
 - 40 ไมโครเมตร
33. เมื่อให้แสงสีเดียวผ่านสลิตเดี่ยวซึ่งกว้าง 1 ไมโครเมตร ปรากฏว่าแถบมืดแถบแรกบนฉากแนวกลางเป็นมุม 30° ความยาวคลื่นของแสงที่ใช้มีค่าเท่าใด
- 400 นาโนเมตร
 - 450 นาโนเมตร
 - 50 ไมโครเมตร
 - 600 นาโนเมตร

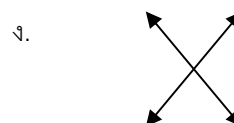
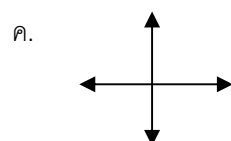
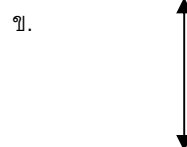
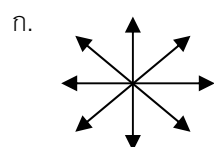
34. รูปใดต่อไปนี้แสดงภาพการเลี้ยวเบนของแสงผ่านสลิตเดี่ยว



35. ข้อความต่อไปนี้ข้อใดถูกต้องที่สุด

- ก. แสงที่ได้จากดวงอาทิตย์เป็นแสงโพลาไรซ์
- ข. แผ่นโพลาไรซ์ยอมให้แสงผ่านได้ทุกระนาบ
- ค. ปรากฏการณ์โพลาไรเซชันเกิดขึ้นกับคลื่นทุกชนิด
- ง. แสงโพลาไรซ์เป็นแสงที่มีการสั่นของระนาบของสนามเพียงระนาบเดียว

36. รูปในข้อใดต่อไปนี้ เป็นลักษณะของแสงที่โพลาไรซ์



37. ข้อความในข้อใดต่อไปนี้ถูกต้อง

- ก. แสงที่ผ่านแผ่นโพลาไรซ์จะมีระนาบของสนามไฟฟ้าตั้งฉากกับแผ่นโพลาไรซ์
- ข. เมื่อนำแผ่นกรองแสงไปรับแสงจากดวงอาทิตย์ แสงที่ผ่านแผ่นกรองแสงจะเป็นแสงโพลาไรซ์
- ค. เมื่อแสงจากดวงอาทิตย์ผ่านแผ่นโพลาไรซ์ 2 แผ่น จะเหลือระนาบของแสงเพียง 2 ระนาบ
- ง. โพลาไรซ์เป็นวัสดุที่ช่วยลดความเข้มแสง โดยยอมให้สนามไฟฟ้าของแสงผ่านไปเฉพาะในแนวที่ขนานกับแกนของโพลาไรซ์

38. การนำแผ่นโพลาไรซ์ไปการสร้างแว่นตาโพลาไรซ์ เพื่อประโยชน์ข้อใด

- ก. เพื่อให้วัตถุมีขนาดใหญ่ขึ้น
- ข. เพื่อช่วยลดแสงสะท้อนจากวัตถุต่างๆ
- ค. เพื่อช่วยเพิ่มความเข้มแสงให้กับวัตถุ
- ง. เพื่อทำให้มองเห็นวัตถุอยู่ในระยะที่ใกล้ขึ้น

39. ข้อใดกล่าวไม่ถูกต้อง

- ก. การโพลาไรซ์เป็นการช่วยลดความเข้มของแสง
- ข. การที่แสงสามารถโพลาไรซ์ได้เป็นการยืนยันว่าแสงเป็นคลื่น
- ค. แสงเป็นคลื่นตามยาว คือมีระนาบการสั่นของสนามไฟฟ้าขนานกับทิศการเคลื่อนที่
- ง. แสงเป็นคลื่นตามขวาง คือมีระนาบการสั่นของสนามไฟฟ้าตั้งฉากกับทิศการเคลื่อนที่

40. จากการทดลองเรื่องโพลาไรเซชันของแสงได้ข้อสรุปที่สำคัญว่าอย่างไร

- ก. แสงเป็นคลื่นตามยาว
- ข. แสงเป็นคลื่นตามขวาง
- ค. แสงเป็นทั้งคลื่นและอนุภาค
- ง. แสงเป็นทั้งคลื่นตามยาวและคลื่นตามขวาง

แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้ แบบอัตนัย
เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 4
ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 4 ข้อ เวลา 30 นาที

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบฉบับนี้เป็นแบบอัตนัยเขียนตอบ จำนวน 4 ข้อ ใช้เวลาทำ 30 นาที
2. ให้นักเรียนเขียนชื่อ ชั้น เลขที่ ลงในกระดาษคำตอบให้ครบถ้วนชัดเจน
3. ให้นักเรียนลงคำตอบลงในกระดาษคำตอบที่แจกให้
4. หากมีข้อสงสัยใดๆ ให้สอบถามกรรมการคุมสอบ

-
1. “แสงมีความเป็นทวิภาพ (dual nature) ของอนุภาคและคลื่น” จงอธิบายคำพูดดังกล่าวพร้อมยกตัวอย่างประกอบ คำอธิบายเพื่อสนับสนุนว่าแสงเป็นทั้งคลื่นและอนุภาค
 2. จงอธิบายว่าเหตุใดเราไม่อาจมองเห็นการแทรกสอดของแสงบนฉากรจากเทียนไข 2 ดวง ที่วางไว้ใกล้กัน
 3. นักเรียนจะมีวิธีการอย่างไรที่จะทดสอบว่าแสงเป็นคลื่น และนักเรียนจะทดลองอย่างไร จงอธิบายวิธีการทดลองพร้อมทั้งอธิบายสิ่งที่เกิดขึ้น
 4. วิธีป้องกันแสงไฟจากรถที่วิ่งสวนพ่วงไปเข้าตาคนขับรถอีกคันหนึ่ง โดยให้รถทุกคันติดแผ่นโพลารอยด์ไว้หน้าดวงไฟ และกระจกรถ จงอธิบายว่าเราจะติดตั้งแผ่นโพลารอยด์อย่างไรจึงจะได้ผลดังกล่าว

เกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริคสำหรับแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้แบบอัตนัย
เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์

ระดับ คะแนน	พฤติกรรมการแสดงออก
5	มีเนื้อหาถูกต้องตรงประเด็น ครบถ้วนสมบูรณ์ มีการยกตัวอย่างและขยายรายละเอียดชัดเจน ใช้ภาษาถูกต้องไม่มีคำเขียนผิด
4	มีเนื้อหาถูกต้องตรงประเด็น ครบถ้วนสมบูรณ์ มีการยกตัวอย่างและขยายรายละเอียดชัดเจน ใช้ภาษาไม่ถูกต้องและมีคำเขียนผิด
3	มีเนื้อหาถูกต้องตรงประเด็น ครบถ้วน มีการยกตัวอย่างแต่ไม่ขยายรายละเอียด ใช้ภาษาไม่ ถูกต้องและมีคำเขียนผิด
2	มีเนื้อหาถูกต้องตรงประเด็นแต่ไม่ครบถ้วน ไม่มีการยกตัวอย่าง ใช้ภาษาไม่ถูกต้องและมีคำเขียน ผิด
1	มีเนื้อหาไม่ถูกต้อง ไม่มีการยกตัวอย่างประกอบ ใช้ภาษาไม่ถูกต้องและมีคำเขียนผิด

เกณฑ์และตัวบ่งชี้การประเมินผลการเรียนรู้ด้านความรู้โดยใช้แผนที่ความคิด
(Mind Mapping)

เกณฑ์การประเมิน	ตัวบ่งชี้การประเมินผลการเรียนรู้ด้านความรู้ โดยใช้แผนที่ความคิด
A ด้านเนื้อหา เมื่อนักเรียนมีพฤติกรรมต่อไปนี้ 1. ถูกต้องตรงประเด็น 2. ครบถ้วนสมบูรณ์ 3. มีเนื้อหาต่อเนื่องเป็นลำดับ 4. ยกตัวอย่างสอดคล้องกับเนื้อหา	5 คะแนน เมื่อปฏิบัติได้อย่างถูกต้องทั้งหมด 4 คะแนน เมื่อปฏิบัติตามข้อ 1,2,3 3 คะแนน เมื่อปฏิบัติตามข้อ 1,2,4 หรือ 1,3,4 2 คะแนน เมื่อปฏิบัติตามข้อ 1,2 หรือ 1,3 1 คะแนน เมื่อปฏิบัติตามข้อ 1
B ด้านคุณลักษณะของแผนที่ความคิด เมื่อนักเรียนมีพฤติกรรมต่อไปนี้ 1. กำหนดและจัดระดับของมโนทัศน์เหมาะสม 2. มีการลากเส้นเชื่อมโยงระหว่างมโนทัศน์ 3. แสดงความสัมพันธ์กันตลอดทั้งเรื่อง 4. จัดรูปแบบของมโนทัศน์เหมาะสม ได้สัดส่วน	5 คะแนน เมื่อปฏิบัติได้อย่างถูกต้องทั้งหมด 4 คะแนน เมื่อปฏิบัติตามข้อ 1,2,3 3 คะแนน เมื่อปฏิบัติตามข้อ 1,2,4 หรือ 1,3,4 2 คะแนน เมื่อปฏิบัติตามข้อ 1,2 หรือ 1,3 1 คะแนน เมื่อปฏิบัติตามข้อ 1
C ด้านคุณภาพของผลงาน เมื่อนักเรียนมีพฤติกรรมต่อไปนี้ 1. ดูเข้าใจง่าย ไม่สับสนวุ่นวาย 2. สะอาด เป็นระเบียบ 3. แสดงความเป็นเอกลักษณ์ของตนเอง 4. สวยงาม	5 คะแนน เมื่อปฏิบัติได้อย่างถูกต้องทั้งหมด 4 คะแนน เมื่อปฏิบัติตามข้อ 1,2,3 3 คะแนน เมื่อปฏิบัติตามข้อ 1,2,4 หรือ 1,3,4 2 คะแนน เมื่อปฏิบัติตามข้อ 1,2 หรือ 1,3 1 คะแนน เมื่อปฏิบัติตามข้อ 1
D ด้านการค้นคว้าเพิ่มเติม เมื่อนักเรียนมีพฤติกรรมต่อไปนี้ 1. มีเนื้อหาที่ได้จากแหล่งเรียนรู้เพิ่มเติม 2. มีการระบุแหล่งเรียนรู้อย่างชัดเจน 3. มีการค้นคว้าเพิ่มเติมจากแหล่งเรียนรู้ 1 แหล่ง 4. มีการค้นคว้าเพิ่มเติมจากแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ มากกว่า 1 แหล่ง	5 คะแนน เมื่อปฏิบัติได้อย่างถูกต้องทั้งหมด 4 คะแนน เมื่อปฏิบัติตามข้อ 1,2,4 3 คะแนน เมื่อปฏิบัติตามข้อ 1,2,3 2 คะแนน เมื่อปฏิบัติตามข้อ 1,2 หรือ 1,3 1 คะแนน เมื่อปฏิบัติตามข้อ 1

แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 4

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบฉบับนี้เป็นแบบปรนัยเลือกตอบ มี 4 ตัวเลือก จำนวน 60 ข้อ ใช้เวลาทำ 90 นาที
2. ให้นักเรียนเขียนชื่อ ชั้น เลขที่ ลงในกระดาษคำตอบให้ครบถ้วนชัดเจน
3. ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่เห็นว่าถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว แล้วเขียนเครื่องหมาย X ลงในช่องตัวเลือกในกระดาษคำตอบ ถ้าต้องการเปลี่ยนคำตอบให้ทำเครื่องหมาย = ทับคำตอบเดิม แล้วทำเครื่องหมาย X ลงในช่องตัวเลือกใหม่ที่ต้องการตอบลงในกระดาษคำตอบ ดังตัวอย่าง
0. ข้อใดกล่าวไม่ถูกต้องเกี่ยวกับแสง
 - ก. เป็นอนุภาค
 - ข. เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า
 - ข. เคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูง
 - ข. ต้องอาศัยตัวกลางในการเคลื่อนที่

ถ้าต้องการเลือกคำตอบข้อ ข. ให้ทำเครื่องหมาย X ลงในกระดาษคำตอบที่แจกให้ ดังนี้

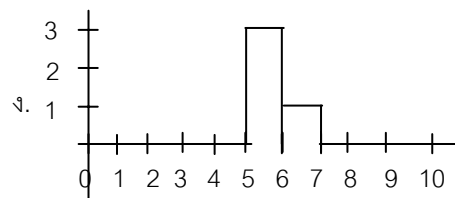
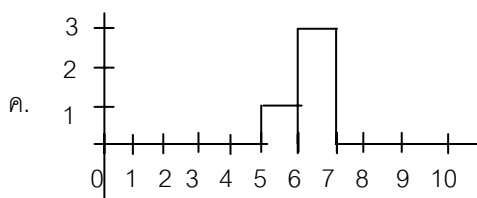
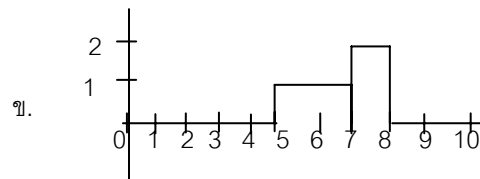
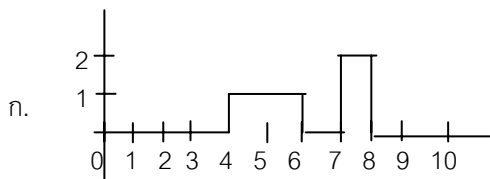
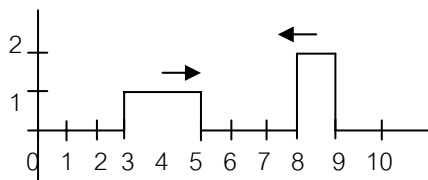
ข้อ	ก.	ข.	ค.	ง.	จ.
0.		X			

และถ้าต้องการแก้ไขคำตอบจากตัวเลือกข้อ ก. ให้ทำเครื่องหมาย = ทับตัวเลือกที่ไม่ต้องการ แล้วเลือกคำตอบใหม่ ดังนี้

ข้อ	ก.	ข.	ค.	ง.	จ.
0.		≠	X		

4. ห้ามขีด ทำเครื่องหมาย หรือเขียนข้อความใดๆ ลงในข้อสอบ
5. เมื่อเสร็จสิ้นการสอบให้นักเรียนส่งคืนแบบทดสอบและกระดาษคำตอบแก่กรรมการคุมสอบ
6. หากมีข้อสงสัยใดๆ ให้สอบถามกรรมการคุมสอบ

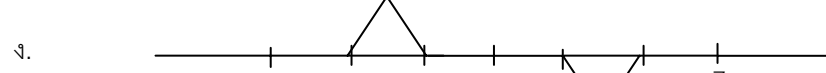
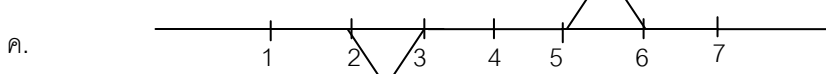
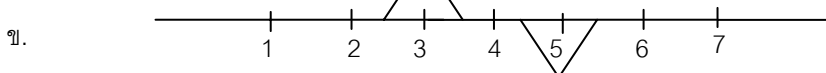
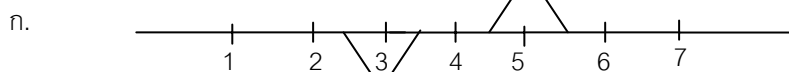
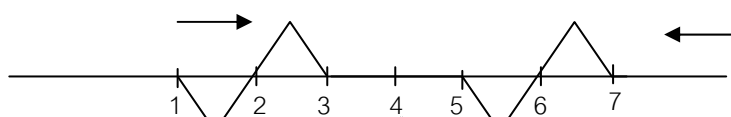
1. คลื่นดกกำลังเคลื่อนที่ดังรูป คลื่นที่มีแอมพลิจูด 1 เซนติเมตร วิ่งไปทางขวา คลื่นที่มีแอมพลิจูด 2 เซนติเมตร วิ่งไปทางซ้ายด้วยอัตราเร็วเท่ากัน 1 เมตร/วินาที ลักษณะของคลื่นรวมที่จะเห็นเมื่อเวลา 0.02 วินาที จะเป็นไปตามข้อใด



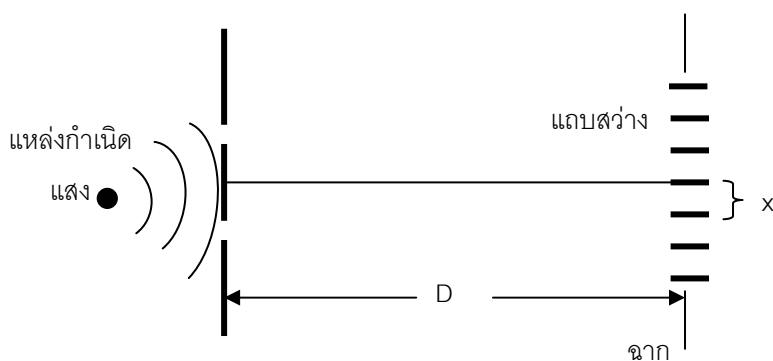
2. กำหนดให้  แทนท้องคลื่นแสง และ  แทนสันคลื่นแสง ที่มีแอมพลิจูดเท่ากัน

ถ้า  พบกับ  หรือ  พบกับ  จะเกิดสิ่งใดในข้อต่อไปนี้

- ก. จะหักล้างกันหมด ได้บริเวณมืด
 ข. จะหักล้างกันไม่หมด ได้บริเวณมืด
 ค. จะหักล้างกันไม่หมด ได้บริเวณสว่าง
 ง. จะหักล้างกันหมด ไม่เกิดบริเวณมืดและบริเวณสว่าง
3. จากรูป คลื่นน้ำ 2 คลื่น เคลื่อนที่เข้าหากัน รูปในข้อใดต่อไปนี้ที่แสดงการซ้อนทับกันเมื่อคลื่นทั้งสองมาพบกัน



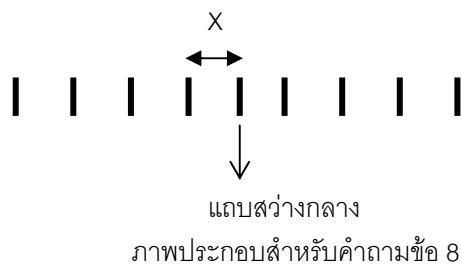
4. คลื่นน้ำ A และ B ซึ่งเคลื่อนที่ไปทางเดียวกัน มีความถี่และแอมพลิจูดเท่ากัน แต่มีเฟสต่างกัน 180° องศา ถ้าสองคลื่นนี้รวมกันได้ ข้อความต่อไปนี้ข้อใดถูกต้อง
- ไม่เกิดคลื่น
 - คลื่นรวมมีความถี่เป็นสองเท่าของคลื่น A และ B
 - คลื่นรวมมีแอมพลิจูดเป็นสองเท่าของคลื่น A และ B
 - คลื่นรวมมีความยาวคลื่นเป็นสองเท่าของคลื่น A และ B
5. จากโจทย์ข้อ 4 ถ้าคลื่นทั้งสองมีเฟสตรงกัน คลื่นสองคลื่นนี้รวมกันได้ ข้อความต่อไปนี้ข้อใดถูกต้อง
- ไม่เกิดคลื่น
 - คลื่นรวมมีความถี่เป็นสองเท่าของคลื่น A และ B
 - คลื่นรวมมีแอมพลิจูดเป็นสองเท่าของคลื่น A และ B
 - คลื่นรวมมีความยาวคลื่นเป็นสองเท่าของคลื่น A และ B
6. ข้อความต่อไปนี้ข้อใดถูกต้อง
- การเคลื่อนที่ของคลื่นเป็นการถ่ายเทพลังงานจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง
 - การซ้อนทับของคลื่นเกิดขึ้นได้เฉพาะคลื่นพบคลื่น และต้องคลื่นพบทั้งคลื่น
 - เมื่อคลื่นสองขบวนเดินทางผ่านกันความยาวคลื่นจะลดลงเท่ากับผลต่างของความยาวคลื่นทั้งสองขบวน
 - ถ้าคลื่นสองขบวนที่เดินทางมาพบกันมีเฟสต่างกัน คลื่นรวมที่เกิดจากคลื่นพบกับทั้งคลื่นจะมีแอมพลิจูดเพิ่มขึ้น
7. จากรูป แสงมีความยาวคลื่น 560 นาโนเมตร ตกกระทบบนฉากกับสลิตคู่ ซึ่งช่องทั้งสองอยู่ห่างกัน 1 มิลลิเมตร เกิดภาพแทรกสอดที่ฉากซึ่งอยู่ห่างจากสลิตคู่ 10 เมตร ถ้าระยะห่างระหว่างแถบสว่างแถบแรกกับแถบสว่างกลาง มีค่าเท่าใด



ภาพประกอบสำหรับคำถามข้อ 7

ก. 5.6×10^{-2} เมตร	ข. 5.6×10^{-3} เมตร
ค. 5.9×10^{-3} เมตร	ง. 5.9×10^{-4} เมตร

เส้นทึบที่ขีดแทนบริเวณที่สว่างของภาพการแทรกสอดซึ่งเกิดจากแสงที่มีความยาวคลื่น 5.8×10^{-7} เมตร ตกตั้งฉากกับสลิตคู่ ซึ่งมีช่องทั้งสองอยู่ห่างกัน 1.6×10^{-5} เมตร ฉากรับภาพอยู่ห่างจากสลิต 1.6 เมตร จงตอบคำถามข้อ 14-16



8. ถ้าใช้แสงที่มีความยาวคลื่นเพิ่มขึ้น ระยะ x จะเปลี่ยนแปลงอย่างไร

ก. เพิ่มขึ้น

ข. ลดลง

ค. คงเดิม

ง. ข้อมูลไม่พอ

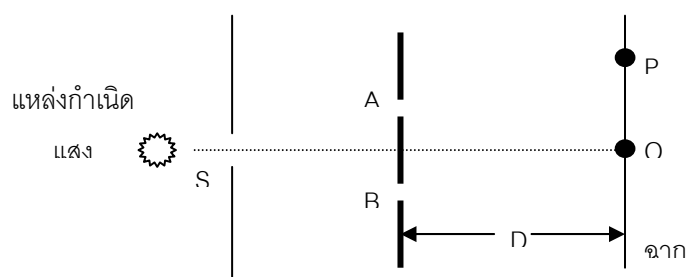
9. ในการทดลองการแทรกสอดของแสงผ่านสลิตคู่ ถ้านักเรียนใช้แสงที่มีความถี่สูง จะมีผลทำให้เกิดสิ่งใด

ก. จำนวนแถบมืดและแถบสว่างลดลง ความกว้างของแถบมืดและแถบสว่างลดลง

ข. จำนวนแถบมืดและแถบสว่างเพิ่มขึ้น ความกว้างของแถบมืดและแถบสว่างลดลง

ค. จำนวนแถบมืดและแถบสว่างลดลง ความกว้างของแถบมืดและแถบสว่างเพิ่มขึ้น

ง. จำนวนแถบมืดและแถบสว่างเพิ่มมากขึ้น ความกว้างของแถบมืดและแถบสว่างเพิ่มขึ้น



ภาพประกอบสำหรับคำถามข้อ 10-11

จากภาพที่กำหนดให้ แหล่งกำเนิดแสงส่องผ่านสลิตเดี่ยว S และผ่านสลิตคู่ AB แล้วตกกระทบฉากซึ่งอยู่ห่างจากสลิตคู่ AB เป็นระยะ D แฉกแบ่งครึ่ง AB ผ่านฉากที่ตำแหน่ง O ถ้าแสงมีความยาวคลื่น λ และ P เป็นจุด ๆ หนึ่งบนฉากที่ทำให้ $BP - AP = 3\lambda/2$ จงตอบคำถามข้อ 22-23

10. ข้อความต่อไปนี้ข้อใดถูกต้อง

ก. P เป็นจุดกึ่งกลางของแถบสว่าง

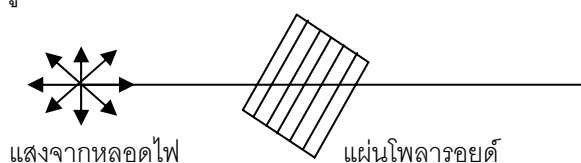
ข. ตำแหน่ง P เป็นจุดกึ่งกลางของแถบมืดที่ 1

ค. O เป็นจุดกึ่งกลางของแถบสว่าง P เป็นจุดกึ่งกลางของแถบมืด

ง. O เป็นจุดกึ่งกลางของแถบมืด P เป็นจุดกึ่งกลางของแถบสว่าง

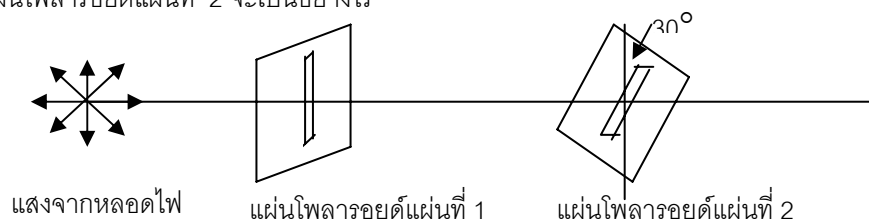
11. ภาพการแทรกสอดบนฉากจากการทดลองชุดนี้ เป็นแถบมืดแถบสว่าง ถ้าต้องการให้แถบสว่างอยู่ติดกันมากขึ้นกว่าเดิม จะต้องทำอย่างไร
- ลดระยะ D ลง
 - ใช้แหล่งกำเนิดแสงเข้าไปใกล้สลิต
 - ใช้แหล่งกำเนิดแสงที่มีความถี่น้อยลง
 - ใช้สลิตที่มีระยะห่างระหว่างช่องมากขึ้น
12. ในการวัดความยาวคลื่นของสเปกตรัมของไฮโดรเจน โดยใช้เกรตติงขนาด 5,000 เส้น/เซนติเมตร ปรากฏว่าวัดมุมที่สเปกตรัมเส้นหนึ่งทำกับแนวเส้นตั้งฉากจากเกรตติงไปยังหลอดสเปกตรัมได้ 19° ความยาวคลื่นของสเปกตรัมเส้นนี้เท่ากับเท่าใด ($\sin 19^\circ = 0.326$)
- 386 nm
 - 412 nm
 - 434 nm
 - 652 nm
13. แสงสีแดงความยาวคลื่น 600 nm ผ่านเกรตติง ถ้าแสงเบนไปจากแนวกลางเป็นมุม 25 องศา ขนาดของเกรตติงเป็นเท่าใด (กำหนดให้ $\sin 25 = 0.42$ $\cos 25 = 0.91$ $\tan 25 = 0.47$)
- 5,500 เส้น/เซนติเมตร
 - 6,000 เส้น/เซนติเมตร
 - 6,700 เส้น/เซนติเมตร
 - 7,000 เส้น/เซนติเมตร
14. เมื่อให้แสงที่เปล่งจากหลอดบรรจุไฮโดรเจน ผ่านตั้งฉากแผ่นเกรตติงเลี้ยวเบนอันหนึ่งปรากฏว่า เส้นสเปกตรัมลำดับที่ 2 เนื่องจากแสงสีแดงซึ่งมีความยาวคลื่น 656 นาโนเมตร ซ้อนอยู่ที่เดียวกับสเปกตรัมอีกเส้นหนึ่งที่เป็นลำดับที่ 3 เนื่องจากแสงสีอื่นอีกสีหนึ่ง แสงสีนี้จะมีค่าความยาวคลื่นเท่าใด
- 437 nm
 - 486 nm
 - 546 nm
 - 579 nm
15. เมื่อฉายแสงความยาวคลื่น 500 นาโนเมตร ลงบนสลิตคู่ ซึ่งมีระยะห่างระหว่างสลิตเป็น 1 มิลลิเมตร อยากทราบว่าจุดที่เกิดการแทรกสอดแบบเสริมกันจุดที่ 2 จะอยู่เบนไปจากแนวที่ฉายแสงเป็นมุมเท่าใด
- $\sin^{-1}(10^3)$
 - $\sin^{-1}(10^{-2})$
 - $\sin^{-1}(10^{-3})$
 - $\sin^{-1}(10^2)$
16. ข้อความต่อไปนี้ข้อใดกล่าวไม่ถูกต้องเกี่ยวกับการแทรกสอดของแสงเมื่อผ่านช่องแคบคู่และช่องแคบเดี่ยว
- ความกว้างของแถบสว่างที่เกิดจากการแทรกสอดของแสงผ่านช่องแคบคู่กับช่องแคบเดี่ยวต่างกัน
 - แถบสว่างที่เกิดจากการแทรกสอดของแสงผ่านช่องแคบคู่และช่องแคบเดี่ยวเป็นตำแหน่งที่คลื่นมีเฟสตรงกัน
 - ถ้าเพิ่มความกว้างของช่องแคบเดี่ยวให้เท่ากับระยะห่างของช่องแคบคู่ ระยะห่างระหว่างแถบมืดแถบสว่างจะเพิ่มด้วย
 - ถ้าจากอยู่ไกลออกไปจำนวนแถบมืดและแถบสว่างที่เกิดจากการแทรกสอดของแสงผ่านช่องแคบคู่และช่องแคบเดี่ยวยังไม่เปลี่ยนแปลง
17. เมื่อให้แสงขาวผ่านตั้งฉากกับเกรตติง แสงสีใดในแถบเดียวกันจะเบนจากแนวกลางน้อยที่สุด
- น้ำเงิน
 - เขียว
 - เหลือง
 - ส้ม

27. จากการทดลองเมื่อใช้แผ่นโพลารอยด์หนึ่งแผ่นส่องผ่านแสงจากหลอดไฟ แสงที่ผ่านแผ่นโพลารอยด์จะมี
ระนาบการสั่นของสนามไฟฟ้าอยู่ในแนวใด
- ก. ขนานกับแผ่นโพลารอยด์ ข. ทำมุม 30 องศา กับแผ่นโพลารอยด์
ค. ทำมุม 60 องศา กับแผ่นโพลารอยด์ ง. ตั้งฉากกับแผ่นโพลารอยด์
28. เมื่อนำแผ่นโพลารอยด์ A และ B มาประกบกัน แล้วมองดูแสงจากหลอดไฟ ถ้าต้องการให้แสงที่ผ่านแผ่นโพลารอยด์แผ่น B ออกมามีความเข้มเป็นศูนย์ จะต้องวางแผ่นโพลารอยด์แผ่น A กับ แผ่น B ทำมุมกันกี่องศา
- ก. 0 องศา ข. 30 องศา
ค. 60 องศา ง. 90 องศา
29. จากรูป เมื่อนำแผ่นโพลารอยด์ 1 แผ่นมาวางไว้หน้าหลอดไฟ ระนาบของแสงที่ผ่านแผ่นโพลารอยด์จะเป็นดังรูปใด



- ก. 
 ข. 
- ค. 
 ง. 

30. เมื่อนำแผ่นโพลารอยด์ 2 แผ่นมาวางไว้หน้าหลอดไฟ แล้วทำการหมุนแผ่นโพลารอยด์แผ่นที่ 2 จนกระทั่งแผ่นโพลารอยด์แผ่นที่ 2 ทำมุมกับแกนของแผ่นโพลารอยด์แผ่นแรกเป็นมุม 30 องศา ดังรูป ความสว่างที่ออกมาจากแผ่นโพลารอยด์แผ่นที่ 2 จะเป็นอย่างไร



- ความสว่างจะเท่าเดิมไม่เปลี่ยนแปลง
- ความสว่างจะเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับตอนที่แกนของแผ่นโพลารอยด์ทั้งสองขนานกัน
- ความสว่างจะลดลงเมื่อเทียบกับตอนที่แกนของแผ่นโพลารอยด์ทั้งสองตั้งฉากกัน
- ความสว่างจะลดลงเมื่อเทียบกับตอนที่แกนของแผ่นโพลารอยด์ทั้งสองขนานกัน

แบบสอบถามวัดเจตคติของนักเรียนต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่าย อินเทอร์เน็ต เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์

คำชี้แจง

1. ให้นักเรียนแสดงความรู้สึกที่มีต่อการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ ความเห็นของนักเรียนเป็นความเห็นเฉพาะบุคคล ไม่มีผลต่อคะแนนผลการเรียนใด ๆ ฉะนั้นขอให้ตอบให้ตรงกับความรู้สึกของนักเรียนให้มากที่สุดและตอบให้ครบทุกข้อ
2. ให้นักเรียนอ่านข้อความให้เข้าใจ แล้วแสดงความคิดเห็นที่มีต่อข้อความนั้นด้วยการทำเครื่องหมาย / ลงในช่องระดับความคิดเห็น ดังนี้
 - 5 หมายความว่ามีความเห็นด้วยอยู่ในระดับมากที่สุด
 - 4 หมายความว่ามีความเห็นด้วยอยู่ในระดับมาก
 - 3 หมายความว่ามีความเห็นด้วยอยู่ในระดับปานกลาง
 - 2 หมายความว่ามีความเห็นด้วยอยู่ในระดับน้อย
 - 1 หมายความว่ามีความเห็นด้วยอยู่ในระดับน้อยที่สุด

**แบบสอบถามวัดเจตคติของนักเรียนต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่าย
อินเทอร์เน็ต เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์**

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น				
	5	4	3	2	1
ก) ความรู้สึกนึกคิดต่อการเรียนด้วยบทเรียน คอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต การเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่าย อินเทอร์เน็ตทำให้นักเรียนมีพฤติกรรมต่อไปนี้ในระดับใด					
1. ช่วยให้ได้สาระมากขึ้น รวดเร็ว ไม่ยุ่งยาก					
2. ทำให้เกิดความสนุกสนาน ไม่น่าเบื่อ					
3. ทำให้เกิดความรู้และความเพลิดเพลิน					
4. ทำให้เข้าใจบทเรียนได้ดียิ่งขึ้น					
5. เป็นสื่อที่สามารถใช้ทบทวนบทเรียนได้					
6. เป็นสื่อการเรียนที่น่าสนใจและน่าติดตาม					
7. ทำให้เกิดความเบื่อหน่าย					
8. ทำให้เกิดความเครียด					
9. ทำให้สับสน เข้าใจยาก					
10. รู้สึกชอบและพอใจที่จะเรียน					
ข) การแสดงออกต่อการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วย สอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต การเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่าย อินเทอร์เน็ตทำให้นักเรียนมีพฤติกรรมต่อไปนี้ในระดับใด					
11. สามารถค้นคว้าหาความรู้เพิ่มเติมได้มากขึ้น					
12. ทำให้เกิดความกระตือรือร้น					
13. สามารถมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้					
14. เป็นสื่อที่เปิดโอกาสให้เรียนรู้ได้อย่างกว้างขวาง					
15. เกิดความคิดริเริ่มสร้างสรรค์					
16. มีโอกาสแลกเปลี่ยนความรู้ซึ่งกันและกัน					
17. ทำให้มีความตั้งใจในการเรียนมากขึ้น					
18. ไม่ส่งเสริมให้นักเรียนได้ใช้ความสามารถของตนเอง					
19. เป็นสื่อที่ไม่สามารถเรียนรู้ด้วยตนเองได้					
20. นักเรียนไม่ยอมเข้าร่วมกิจกรรมการเรียนการสอนด้วยบทเรียน คอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต					

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น				
	5	4	3	2	1
ค) การเห็นความสำคัญและประโยชน์ของการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต การเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตทำให้นักเรียนมีพฤติกรรมต่อไปนี้ในระดับใด					
21. เป็นสื่อที่เป็นประโยชน์ต่อการเรียนการสอน					
22. เป็นสื่อที่เอื้อต่อความแตกต่างระหว่างบุคคล					
23. เป็นสื่อที่เรียนโดยไม่ยึดติดกับเวลาและสถานที่ สามารถเรียนรู้ได้ตามอัธยาศัยและต่อเนื่อง					
24. สามารถศึกษาค้นคว้าในเนื้อหาเดียวกันได้จากหลายแห่ง					
25. เป็นสื่อที่เหมาะสมในการเรียนรู้ด้วยตนเอง					
26. สามารถนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อตนเองมากยิ่งขึ้น					
27. ทำให้มีวิธีการเรียนที่หลากหลายขึ้น					
28. มีส่วนช่วยปรับปรุงการเรียนให้ดียิ่งขึ้น					
29. เป็นการเรียนรู้ที่น่าสนใจ					
30. เป็นสื่อที่ไม่ก่อให้เกิดประโยชน์หรือเกิดประโยชน์ไม่มากนัก					

ความคิดเห็นอื่น ๆ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ภาคผนวก ง

- ตารางแสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ด้านเนื้อหาของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต
- ตารางสรุปการประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตของผู้เชี่ยวชาญ
- ตารางสรุปความคิดเห็นของนักเรียนต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่าย อินเทอร์เน็ต
- ตารางแสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างจุดประสงค์และพฤติกรรมที่ต้องการวัดของแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้ เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์
- ตารางแสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง(IOC) เกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริกสำหรับแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้แบบอัตนัย
- ตารางแสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง(IOC) เกณฑ์และตัวบ่งชี้สำหรับการประเมินผลการเรียนรู้ด้านความรู้โดยใช้แผนที่ความคิด (Mind Mapping) โดยผู้เชี่ยวชาญ
- ตารางแสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างรายการประเมินและพฤติกรรมที่ต้องการวัดของแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์
- ตารางแสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างรายการประเมินและพฤติกรรมที่ต้องการวัดของแบบสอบถามวัดเจตคติต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

ตาราง 21 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ด้านเนื้อหาของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่าน
เครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์

เรื่องที่ประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญคนที่					IOC	การ แปลผล
	1	2	3	4	5		
1. <u>เนื้อหาและการดำเนินเรื่องทฤษฎีเกี่ยวกับแสง</u>							
- เนื้อหามีความสอดคล้องกับจุดประสงค์	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
- ความถูกต้องของเนื้อหา	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
- ความสอดคล้องของเนื้อหา	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
- ความชัดเจนในการอธิบายเนื้อหา	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
- ความเหมาะสมกับระดับชั้นเรียน (ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย)	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
- ความเหมาะสมเวลาเรียนกับเนื้อหา (1 คาบ)	1	1	1	0	1	0.80	ผ่าน
2. <u>เนื้อหาและการดำเนินเรื่องหลักการข้อค้นพบของคลื่น</u>							
- เนื้อหามีความสอดคล้องกับจุดประสงค์	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
- ความถูกต้องของเนื้อหา	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
- ความสอดคล้องของเนื้อหา	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
- ความชัดเจนในการอธิบายเนื้อหา	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
- ความเหมาะสมกับระดับชั้นเรียน (ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย)	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
- ความเหมาะสมเวลาเรียนกับเนื้อหา (1 คาบ)	1	1	1	0	1	0.80	ผ่าน
3. <u>เนื้อหาและการดำเนินเรื่องการแทรกสอดของแสง</u>							
- เนื้อหามีความสอดคล้องกับจุดประสงค์	1	0	1	1	1	0.80	ผ่าน
- ความถูกต้องของเนื้อหา	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
- ความสอดคล้องของเนื้อหา	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
- ความชัดเจนในการอธิบายเนื้อหา	1	0	0	1	1	0.60	ผ่าน
- ความเหมาะสมกับระดับชั้นเรียน (ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย)	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
- ความเหมาะสมเวลาเรียนกับเนื้อหา (4 คาบ)	1	1	1	0	1	0.80	ผ่าน

ตาราง 21 (ต่อ)

เรื่องที่ประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญคนที่					IOC	การ แปลผล
	1	2	3	4	5		
4. เนื้อหาและการดำเนินเรื่องการเลี้ยวเบนของแสง							
- เนื้อหา มีความสอดคล้องกับจุดประสงค์	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
- ความถูกต้องของเนื้อหา	1	0	1	1	1	0.80	ผ่าน
- ความสอดคล้องของเนื้อหา	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
- ความชัดเจนในการอธิบายเนื้อหา	1	0	1	1	1	0.80	ผ่าน
- ความเหมาะสมกับระดับชั้นเรียน (ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย)	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
- ความเหมาะสมเวลาเรียนกับเนื้อหา (4 คาบ)	1	1	1	0	1	0.80	ผ่าน
5. เนื้อหาและการดำเนินเรื่องโฟลาไรเซชันของแสง							
- เนื้อหา มีความสอดคล้องกับจุดประสงค์	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
- ความถูกต้องของเนื้อหา	1	0	1	1	1	0.80	ผ่าน
- ความสอดคล้องของเนื้อหา	1	0	1	1	1	0.80	ผ่าน
- ความชัดเจนในการอธิบายเนื้อหา	1	0	1	1	1	0.80	ผ่าน
- ความเหมาะสมกับระดับชั้นเรียน (ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย)	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
- ความเหมาะสมเวลาเรียนกับเนื้อหา(4 คาบ)	1	1	1	0	1	0.80	ผ่าน

ตาราง 22 สรุปการประเมินคุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต
เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ โดยผู้เชี่ยวชาญ

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญคนที่					เฉลี่ย	ระดับการประเมิน
	1	2	3	4	5		
1. ด้านเนื้อหาและการนำเสนอ							
1.1 ลำดับขั้นในการนำเสนอเนื้อหา	4	4	4	4	4	4.00	ดี
1.2 เนื้อหาสอดคล้องกับจุดประสงค์	4	4	4	4	4	4.00	ดี
1.3 ความถูกต้องและชัดเจนของเนื้อหา	4	4	4	5	4	4.20	ดี
1.4 มีความยากง่ายเหมาะสมกับผู้เรียน	4	4	4	4	5	4.20	ดี
1.5 ความสอดคล้องระหว่างเนื้อหากับแบบทดสอบ	4	4	4	4	4	4.00	ดี
รวม	20	20	20	21	21	4.08	ดี
2. ด้านภาษาและตัวอักษร							
2.1 ภาษามีความถูกต้อง	3	3	4	5	4	3.80	ดี
2.2 จำนวนภาษาที่ใช้ชัดเจน เข้าใจง่าย	3	4	4	4	4	3.80	ดี
2.3 ความเหมาะสมของรูปแบบตัวอักษร	4	4	4	5	4	4.20	ดี
2.4 ความเหมาะสมของขนาดตัวอักษร	4	4	4	4	4	4.00	ดี
2.5 ความเหมาะสมของสีตัวอักษร	4	4	4	4	4	4.00	ดี
รวม	18	19	20	22	20	3.96	ดี
3. ด้านกราฟฟิกและพื้นหลัง							
3.1 ความถูกต้องของภาพที่นำมาใช้	3	4	4	5	4	4.00	ดี
3.2 ภาพประกอบสอดคล้องกับเนื้อหาที่นำเสนอ	4	4	4	5	4	4.20	ดี
3.3 การจัดวางตำแหน่งและขนาดของภาพ	4	4	4	4	4	4.00	ดี
3.4 ความเหมาะสมของกราฟฟิกในการนำเสนอ	3	4	4	5	4	4.00	ดี
3.5 ความเหมาะสมของสีพื้นหลัง	4	4	4	5	5	4.40	ดี
รวม	18	20	20	24	21	4.12	ดี
รวม 3 ด้าน	56	59	60	67	62	4.05	ดี

ตาราง 23 สรุปความคิดเห็นของนักเรียนต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต
เรื่อง แสงเชิงพีสิกส์

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของนักเรียนคนที่															เฉลี่ย	การ แปลผล
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
1. ด้านเนื้อหาและการนำเสนอ																	
1.1 ลำดับขั้นในการนำเสนอเนื้อหา	3	3	4	4	5	4	4	5	4	5	3	4	5	4	4	4.07	ดี
1.2 เนื้อหาสอดคล้องกับจุดประสงค์	4	3	4	5	4	4	5	3	5	5	4	5	5	4	5	4.33	ดี
1.3 ความถูกต้องและชัดเจนของเนื้อหา	4	4	5	4	4	3	4	5	5	4	4	4	4	4	5	4.20	ดี
1.4 มีความยากง่ายเหมาะสมกับผู้เรียน	4	4	4	5	4	4	4	4	4	4	3	3	4	3	4	3.87	ดี
1.5 ความสอดคล้องระหว่างเนื้อหากับ แบบทดสอบ	5	4	5	4	5	4	5	4	4	3	4	4	4	4	4	4.20	ดี
รวม	20	18	22	22	22	19	22	21	22	21	18	20	22	19	22	4.13	ดี
2. ด้านภาษาและตัวอักษร																	
2.1 ภาษามีความถูกต้อง	3	3	4	3	4	5	3	4	5	4	5	5	5	3	4	4.00	ดี
2.2 สำนวนภาษาที่ใช้ชัดเจน เข้าใจง่าย	3	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3.67	ดี
2.3 ความเหมาะสมของรูปแบบตัวอักษร	4	3	5	4	5	3	4	3	4	4	4	3	4	4	5	3.93	ดี
2.4 ความเหมาะสมของขนาดตัวอักษร																	ดี
2.5 ความเหมาะสมของสีตัวอักษร	3	4	4	3	4	4	5	4	4	4	5	4	5	5	4	3.80	ดี
	5	3	5	4	4	4	3	5	4	5	4	4	4	4	3	4.07	
รวม	18	16	21	18	21	20	19	20	21	20	22	20	21	19	19	3.89	ดี
3. ด้านกราฟฟิกและพื้นหลัง																	
3.1 ความถูกต้องของภาพที่นำมาใช้	5	4	4	4	4	5	4	4	5	4	4	4	4	5	5	4.33	ดี
3.2 ภาพประกอบสอดคล้องกับเนื้อหาที่ นำเสนอ	4	3	3	4	3	5	4	4	5	5	3	3	3	4	4	3.80	ดี
3.3 การจัดวางตำแหน่งและขนาดของภาพ	4	4	4	5	4	4	4	4	3	4	4	4	4	5	4	4.07	ดี
3.4 ความเหมาะสมของกราฟฟิกในการ นำเสนอ	5	4	4	5	4	4	4	4	3	4	5	3	5	4	4	4.13	ดี
3.5 ความเหมาะสมของสีพื้นหลัง	5	5	3	4	4	4	5	4	5	4	4	4	4	4	4	4.20	
รวม	23	20	18	22	19	22	21	21	21	21	20	18	20	22	21	4.10	ดี
รวม 3 ด้าน	61	54	61	62	62	61	62	62	64	62	60	58	63	60	62	4.04	ดี

ตาราง 24 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างจุดประสงค์และพฤติกรรมที่ต้องการวัด
ของแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้ (แบบปรนัย) เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์

ข้อที่	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญคนที่					IOC	การแปลผล
	1	2	3	4	5		
1	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
2	1	1	1	0	1	0.80	ผ่าน
3	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
4	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
5	1	1	1	0	1	0.80	ผ่าน
6	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
7	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
8	0	1	1	1	1	0.80	ผ่าน
9	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
10	0	1	1	0	1	0.60	ผ่าน
11	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
12	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
13	-1	1	1	1	1	0.60	ผ่าน
14	-1	1	1	1	1	0.60	ผ่าน
15	1	1	1	1	0	0.80	ผ่าน
16	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
17	-1	1	1	1	0	0.40	ปรับปรุง*
18	-1	1	1	1	1	0.60	ผ่าน
19	1	1	1	0	0	0.60	ผ่าน
20	1	1	1	0	1	0.80	ผ่าน
21	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
22	0	1	1	1	1	0.80	ผ่าน
23	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
24	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
25	1	1	1	0	1	0.80	ผ่าน
26	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
27	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน

ตาราง 24 (ต่อ)

ข้อที่	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญคนที่					IOC	การแปลผล
	1	2	3	4	5		
28	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
29	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
30	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
31	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
32	1	1	1	1	0	0.80	ผ่าน
33	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
34	1	1	1	1	0	0.80	ผ่าน
35	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
36	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
37	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
38	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
39	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
40	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
41	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
42	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
43	1	1	1	0	1	0.80	ผ่าน
44	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
45	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
46	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
47	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
48	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
49	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
50	0	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
51	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
52	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
53	0	1	1	1	1	0.80	ผ่าน
54	0	1	1	1	1	0.80	ผ่าน
55	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน

ตาราง 24 (ต่อ)

ข้อที่	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญคนที่					IOC	การแปลผล
	1	2	3	4	5		
56	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
57	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
58	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
59	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
60	1	1	1	1	0	0.80	ผ่าน
61	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
62	1	1	1	1	0	0.80	ผ่าน
63	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
64	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
65	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
66	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
67	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
68	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
69	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
70	1	1	1	0	1	0.80	ผ่าน
71	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
72	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
73	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
74	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
75	0	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
76	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
77	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
78	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
79	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
80	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน

* ข้อที่ไม่ได้เลือกใช้สำหรับการไปทดสอบกับนักเรียนเพื่อหาคุณภาพของเครื่องมือ

ตาราง 25 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างจุดประสงค์และพฤติกรรมที่ต้องการ
ของแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้ (แบบอัตนัย) เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์

ข้อที่	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญคนที่					IOC	การแปลผล
	1	2	3	4	5		
1	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
2	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
3	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
4	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน

ตาราง 26 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของเกณฑ์ที่ใช้ประเมินพฤติกรรมการแสดงออกกับระดับคะแนนของแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้ (แบบอัตนัย) เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์

คะแนน/พฤติกรรมการแสดงออก	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญคนที่					IOC	การแปลผล
	1	2	3	4	5		
5 คะแนน เมื่อ มีเนื้อหาถูกต้องตรงประเด็น ครบถ้วนสมบูรณ์ มีการยกตัวอย่างและขยายรายละเอียดชัดเจน ใช้ภาษาถูกต้อง ไม่มีคำเขียนผิด	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
4 คะแนน เมื่อ มีเนื้อหาถูกต้องตรงประเด็น ครบถ้วนสมบูรณ์ มีการยกตัวอย่างและขยายรายละเอียดชัดเจน ใช้ภาษาไม่ถูกต้องและมีคำเขียนผิด	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
3 คะแนน เมื่อ มีเนื้อหาถูกต้องตรงประเด็น ครบถ้วน มีการยกตัวอย่างแต่ไม่ขยายรายละเอียด ใช้ภาษาไม่ถูกต้องและมีคำเขียนผิด	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
2 คะแนน เมื่อ มีเนื้อหาถูกต้องตรงประเด็น แต่ไม่ครบถ้วน ไม่มีการยกตัวอย่าง ใช้ภาษาไม่ถูกต้องและมีคำเขียนผิด	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
1 คะแนน เมื่อ มีเนื้อหาไม่ถูกต้อง ไม่มี การยกตัวอย่างประกอบ ใช้ภาษาไม่ถูกต้องและมีคำเขียนผิด	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน

ตาราง 27 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของเกณฑ์และตัวบ่งชี้การประเมินผลการเรียนรู้
ด้านความรู้โดยใช้แผนที่ความคิด (Mind Mapping)

คะแนน/พฤติกรรมที่แสดงออก	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญคนที่					IOC	การแปลผล
	1	2	3	4	5		
A ด้านเนื้อหา เมื่อนักเรียนมีพฤติกรรมต่อไปนี้							
1. ถูกต้องตรงประเด็น	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
2. ครบถ้วนสมบูรณ์	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
3. มีเนื้อหาต่อเนื่องเป็นลำดับ	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
4. ยกตัวอย่างสอดคล้องกับเนื้อหา	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
<u>การให้คะแนน</u>							
5 คะแนน เมื่อปฏิบัติได้อย่างถูกต้องทั้งหมด	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
4 คะแนน เมื่อปฏิบัติตามข้อ 1,2,3	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
3 คะแนน เมื่อปฏิบัติตามข้อ 1,2,4หรือ 1,3,4	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
2 คะแนน เมื่อปฏิบัติตามข้อ 1,2หรือ 1,3	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
1 คะแนน เมื่อปฏิบัติตามข้อ 1	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
B ด้านคุณลักษณะของแผนที่ความคิด เมื่อนักเรียนมีพฤติกรรมต่อไปนี้							
1. กำหนดและจัดระดับของมโนทัศน์เหมาะสม	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
2. มีการลากเส้นเชื่อมโยงระหว่างมโนทัศน์	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
3. แสดงความสัมพันธ์กันตลอดทั้งเรื่อง	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
4. จัดรูปแบบของมโนทัศน์เหมาะสม ได้	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
<u>สัดส่วนการให้คะแนน</u>							
5 คะแนน เมื่อปฏิบัติได้อย่างถูกต้องทั้งหมด	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
4 คะแนน เมื่อปฏิบัติตามข้อ 1,2,3	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
3 คะแนน เมื่อปฏิบัติตามข้อ 1,2,4หรือ 1,3,4	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
2 คะแนน เมื่อปฏิบัติตามข้อ 1,2หรือ 1,3	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
1 คะแนน เมื่อปฏิบัติตามข้อ 1	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน

ตาราง 27 (ต่อ)

คะแนน/พฤติกรรมที่แสดงออก	คะแนนความคิดเห็นของ ผู้เชี่ยวชาญคนที่					IOC	การแปลผล
	1	2	3	4	5		
C ด้านคุณภาพของผลงาน เมื่อนักเรียนมีพฤติกรรมต่อไปนี้							
1. ดูเข้าใจง่าย ไม่สับสนวุ่นวาย	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
2. สะอาด เป็นระเบียบ	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
3. แสดงความเป็นเอกลักษณ์ของตนเอง	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
4. สวยงาม	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
<u>การให้คะแนน</u>							
5 คะแนน เมื่อปฏิบัติได้อย่างถูกต้องทั้งหมด	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
4 คะแนน เมื่อปฏิบัติตามข้อ 1,2,3	1	1	1	1	0	0.80	ผ่าน
3 คะแนน เมื่อปฏิบัติตามข้อ 1,2,4หรือ 1,3,4	1	1	1	1	0	0.80	ผ่าน
2 คะแนน เมื่อปฏิบัติตามข้อ 1,2หรือ 1,3	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
1 คะแนน เมื่อปฏิบัติตามข้อ 1	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
D ด้านการค้นคว้าเพิ่มเติม เมื่อนักเรียนมีพฤติกรรมต่อไปนี้							
1. มีเนื้อหาที่ได้จากแหล่งเรียนรู้เพิ่มเติม	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
2. มีการระบุแหล่งเรียนรู้อย่างชัดเจน	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
3. มีการค้นคว้าเพิ่มเติมจากแหล่งเรียนรู้ 1 แหล่ง	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
4. มีการค้นคว้าเพิ่มเติมจากแหล่งเรียนรู้ ต่างๆ มากกว่า 1 แหล่ง	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
<u>การให้คะแนน</u>							
5 คะแนน เมื่อปฏิบัติได้อย่างถูกต้องทั้งหมด	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
4 คะแนน เมื่อปฏิบัติตามข้อ 1,2,4	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
3 คะแนน เมื่อปฏิบัติตามข้อ 1,2,3	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
2 คะแนน เมื่อปฏิบัติตามข้อ 1,2หรือ 1,3	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
1 คะแนน เมื่อปฏิบัติตามข้อ 1	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน

ตาราง 28 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างหน่วยการเรียนรู้และพฤติกรรมที่ต้องการวัดของ
แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์

ข้อที่	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญคนที่					IOC	การแปลผล
	1	2	3	4	5		
1	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
2	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
3	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
4	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
5	1	1	1	1	0	0.80	ผ่าน
6	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
7	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
8	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
9	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
10	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
11	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
12	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
13	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
14	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
15	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
16	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
17	1	1	1	1	0	0.80	ผ่าน
18	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
19	1	1	1	0	1	0.80	ผ่าน
20	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
21	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
22	1	1	1	0	0	0.60	ผ่าน
23	1	1	1	0	0	0.60	ผ่าน
24	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
25	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
26	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
27	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน

ตาราง 28 (ต่อ)

ข้อที่	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญคนที่					IOC	การแปลผล
	1	2	3	4	5		
28	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
29	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
30	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
31	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
32	1	1	1	0	1	0.80	ผ่าน
33	1	1	1	0	1	0.80	ผ่าน
34	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
35	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
36	1	1	1	0	1	0.80	ผ่าน
37	1	1	1	1	0	0.80	ผ่าน
38	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
39	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
40	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
41	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
42	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
43	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
44	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
45	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
46	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
47	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
48	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
49	1	1	1	1	0	0.80	ผ่าน
50	1	1	1	1	0	0.80	ผ่าน
51	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
52	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
53	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
54	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
55	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน

ตาราง 28 (ต่อ)

ข้อที่	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญคนที่					IOC	การแปลผล
	1	2	3	4	5		
56	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
57	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
58	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
59	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
60	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน

ตาราง 29 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างรายการประเมินและพฤติกรรมที่ต้องการวัด
ของแบบสอบถามวัดเจตคติของนักเรียนต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต
เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์

ข้อที่	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญคนที่					IOC	การแปลผล
	1	2	3	4	5		
1	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
2	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
3	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
4	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
5	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
6	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
7	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
8	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
9	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
10	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
11	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
12	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
13	1	1	1	1	0	0.80	ผ่าน
14	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
15	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
16	1	1	1	1	0	0.80	ผ่าน
17	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
18	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
19	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
20	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
21	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
22	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
23	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
24	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
25	1	1	1	1	0	0.80	ผ่าน

ตาราง 29 (ต่อ)

ข้อที่	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญคนที่					IOC	การแปลผล
	1	2	3	4	5		
26	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
27	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
28	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
29	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน
30	1	1	1	1	1	1.00	ผ่าน

ภาคผนวก จ

- ตารางแสดงค่าความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ
วัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้
- ตารางแสดงค่าความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ
วัดผลการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ตาราง 30 แสดงค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้
ด้านความรู้ เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์

ข้อที่	จำนวนผู้ตอบถูกในกลุ่มสูง	จำนวนผู้ตอบถูกในกลุ่มต่ำ	p	r
1*	39	21	0.60	0.36
2	38	31	0.69	0.14
3*	28	10	0.38	0.36
4	15	8	0.23	0.14
5*	23	7	0.30	0.32
6	36	28	0.64	0.16
7*	33	9	0.42	0.48
8	12	11	0.23	0.02
9	9	9	0.18	0.00
10*	27	14	0.41	0.26
11*	23	10	0.33	0.26
12	3	38	0.68	-0.16
13*	33	17	0.50	0.32
14	18	8	0.26	0.20
15	12	3	0.15	0.18
16*	22	8	0.30	0.28
18	14	9	0.23	0.10
19*	28	15	0.43	0.26
20	28	19	0.47	0.18
21	18	9	0.27	0.18
22*	28	14	0.42	0.28
23*	3	16	0.46	0.28
24*	2	7	0.27	0.26
25	15	8	0.23	0.14
26	13	6	0.19	0.14
27*	34	20	0.54	0.28
28	27	19	0.46	0.16

ตาราง 30 (ต่อ)

ข้อที่	จำนวนผู้ตอบถูกในกลุ่มสูง	จำนวนผู้ตอบถูกในกลุ่มต่ำ	p	r
29	13	8	0.21	0.10
30*	26	13	0.39	0.26
31*	28	14	0.42	0.28
32*	26	7	0.33	0.38
33	15	17	0.32	-0.04
34	17	10	0.27	0.14
35*	25	13	0.38	0.24
36	24	15	0.39	0.18
37*	30	12	0.42	0.36
38*	17	5	0.22	0.24
39*	27	14	0.41	0.26
40*	17	4	0.21	0.26
41	13	7	0.20	0.12
42*	36	20	0.56	0.32
43*	17	5	0.22	0.24
44	22	16	0.38	0.12
45	26	23	0.49	0.06
46	25	20	0.45	0.10
47	23	15	0.38	0.16
48*	25	7	0.32	0.36
49*	17	5	0.22	0.24
50	15	9	0.24	0.12
5*	31	16	0.47	0.30
52*	18	7	0.25	0.22
53*	26	11	0.37	0.30
54	13	10	0.23	0.06
55	13	6	0.19	0.14
56	15	6	0.21	0.18

ตาราง 30 (ต่อ)

ข้อที่	จำนวนผู้ตอบถูกในกลุ่มสูง	จำนวนผู้ตอบถูกในกลุ่มต่ำ	p	r
57*	29	14	0.43	0.30
58	22	15	0.37	0.14
59*	31	14	0.45	0.34
60*	23	8	0.31	0.30
61	9	11	0.20	-0.04
62*	32	14	0.46	0.36
63	30	14	0.44	0.32
64	28	12	0.40	0.32
65*	29	15	0.44	0.28
66	27	20	0.47	0.14
67*	32	15	0.47	0.34
68	29	19	0.48	0.20
69*	30	15	0.45	0.30
70	28	20	0.48	0.16
71*	32	17	0.49	0.30
72	30	19	0.49	0.22
73	32	22	0.54	0.20
74*	30	15	0.45	0.30
75	10	6	0.16	0.08
76	9	8	0.17	0.02
77*	34	12	0.46	0.44
78	24	19	0.43	0.10
79*	32	15	0.47	0.34
80*	36	19	0.55	0.34

*ข้อสอบที่เลือกไว้จำนวน 40 ข้อ เพื่อนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบแบบปรนัย ใช้สูตร KR-20

$$r_{tt} = \frac{k}{k-1} \left\{ 1 - \frac{\sum pq}{S_t^2} \right\}$$

$$r_{tt} = \frac{40}{39} \left\{ 1 - \frac{9.21}{48.42} \right\}$$

$$r_{tt} = .83$$

ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบแบบอัตนัย ใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟาของคอนนาค

$$\alpha = \frac{k}{k-1} \left\{ 1 - \frac{\sum S_i^2}{S_t^2} \right\}$$

$$\alpha = \frac{4}{3} \left\{ 1 - \frac{3.53}{7.13} \right\}$$

$$\alpha = .67$$

ตาราง 31 แสดงค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้
ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์

ข้อที่	จำนวนผู้ตอบถูกในกลุ่มสูง	จำนวนผู้ตอบถูกในกลุ่มต่ำ	p	r
1	29	22	0.51	0.14
2*	33	15	0.48	0.36
3*	18	4	0.22	0.28
4	29	20	0.49	0.18
5	11	11	0.22	0.00
6*	24	14	0.38	0.20
7	18	13	0.31	0.10
8*	20	7	0.27	0.26
9*	27	11	0.38	0.32
10*	22	5	0.27	0.34
11	27	22	0.49	0.10
12*	29	13	0.42	0.32
13	22	14	0.36	0.16
14*	31	18	0.49	0.26
15	15	11	0.26	0.08
16*	32	12	0.44	0.40
17	20	13	0.33	0.14
18	18	15	0.33	0.06
19	22	16	0.38	0.12
20	26	23	0.49	0.06
21	38	31	0.69	0.14
22*	36	15	0.51	0.42
23*	24	9	0.33	0.30
24	18	0	0.18	0.36
25*	29	7	0.36	0.44
26*	18	4	0.22	0.28
27*	27	6	0.33	0.42

ตาราง 31 (ต่อ)

ข้อที่	จำนวนผู้ตอบถูกในกลุ่มสูง	จำนวนผู้ตอบถูกในกลุ่มต่ำ	p	r
28	19	11	0.30	0.16
29*	23	11	0.34	0.24
30	20	14	0.34	0.12
31	11	8	0.19	0.06
32*	23	7	0.30	0.32
33	19	9	0.28	0.20
34*	27	15	0.42	0.24
35	14	4	0.18	0.20
36*	27	10	0.37	0.34
37	20	13	0.33	0.14
38	7	10	0.17	-0.06
39	23	14	0.37	0.18
40*	32	12	0.44	0.40
41*	31	9	0.40	0.44
42	16	8	0.24	0.16
43*	23	8	0.31	0.30
44	23	13	0.36	0.20
45	6	9	0.15	-0.06
46*	17	6	0.23	0.22
47*	26	12	0.38	0.28
48	13	7	0.20	0.12
49*	29	18	0.47	0.22
50	31	22	0.53	0.18
51*	22	7	0.29	0.30
52	14	15	0.29	-0.02
53	22	14	0.36	0.16
54*	36	13	0.49	0.46
55*	29	9	0.38	0.40

ตาราง 31 (ต่อ)

ข้อที่	จำนวนผู้ตอบถูกในกลุ่มสูง	จำนวนผู้ตอบถูกในกลุ่มต่ำ	p	r
56*	28	15	0.43	0.26
57	22	18	0.40	0.08
58	38	32	0.70	0.12
59*	37	23	0.60	0.28
60*	28	10	0.38	0.36

*ข้อสอบที่เลือกไว้จำนวน 30 ข้อ เพื่อนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบแบบปรนัย ใช้สูตร KR-20

$$r_{tt} = \frac{k}{k-1} \left\{ 1 - \frac{\sum pq}{S_t^2} \right\}$$

$$r_{tt} = \frac{30}{29} \left\{ 1 - \frac{6.81}{31.21} \right\}$$

$$r_{tt} = .81$$

ภาคผนวก จ

- ตารางแสดงค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบฝึกหัดระหว่างเรียนและการทดสอบหลังเรียนของนักเรียน 9 คน
- ตารางแสดงค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบฝึกหัดระหว่างเรียนและการทดสอบหลังเรียนของนักเรียน 15 คน
- ตารางแสดงค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบฝึกหัดระหว่างเรียนและการทดสอบหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คน
- ตารางแสดงคะแนนผลการเรียนรู้ด้านความรู้จากการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียน
- ตารางแสดงค่าร้อยละของคะแนนผลการเรียนรู้ด้านความรู้จากการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน
- ตารางแสดงค่าร้อยละของคะแนนผลการเรียนรู้ด้านความรู้จากแบบทดสอบแบบปรนัยหลังเรียน
- ตารางแสดงค่าร้อยละของคะแนนผลการเรียนรู้ด้านความรู้จากแบบทดสอบแบบอัตนัยหลังเรียน
- ตารางแสดงค่าร้อยละของคะแนนผลการเรียนรู้ด้านความรู้จากการทำแผนที่ความคิดหลังเรียน
- ตารางแสดงค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบทดสอบแบบปรนัย แบบทดสอบแบบอัตนัย และแผนที่ความคิด หลังเรียน
- ตารางแสดงคะแนนผลการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จากการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียน
- ตารางแสดงค่าร้อยละของคะแนนผลการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จากการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน
- ตารางแสดงค่าร้อยละของคะแนนผลการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จากแบบทดสอบหลังเรียน
- ตารางแสดงคะแนนเจตคติของนักเรียนต่อการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตของนักเรียน

ตาราง 32 แสดงค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบฝึกหัดระหว่างเรียนของนักเรียนจำนวน 9 คน

คนที่	หน่วยที่ 1 (5 คะแนน)	หน่วยที่ 2 (5 คะแนน)	หน่วยที่ 3 (10 คะแนน)	หน่วยที่ 4 (10 คะแนน)	หน่วยที่ 5 (5 คะแนน)	รวม (35 คะแนน)	ร้อยละ
1	3	4	6	6	4	23	65.71
2	5	3	8	7	4	27	77.14
3	3	3	7	9	4	26	74.29
4	4	3	6	7	3	23	65.71
5	4	4	7	8	3	26	74.29
6	3	3	7	8	3	24	68.57
7	4	3	5	7	3	22	62.86
8	4	4	7	10	5	30	85.71
9	3	3	5	7	3	21	60.00
รวม	33	30	58	69	32	222	634.29
ค่า E_1							70.48

ตาราง 33 แสดงค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้แบบปรนัย
หลังเรียนของนักเรียน จำนวน 9 คน

คนที่	คะแนนแบบทดสอบแบบปรนัย (40 คะแนน)	ร้อยละ
1	29	72.50
2	32	80.00
3	31	77.50
4	26	65.00
5	27	67.50
6	28	70.00
7	26	65.00
8	34	85.00
9	25	62.50
รวม	258	645.00
E_2		71.67

ตาราง 34 แสดงค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบฝึกหัดระหว่างเรียนของนักเรียนจำนวน 15 คน

คนที่	หน่วยที่ 1 (5 คะแนน)	หน่วยที่ 2 (5 คะแนน)	หน่วยที่ 3 (10 คะแนน)	หน่วยที่ 4 (10 คะแนน)	หน่วยที่ 5 (5 คะแนน)	รวม (35 คะแนน)	ร้อยละ
1	5	4	7	8	5	29	82.86
2	3	3	6	7	4	23	65.71
3	4	4	7	8	4	27	77.14
4	3	4	7	6	3	23	65.71
5	3	3	5	5	4	20	57.14
6	4	4	7	8	4	27	77.14
7	5	5	8	9	5	32	91.43
8	3	3	6	6	4	22	62.86
9	4	3	5	5	3	20	57.14
10	3	4	5	6	4	22	62.86
11	5	4	8	7	4	28	80.00
12	4	4	9	8	4	29	82.86
13	3	3	5	5	3	19	54.29
14	4	5	8	8	5	30	85.71
15	4	3	8	7	4	26	74.29
รวม	57	56	101	103	60	377	1077.14
ค่า E_1							71.81

$$\begin{aligned}
 E_1 &= \left[\frac{\sum x}{N} \right] \\
 &= \left[\frac{377}{15} \right] \times 100 \\
 &= 71.81
 \end{aligned}$$

ตาราง 35 แสดงค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้แบบปรนัย
หลังเรียนของนักเรียน จำนวน 15 คน

คนที่	คะแนนแบบทดสอบ แบบปรนัย(40 คะแนน)	ร้อยละ
1	34	85.00
2	26	65.00
3	31	77.50
4	28	70.00
5	26	65.00
6	30	75.00
7	35	87.50
8	26	65.00
9	26	65.00
10	28	70.00
11	31	77.50
12	33	82.50
13	23	57.50
14	33	82.50
15	28	70.00
รวม	438	1095.00
E_2		73.00

$$E_2 = \frac{\left[\frac{\sum y}{N} \right]}{B} \times 100$$

$$= \frac{\left[\frac{438}{15} \right]}{40} \times 100$$

$$= 73.00$$

ตาราง 36 แสดงค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบฝึกหัดระหว่างเรียนของนักเรียน จำนวน 30 คน

คนที่	หน่วยที่ 1 (5 คะแนน)	หน่วยที่ 2 (5 คะแนน)	หน่วยที่ 3 (10 คะแนน)	หน่วยที่ 4 (10คะแนน)	หน่วยที่ 5 (5 คะแนน)	รวม (35 คะแนน)	ร้อยละ
1	3	3	6	6	4	22	62.86
2	4	3	6	7	3	23	65.71
3	4	4	8	7	4	27	77.14
4	5	4	8	7	4	28	80.00
5	5	4	8	8	5	30	85.71
6	3	3	6	5	3	20	57.14
7	4	3	7	8	5	27	77.14
8	3	4	7	7	4	25	71.43
9	4	4	8	8	4	28	80.00
10	4	4	7	7	4	26	74.29
11	3	3	6	5	3	20	57.14
12	4	3	7	7	3	24	68.57
13	4	3	8	7	5	27	77.14
14	4	4	7	7	4	26	74.29
15	3	4	8	7	3	25	71.43
16	3	3	7	6	3	22	62.86
17	5	4	8	9	5	31	88.57
18	3	4	5	6	4	22	62.86
19	4	3	6	6	3	22	62.86
20	4	4	8	8	4	28	80.00
21	4	3	5	5	3	20	57.14
22	5	4	7	8	4	28	80.00
23	3	4	5	5	4	21	60.00
24	4	4	8	8	3	27	77.14
25	5	4	7	8	4	28	80.00
26	4	3	7	7	4	25	71.43

ตาราง 36 (ต่อ)

คนที่	หน่วยที่ 1 (5 คะแนน)	หน่วยที่ 2 (5 คะแนน)	หน่วยที่ 3 (10 คะแนน)	หน่วยที่ 4 (10คะแนน)	หน่วยที่ 5 (5 คะแนน)	รวม (35 คะแนน)	ร้อยละ
27	4	4	7	6	3	24	68.57
28	5	4	8	8	4	29	82.86
29	4	4	7	8	3	26	74.29
30	5	4	8	9	4	30	85.71
รวม	119	109	210	210	113	761.00	2174.29
ค่า E_1							72.48

$$\begin{aligned}
 E_1 &= \frac{\left[\frac{\sum x}{N} \right]}{A} \times 100 \\
 &= \frac{\left[\frac{761}{30} \right]}{35} \times 100 \\
 &= 72.48
 \end{aligned}$$

ตาราง 37 แสดงค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้แบบปรนัย
หลังเรียนของนักเรียน จำนวน 30 คน

คนที่	คะแนนแบบทดสอบแบบปรนัย (40 คะแนน)	ร้อยละ
1	26	65.00
2	22	55.00
3	30	75.00
4	32	80.00
5	33	82.50
6	33	82.50
7	34	85.00
8	27	67.50
9	32	80.00
10	30	75.00
11	20	50.00
12	26	65.00
13	29	72.50
14	28	70.00
15	29	72.50
16	35	87.50
17	34	85.00
18	35	87.50
19	25	62.50
20	39	97.50
21	25	62.50
22	34	85.00
23	26	65.00
24	34	85.00
25	33	82.50
26	33	82.50
27	30	75.00

ตาราง 37 (ต่อ)

คนที่	คะแนนแบบทดสอบ แบบปรนัย(40 คะแนน)	ร้อยละ
28	34	85.00
29	31	77.50
30	36	90.00
รวม	915	2287.50
E_2		76.25

$$E_2 = \frac{\left[\frac{\sum y}{N} \right]}{B} \times 100$$

$$= \frac{\left[\frac{915}{30} \right]}{40} \times 100$$

$$= 76.25$$

ตาราง 38 แสดงคะแนนผลการเรียนรู้ด้านความรู้แบบปรนัย จากการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน
ของนักเรียน จำนวน 30 คน

คนที่	คะแนนผลการเรียนรู้ด้านความรู้แบบปรนัย									
	ความรู้-ความจำ (10คะแนน)		ความเข้าใจ (7คะแนน)		สืบเสาะหาความรู้ (6คะแนน)		การนำไปใช้ (17คะแนน)		คะแนนรวม (40คะแนน)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
1	3	9	2	4	0	4	6	9	11	26
2	4	7	2	4	1	2	5	9	12	22
3	3	7	2	6	3	4	3	13	11	30
4	4	9	4	6	4	4	6	13	18	32
5	4	9	4	6	5	4	5	14	18	33
6	1	8	2	5	1	5	3	15	7	33
7	1	9	2	6	2	5	6	14	11	34
8	3	8	3	5	2	5	6	9	14	27
9	2	6	2	6	3	4	7	16	14	32
10	1	7	3	5	1	2	4	16	9	30
11	2	7	2	4	1	3	5	6	10	20
12	4	6	4	7	3	5	7	8	18	26
13	5	8	2	4	0	4	4	13	11	29
14	3	7	2	4	1	4	3	13	9	28
15	4	8	1	5	3	4	3	12	11	29
16	1	9	3	6	1	5	6	15	11	35
17	3	9	3	6	2	4	3	15	11	34
18	3	9	2	7	1	5	1	14	7	35
19	5	7	4	3	2	4	5	11	16	25
20	3	10	2	7	3	5	6	17	14	39
21	7	5	1	4	3	4	4	12	15	25
22	2	8	5	5	2	5	4	16	13	34
23	4	6	3	5	3	4	4	11	14	26
24	5	9	4	7	3	5	5	13	17	34
25	7	7	3	5	2	5	7	16	19	33

ตาราง 38 (ต่อ)

คนที่	คะแนนผลการเรียนรู้ด้านความรู้แบบปรนัย									
	ความรู้-ความจำ (10คะแนน)		ความเข้าใจ (7คะแนน)		สืบเสาะหาความรู้ (6คะแนน)		การนำไปใช้ (17คะแนน)		คะแนนรวม (40คะแนน)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
26	6	8	2	6	1	4	6	15	15	33
27	2	8	5	5	2	3	3	14	12	30
28	2	9	2	6	3	4	6	15	13	34
29	5	7	1	5	3	6	3	13	12	31
30	3	9	2	6	3	5	4	16	12	36
รวม	102	235	79	160	64	127	140	393	385	915
เฉลี่ย	3.40	7.83	2.63	5.33	2.13	4.23	4.67	13.10	12.83	30.50
S.D.	1.65	1.21	1.10	1.06	1.17	0.90	1.52	2.73	3.17	4.40
ร้อยละ	34.00	78.33	37.62	76.19	35.56	70.56	27.45	77.06	32.08	76.25

ตาราง 39 แสดงค่าร้อยละของคะแนนผลการเรียนรู้ด้านความรู้แบบปรนัย จากการทดสอบก่อนเรียน และหลังเรียนของนักเรียน จำนวน 30 คน

คนที่	คะแนนผลการเรียนรู้ด้านความรู้		ร้อยละ	
	pre	post	pre	post
1	11	26	27.50	65.00
2	12	22	30.00	55.00
3	11	30	27.50	75.00
4	18	32	45.00	80.00
5	18	33	45.00	82.50
6	7	33	17.50	82.50
7	11	34	27.50	85.00
8	14	27	35.00	67.50
9	14	32	35.00	80.00
10	9	30	22.50	75.00
11	10	20	25.00	50.00
12	18	26	45.00	65.00
13	11	29	27.50	72.50
14	9	28	22.50	70.00
15	11	29	27.50	72.50
16	11	35	27.50	87.50
17	11	34	27.50	85.00
18	7	35	17.50	87.50
19	16	25	40.00	62.50
20	14	39	35.00	97.50
21	15	25	37.50	62.50
22	13	34	32.50	85.00
23	14	26	35.00	65.00
24	17	34	42.50	85.00
25	19	33	47.50	82.50
26	15	33	37.50	82.50
27	12	30	30.00	75.00

ตาราง 39 (ต่อ)

คนที่	คะแนนผลการเรียนรู้ด้านความรู้		ร้อยละ	
	Pre	post	pre	post
28	13	34	32.50	85.00
29	12	31	30.00	77.50
30	12	36	30.00	90.00
รวม	385	915	962.50	2287.50
เฉลี่ย	12.83	30.50	32.08	76.25
S.D.	3.17	4.40	7.94	11.00

ตาราง 40 แสดงคะแนนผลการเรียนรู้ด้านความรู้แบบปรนัย จากการทดสอบหลังเรียนของนักเรียน
จำนวน 30 คน

คนที่	คะแนนผลการเรียนรู้ด้านความรู้แบบปรนัย				คะแนนรวม (40 คะแนน)
	ความรู้-ความจำ (10คะแนน)	ความเข้าใจ (7คะแนน)	สืบเสาะหาความรู้ (6คะแนน)	การนำไปใช้ (17คะแนน)	
1	9	4	4	9	26
2	7	4	2	9	22
3	7	6	4	13	30
4	9	6	4	13	32
5	9	6	4	14	33
6	8	5	5	15	33
7	9	6	5	14	34
8	8	5	5	9	27
9	6	6	4	16	32
10	7	5	2	16	30
11	7	4	3	6	20
12	6	7	5	8	26
13	8	4	4	13	29
14	7	4	4	13	28
15	8	5	4	12	29
16	9	6	5	15	35
17	9	6	4	15	34
18	9	7	5	14	35
19	7	3	4	11	25
20	10	7	5	17	39
21	5	4	4	12	25
22	8	5	5	16	34
23	6	5	4	11	26
24	9	7	5	13	34
25	7	5	5	16	33

ตาราง 40 (ต่อ)

คนที่	คะแนนผลการเรียนรู้ด้านความรู้แบบปรนัย				คะแนนรวม (40 คะแนน)
	ความรู้-ความจำ (10คะแนน)	ความเข้าใจ (7คะแนน)	สืบเสาะหาความรู้ (6คะแนน)	การนำไปใช้ (17คะแนน)	
26	8	6	4	15	33
27	8	5	3	14	30
28	9	6	4	15	34
29	7	5	6	13	31
30	9	6	5	16	36
รวม	235	160	127	393	915
เฉลี่ย	7.83	5.33	4.23	13.10	30.50
S.D.	1.21	1.06	0.90	2.73	4.40
ร้อยละ	78.33	76.19	70.56	77.06	76.25

ตาราง 41 แสดงคะแนนผลการเรียนรู้ด้านความรู้แบบอัตนัย จากการทดสอบหลังเรียนของนักเรียน
จำนวน 30 คน

คนที่	คะแนนผลการเรียนรู้ด้านความรู้แบบอัตนัย				คะแนนรวม (20 คะแนน)
	ความรู้-ความจำ (5 คะแนน)	ความเข้าใจ (5 คะแนน)	สืบเสาะหาความรู้ (5 คะแนน)	การนำไปใช้ (5 คะแนน)	
1	5	3	4	5	17
2	3	4	3	4	14
3	5	4	3	5	17
4	3	3	5	5	16
5	5	4	3	5	17
6	5	5	4	5	19
7	4	5	3	5	17
8	3	4	3	5	15
9	2	5	3	5	15
10	5	5	3	4	17
11	3	5	4	5	17
12	5	4	3	5	17
13	5	4	5	4	18
14	5	4	4	4	17
15	4	4	3	4	15
16	4	4	3	4	15
17	5	5	5	5	20
18	4	5	5	4	18
19	5	5	5	5	20
20	5	5	5	5	20
21	3	4	5	5	17
22	5	5	5	5	20
23	5	5	4	5	19
24	5	5	5	5	20
25	5	5	5	4	19
26	5	5	5	5	20

ตาราง 41 (ต่อ)

คนที่	คะแนนผลการเรียนรู้ด้านความรู้แบบอัตนัย				คะแนนรวม (20 คะแนน)
	ความรู้-ความจำ (5 คะแนน)	ความเข้าใจ (5 คะแนน)	สืบเสาะหาความรู้ (5 คะแนน)	การนำไปใช้ (5 คะแนน)	
27	5	4	5	4	18
28	5	2	5	4	16
29	5	4	5	5	19
30	5	4	5	5	19
รวม	133	130	125	140	528
เฉลี่ย	4.43	4.33	4.17	4.67	17.60
S.D.	0.90	0.76	0.91	0.48	1.79
ร้อยละ	88.67	86.67	83.33	93.33	88.00

ตาราง 42 แสดงคะแนนผลการเรียนรู้ด้านความรู้โดยใช้แผนที่ความคิด ของนักเรียนจำนวน 30 คน

คนที่	คะแนนผลการเรียนรู้ด้านความรู้โดยใช้แผนที่ความคิด					คะแนนรวม (25 คะแนน)
	หน่วยที่ 1 (5 คะแนน)	หน่วยที่ 2 (5 คะแนน)	หน่วยที่ 3 (5 คะแนน)	หน่วยที่ 4 (5 คะแนน)	หน่วยที่ 5 (5 คะแนน)	
1	3	4	3	3	4	17
2	4	4	3	3	4	18
3	4	4	4	4	3	19
4	3	4	4	4	4	19
5	4	4	4	3	4	19
6	4	3	4	4	4	19
7	3	4	4	4	4	19
8	4	3	4	3	4	18
9	4	4	3	4	3	18
10	4	4	4	4	4	20
11	3	3	3	3	3	15
12	4	4	4	4	3	19
13	3	4	3	3	4	17
14	4	3	4	4	3	18
15	5	5	5	4	4	23
16	5	4	4	4	5	22
17	5	4	4	4	5	22
18	3	4	4	4	3	18
19	4	3	5	4	3	19
20	3	4	4	3	5	19
21	5	4	4	5	4	22
22	3	2	4	3	3	15
23	3	4	4	4	4	19
24	4	5	4	4	4	21
25	5	4	5	5	4	23
26	3	4	3	3	3	16
27	4	4	4	4	4	20

ตาราง 42 (ต่อ)

คนที่	คะแนนผลการเรียนรู้ด้านความรู้โดยใช้แผนที่ความคิด					คะแนนรวม (25 คะแนน)
	หน่วยที่ 1 (5 คะแนน)	หน่วยที่ 2 (5 คะแนน)	หน่วยที่ 3 (5 คะแนน)	หน่วยที่ 4 (5 คะแนน)	หน่วยที่ 5 (5 คะแนน)	
28	4	3	4	5	5	21
29	4	3	4	5	4	20
30	5	5	5	4	5	24
รวม	116	114	118	115	116	579
เฉลี่ย	3.87	3.80	3.93	3.83	3.87	19.30
S.D.	0.73	0.66	0.58	0.65	0.68	2.25
ร้อยละ	77.33	76.00	78.67	76.67	77.33	77.20

ตาราง 43 แสดงคะแนนจากการทำแบบทดสอบวัดความรู้ด้านความรู้แบบปรนัย แบบอัตนัย และ
การทำแผนที่ความคิด หลังเรียนของนักเรียน จำนวน 30 คน

คนที่	คะแนนแบบทดสอบ แบบปรนัย (40 คะแนน)	คะแนนแบบทดสอบ แบบอัตนัย (20 คะแนน)	คะแนนแผนที่ ความคิด (25 คะแนน)	รวม (85คะแนน)	ร้อยละ
1	26	17	17	60	70.59
2	22	14	18	54	63.53
3	30	17	19	66	77.65
4	32	16	19	67	78.82
5	33	17	19	69	81.18
6	33	19	19	71	83.53
7	34	17	19	70	82.35
8	27	15	18	60	70.59
9	32	15	18	65	76.47
10	30	17	20	67	78.82
11	20	17	15	52	61.18
12	26	17	19	62	72.94
13	29	18	17	64	75.29
14	28	17	18	63	74.12
15	29	15	23	67	78.82
16	35	15	22	72	84.71
17	34	20	22	76	89.41
18	35	18	18	71	83.53
19	25	20	19	64	75.29
20	39	20	19	78	91.76
21	25	17	22	64	75.29
22	34	20	15	69	81.18
23	26	19	19	64	75.29
24	34	20	21	75	88.24
25	33	19	22	74	87.06
26	33	20	16	69	81.18

ตาราง 43 (ต่อ)

คนที่	คะแนนแบบทดสอบ แบบปรนัย (40 คะแนน)	คะแนนแบบทดสอบ แบบอัตนัย (20 คะแนน)	คะแนนแผนที่ ความคิด (25 คะแนน)	รวม (85คะแนน)	ร้อยละ
27	30	18	20	68	80.00
28	34	16	21	71	83.53
29	31	19	20	70	82.35
30	36	19	24	79	92.94
รวม	915	528	578	2021	2377.65
เฉลี่ย	30.50	17.60	19.27	67.37	79.25
S.D.	4.40	1.79	2.20	6.25	-
ร้อยละ	76.25	88.00	77.07	79.25	-

ตาราง 44 แสดงคะแนนผลการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จากการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียน จำนวน 30 คน

คนที่	คะแนนผลการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์*													
	1 (5คะแนน)		2 (8คะแนน)		3 (6คะแนน)		4 (2คะแนน)		5 (7คะแนน)		6 (2คะแนน)		รวม (30คะแนน)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
1	0	3	3	6	2	5	2	2	3	5	1	1	11	22
2	2	4	3	4	2	4	1	2	4	3	1	1	13	18
3	1	4	2	6	0	3	2	2	1	6	2	2	8	23
4	0	4	5	7	5	5	2	1	4	6	1	1	17	24
5	1	3	7	6	3	5	2	2	6	7	1	2	20	25
6	2	4	0	5	2	4	2	1	3	4	0	1	9	19
7	0	4	2	7	2	6	0	2	0	5	1	1	5	25
8	2	4	1	7	2	5	1	1	1	7	0	2	7	26
9	3	3	1	6	3	5	2	2	7	7	0	1	16	24
10	0	4	1	5	2	5	0	2	1	6	0	1	4	23
11	1	5	1	8	1	6	1	2	2	6	0	1	6	28
12	0	4	1	7	4	4	2	2	3	5	1	1	11	23
13	1	3	2	4	2	4	1	2	2	6	1	2	9	21
14	0	4	2	5	2	5	0	1	3	5	0	1	7	21
15	0	4	1	6	1	4	0	1	2	5	0	1	4	21
16	0	4	1	4	2	4	0	1	1	5	0	1	4	19
17	0	4	3	8	2	6	1	2	1	6	1	1	8	27
18	1	3	1	5	2	3	0	1	3	4	0	1	7	17
19	2	3	4	5	3	4	1	2	2	4	1	1	13	19
20	1	3	1	6	1	4	0	1	5	5	1	1	9	20
21	1	3	4	4	2	3	1	1	5	6	1	2	14	19
22	0	4	5	7	3	5	1	2	2	7	1	1	12	26
23	0	3	4	5	2	3	1	1	5	4	1	2	13	18
24	2	4	3	6	2	5	1	2	5	6	0	1	13	24
25	3	4	3	7	1	6	2	2	5	6	1	1	15	26

ตาราง 44 (ต่อ)

คนที่	คะแนนผลการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์*													
	1 (5คะแนน)		2 (8คะแนน)		3 (6คะแนน)		4 (2คะแนน)		5 (7คะแนน)		6 (2คะแนน)		รวม (30คะแนน)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
26	2	4	0	4	3	5	0	1	2	4	0	1	7	19
27	0	3	2	7	1	4	2	2	2	4	0	1	7	21
28	1	4	2	6	1	4	1	1	1	5	1	2	7	22
29	1	3	2	6	4	3	1	2	2	4	1	1	11	19
30	3	5	2	5	1	3	1	2	2	6	0	1	9	22
รวม	30	111	69	174	63	132	31	48	85	159	18	37	296	661
เฉลี่ย	1.00	3.70	2.30	5.80	2.10	4.40	1.03	1.60	2.83	5.30	0.60	1.23	9.87	22.03
S.D.	1.02	0.60	1.60	1.19	1.06	0.97	0.76	0.50	1.74	1.09	0.56	0.43	4.08	3.00
ร้อยละ	20.00	74.00	28.75	72.50	35.00	73.33	51.67	80.00	40.48	75.71	30.00	61.67	32.89	73.44

*คะแนนผลการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

1	หมายถึง	ทักษะการสังเกต
2	หมายถึง	ทักษะการคำนวณ
3	หมายถึง	ทักษะการพยากรณ์
4	หมายถึง	ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปกกับสเปส
5	หมายถึง	ทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูล
6	หมายถึง	ทักษะการตีความหมายและลงข้อสรุป

ตาราง 45 แสดงค่าร้อยละของคะแนนผลการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

จากการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียน จำนวน 30 คน

คนที่	คะแนนผลการเรียนรู้ด้านทักษะฯ		ร้อยละ	
	pre	post	pre	post
1	11	22	36.67	73.33
2	13	18	43.33	60.00
3	8	23	26.67	76.67
4	17	24	56.67	80.00
5	20	25	66.67	83.33
6	9	19	30.00	63.33
7	5	25	16.67	83.33
8	7	26	23.33	86.67
9	16	24	53.33	80.00
10	4	23	13.33	76.67
11	6	28	20.00	93.33
12	11	23	36.67	76.67
13	9	21	30.00	70.00
14	7	21	23.33	70.00
15	4	21	13.33	70.00
16	4	19	13.33	63.33
17	8	27	26.67	90.00
18	7	17	23.33	56.67
19	13	19	43.33	63.33
20	9	20	30.00	66.67
21	14	19	46.67	63.33
22	12	26	40.00	86.67
23	13	18	43.33	60.00
24	13	24	43.33	80.00
25	15	26	50.00	86.67
26	7	19	23.33	63.33

ตาราง 45 (ต่อ)

คนที่	คะแนนผลการเรียนรู้ด้านทักษะฯ		ร้อยละ	
	pre	post	pre	post
27	7	21	23.33	70.00
28	7	22	23.33	73.33
29	11	19	36.67	63.33
30	9	22	30.00	73.33
รวม	296	661	986.67	2203.33
เฉลี่ย	9.87	22.03	32.89	73.44
S.D.	4.08	3.00	13.61	10.00

ตาราง 46 แสดงคะแนนผลการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จากการทดสอบ
หลังเรียนของนักเรียน จำนวน 30 คน

คนที่	คะแนนผลการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์*						คะแนนรวม
	1 (5 คะแนน)	2 (8คะแนน)	3 (6 คะแนน)	4 (2คะแนน)	5 (7 คะแนน)	6 (2 คะแนน)	
1	3	6	5	2	5	1	22
2	4	4	4	2	3	1	18
3	4	6	3	2	6	2	23
4	4	7	5	1	6	1	24
5	3	6	5	2	7	2	25
6	4	5	4	1	4	1	19
7	4	7	6	2	5	1	25
8	4	7	5	1	7	2	26
9	3	6	5	2	7	1	24
10	4	5	5	2	6	1	23
11	5	8	6	2	6	1	28
12	4	7	4	2	5	1	23
13	3	4	4	2	6	2	21
14	4	5	5	1	5	1	21
15	4	6	4	1	5	1	21
16	4	4	4	1	5	1	19
17	4	8	6	2	6	1	27
18	3	5	3	1	4	1	17
19	3	5	4	2	4	1	19
20	3	6	4	1	5	1	20
21	3	4	3	1	6	2	19
22	4	7	5	2	7	1	26
23	3	5	3	1	4	2	18
24	4	6	5	2	6	1	24
25	4	7	6	2	6	1	26
26	4	4	5	1	4	1	19

ตาราง 46 (ต่อ)

คนที่	คะแนนผลการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์						คะแนนรวม
	1 (5 คะแนน)	2 (8 คะแนน)	3 (6 คะแนน)	4 (2 คะแนน)	5 (7 คะแนน)	6 (2 คะแนน)	
27	3	7	4	2	4	1	21
28	4	6	4	1	5	2	22
29	3	6	3	2	4	1	19
30	5	5	3	2	6	1	22
รวม	111	174	132	48	159	37	661
เฉลี่ย	3.70	5.80	4.40	1.60	5.30	1.23	22.03
S.D.	0.60	1.19	0.97	0.50	1.09	0.43	3.00
ร้อยละ	74.00	72.50	73.33	80.00	75.71	61.67	73.44

*คะแนนผลการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

- 1 หมายถึง ทักษะการสังเกต
- 2 หมายถึง ทักษะการคำนวณ
- 3 หมายถึง ทักษะการพยากรณ์
- 4 หมายถึง ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปกกับสเปส
- 5 หมายถึง ทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูล
- 6 หมายถึง ทักษะการตีความหมายและลงข้อสรุป

ตาราง 47 แสดงคะแนนเจตคติของนักเรียนต่อการเรียนรู้ด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่าน
เครือข่ายอินเทอร์เน็ตของนักเรียน จำนวน 30 คน

คนที่	คะแนนพฤติกรรมด้านเจตคติ			คะแนนรวม (150 คะแนน)
	ความรู้สึกนึกคิด (50 คะแนน)	การแสดงออก (50 คะแนน)	การเห็นความสำคัญและ ประโยชน์ (50 คะแนน)	
1	39	41	39	119
2	43	43	43	129
3	39	36	34	109
4	36	39	40	115
5	45	41	39	125
6	38	39	46	123
7	41	43	43	127
8	39	40	39	118
9	40	37	36	113
10	36	45	44	125
11	40	38	38	116
12	39	38	41	118
13	41	39	44	124
14	42	43	45	130
15	36	35	38	109
16	46	48	47	141
17	47	39	44	130
18	41	40	38	119
19	46	48	47	141
20	46	48	47	141
21	42	48	47	137
22	42	35	37	114
23	41	48	47	136
24	42	41	39	122
25	39	40	41	120
26	47	42	45	134

ตาราง 47 (ต่อ)

คนที่	คะแนนพฤติกรรมด้านเจตคติ			คะแนนรวม (150 คะแนน)
	ความรู้สึกรักคิด (50 คะแนน)	การแสดงออก (50 คะแนน)	การเห็นความสำคัญและ ประโยชน์ (50 คะแนน)	
27	44	41	43	128
28	40	36	38	114
29	45	46	45	136
30	40	41	43	124
รวม	1242	1238	1257	3737
เฉลี่ย	41.40	41.27	41.90	124.57
S.D	3.21	4.03	3.78	9.46
ร้อยละ	82.80	82.53	83.80	83.04

ภาคผนวก ช

- ตัวอย่างแผ่นเรื่องราวบทเรียน (Story board) เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์
- ตัวอย่างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์

แผ่นเรื่องราวบทเรียน (Story Board)

เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์

กรอบที่ 1

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์				
วัน/เดือน/ปี	☐ แหล่งค้นคว้าเพิ่มเติม	☐ ติดต่อผู้จัดทำ	☐ กระดานคำถาม	☐ เว็บไซต์ที่เกี่ยวข้อง
Home page คำแนะนำก่อนเรียน สาระการเรียนรู้ บทเรียน สถานการณ์จำลอง การทดลอง แบบทดสอบ แหล่งอ้างอิง ผู้จัดทำ	ยินดีต้อนรับเข้าสู่บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ A		บทความฟิสิกส์ - <u>แสงโลก</u> - <u>เครื่องเร่งแสง</u> - <u>เทคโนโลยีซูเปอร์จิ๋ว</u> - <u>ความหนาแน่นโน้มถ่วง</u> - <u>สัญญาณที่เร็วกว่าแสง</u> - <u>นิวตริโน:อนุภาค</u> สัมสมองกับปัญหาฟิสิกส์ - <u>มืดโลก</u> - <u>แสงจากสวรรค์</u> - <u>แรงเสียดทานจากกระแส</u> - <u>นาฬิกาชีวภาพ</u> - <u>จุดศูนย์กลางมวล</u> - <u>มวลของหลุมดำ</u>	
** เว็บเพจนี้จะแสดงผลได้ดีที่ความละเอียด 800 x 600 Pixel **				

ข้อกำหนดการนำเสนอ

1. ตัวอักษรคำว่า ยินดีต้อนรับเข้าสู่บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ และด้านล่างมีตัวอักษรว่า เว็บเพจนี้จะแสดงผลได้ดีที่ความละเอียด 800 x 600 Pixel เป็นตัวอักษรวิ่งวนจากขวาไปซ้าย
2. กลุ่มของลิงค์ (Link) อยู่ด้านซ้ายมือ เมื่อผู้คลิกจะทำหน้าที่พาผู้ใช้ไปยังส่วนต่าง ๆ ภายในเว็บเพจ
3. ช่องสี่เหลี่ยมภาพ A แสดงเคลื่อนไหวเกี่ยวกับการซ้อนทับของคลื่น มีพื้นหลังเป็นสีฟ้า
4. คำหรือข้อความที่ขีดเส้นใต้ สามารถเลือกเพื่อดูรายละเอียดในเรื่องนั้นหรือคำอธิบายต่าง ๆ
5. ภาพที่มีรูปมือปรากฏเมื่อคลิกเมาส์ สามารถเลือกเพื่อลิงค์ไปยังที่ต่าง ๆ ได้
6. พื้นหลัง* ด้านซ้ายและด้านขวาใช้พื้นสีม่วงอ่อนลายคลื่นน้ำ ส่วนกรอบของลิงค์ใช้สีดำ

หมายเหตุ * พื้นหลังใช้สีม่วงอ่อนลายคลื่นน้ำ แต่ในบางหน้าใช้สีขาว

กรอบที่ 2

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์				
วัน/เดือน/ปี	☐ แหล่งค้นคว้าเพิ่มเติม	☐ ติดต่อผู้จัดทำ	☐ กระดานคำถาม	☐ เว็บไซต์ที่เกี่ยวข้อง
Home page คำแนะนำก่อนเรียน สาระการเรียนรู้ บทเรียน สถานการณ์จำลอง การทดลอง แบบทดสอบ แหล่งอ้างอิง ผู้จัดทำ		คำแนะนำก่อนเรียน - บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ ประกอบด้วย 5 หน่วยการเรียนรู้ คือ 1. ทฤษฎีเกี่ยวกับแสง 2. หลักการซ้อนทับของคลื่น 3. การแทรกสอดของแสง 4. การเลี้ยวเบนของแสง 5. โพลาริเซชันของแสง - ควรศึกษาเนื้อหาของบทเรียนโดยเริ่มจากหน่วยการเรียนรู้ที่ 1 ไปจนถึงหน่วยการเรียนรู้ที่ 5 ตามลำดับ และทำแบบฝึกหัดของแต่ละหน่วยการเรียนรู้เพื่อความเข้าใจมากยิ่งขึ้น - ควรศึกษาจุดประสงค์การเรียนรู้ของแต่ละหน่วยการเรียนรู้ - ในกรณีที่ไมเข้าใจเนื้อหา สามารถสอบถามและแสดงความคิดเห็นได้ที่ กระดานคำถาม หรือ e-mail - เมื่อศึกษาจบแต่ละหน่วยการเรียนรู้ ควรสรุปสิ่งที่ได้จากการเรียน โดยนำเสนอแผนภาพความคิด - คำหรือข้อความที่ ชีตเส้นใต้ เมื่อเลื่อนเมาส์ผ่านจะปรากฏเป็นรูปมือ ซึ่งเป็นส่วนที่เพิ่มเติมรายละเอียดเนื้อหาในหน้านั้น สามารถคลิกเข้าไปเพื่อดูคำอธิบายเพิ่มเติมได้ Back		
<u>ข้อกำหนดการนำเสนอ</u> - ตัวอักษรที่ใช้ ตัวอักษรใหญ่ขนาด 5 ตัวอักษรเล็กขนาด 3 - สีพื้นในกรอบคำแนะนำก่อนเรียนใช้สีเหลือง				

กรอบที่ 3

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์				
วัน/เดือน/ปี	☐ แหล่งค้นคว้าเพิ่มเติม	☐ ติดต่อผู้จัดทำ	☐ กระดานคำถาม	☐ เว็บที่เกี่ยวข้อง
Home page คำแนะนำก่อนเรียน สาระการเรียนรู้ บทเรียน สถานการณ์จำลอง การทดลอง แบบทดสอบ แหล่งอ้างอิง ผู้จัดทำ		สาระการเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องในเรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ สำรวจตรวจสอบและวิเคราะห์เกี่ยวกับสมบัติการแทรกสอด และการเลี้ยวเบนของแสง ทดลองและอภิปรายเกี่ยวกับแสงโพลาไรซ์ ซึ่งเป็นแสงที่มี ระนาบของสนามไฟฟ้าเพียงระนาบใดระนาบหนึ่ง ส่วนแสงที่มี ระนาบของสนามไฟฟ้าหลายระนาบ เรียกว่า แสงไม่โพลาไรซ์ Back		
ข้อกำหนดการนำเสนอ 1. ตัวอักษรที่ใช้ ตัวอักษรใหญ่ขนาด 5 ตัวอักษรเล็กขนาด 3 2. สีพื้นในมาตรฐานการเรียนรู้ใช้สีเหลือง สีพื้นในกรอบข้อความใช้สีชมพูปนขาว				

กรอบที่ 4

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์						
วัน/เดือน/ปี	☐ แหล่งค้นคว้าเพิ่มเติม	☐ ติดต่อผู้จัดทำ	☐ กระดานคำถาม	☐ เว็บไซต์ที่เกี่ยวข้อง		
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%; padding: 5px; text-align: center;"> Home page คำแนะนำก่อนเรียน สาระการเรียนรู้ บทเรียน สถานการณ์จำลอง การทดลอง แบบทดสอบ แหล่งอ้างอิง ผู้จัดทำ </td> <td style="width: 70%; padding: 10px; text-align: center;"> บทเรียน บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ ประกอบด้วยเนื้อหา 5 หน่วยการเรียนรู้ดังนี้ <u>ทฤษฎีเกี่ยวกับแสง</u> <u>หลักการข้อบังคับของคลื่น</u> <u>การแทรกสอดของแสง</u> <u>การเลี้ยวเบนของแสง</u> <u>โพลาไรเซชันของแสง</u> </td> </tr> </table>					Home page คำแนะนำก่อนเรียน สาระการเรียนรู้ บทเรียน สถานการณ์จำลอง การทดลอง แบบทดสอบ แหล่งอ้างอิง ผู้จัดทำ	บทเรียน บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ ประกอบด้วยเนื้อหา 5 หน่วยการเรียนรู้ดังนี้ <u>ทฤษฎีเกี่ยวกับแสง</u> <u>หลักการข้อบังคับของคลื่น</u> <u>การแทรกสอดของแสง</u> <u>การเลี้ยวเบนของแสง</u> <u>โพลาไรเซชันของแสง</u>
Home page คำแนะนำก่อนเรียน สาระการเรียนรู้ บทเรียน สถานการณ์จำลอง การทดลอง แบบทดสอบ แหล่งอ้างอิง ผู้จัดทำ	บทเรียน บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ ประกอบด้วยเนื้อหา 5 หน่วยการเรียนรู้ดังนี้ <u>ทฤษฎีเกี่ยวกับแสง</u> <u>หลักการข้อบังคับของคลื่น</u> <u>การแทรกสอดของแสง</u> <u>การเลี้ยวเบนของแสง</u> <u>โพลาไรเซชันของแสง</u>					
<u>ข้อกำหนดการนำเสนอ</u> 1. ตัวอักษรที่ใช้ ตัวอักษรใหญ่ขนาด 5 ตัวอักษรเล็กขนาด 3 2. สีพื้นหลังในกรอบบทเรียนสีเหลือง ส่วนสีพื้นหลังในข้อความแต่ละหน่วยการเรียนรู้เป็นสีชมพูอ่อน 3. คำหรือข้อความที่ขีดเส้นใต้ สามารถเลือกเพื่อดูรายละเอียดในเรื่องนั้นหรือคำอธิบายต่าง ๆ						

กรอบที่ 5

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์				
วัน/เดือน/ปี	☐ แหล่งค้นคว้าเพิ่มเติม	☐ ติดต่อผู้จัดทำ	☐ กระดานคำถาม	☐ เว็บที่เกี่ยวข้อง
Home page คำแนะนำก่อนเรียน สาระการเรียนรู้ บทเรียน สถานการณ์จำลอง การทดลอง แบบทดสอบ แหล่งอ้างอิง ผู้จัดทำ		สถานการณ์จำลอง เลือกสิ่งที่ต้องการศึกษา <u>หลักการขั้นต้นทับของคลื่น</u> <u>การแทรกสอดของแสง</u> <u>การเลี้ยวเบนของแสง</u> <u>โพลาไรเซชันของแสง</u>		
ข้อกำหนดการนำเสนอ 1. ตัวอักษรที่ใช้ ตัวอักษรใหญ่ขนาด 5 ตัวอักษรเล็กขนาด 3 2. สีพื้นหลังในกรอบบทเรียนสีเหลือง ส่วนสีพื้นหลังในข้อความแต่ละหน่วยการเรียนรู้เป็นสีชมพูอ่อน 3. คำหรือข้อความที่ขีดเส้นใต้ สามารถเลือกเพื่อดูรายละเอียดในเรื่องนั้นหรือคำอธิบายต่าง ๆ				

กรอบที่ 6

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์						
วัน/เดือน/ปี	☐ แหล่งค้นคว้าเพิ่มเติม	☐ ติดต่อผู้จัดทำ	☐ กระดานคำถาม	☐ เว็บที่เกี่ยวข้อง		
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%; padding: 5px; text-align: center;">Home page</td> <td style="width: 70%; padding: 5px;"> การทดลอง เลือกสิ่งที่ต้องการศึกษา <u>การแทรกสอดของแสงผ่านสลิตคู่</u> <u>การแทรกสอดของแสงผ่านเกรตติง</u> <u>การเลี้ยวเบนของแสงผ่านสลิตเดี่ยว</u> <u>โพลาไรเซชันของแสง</u>  </td> </tr> </table>					Home page	การทดลอง เลือกสิ่งที่ต้องการศึกษา <u>การแทรกสอดของแสงผ่านสลิตคู่</u> <u>การแทรกสอดของแสงผ่านเกรตติง</u> <u>การเลี้ยวเบนของแสงผ่านสลิตเดี่ยว</u> <u>โพลาไรเซชันของแสง</u> 
Home page	การทดลอง เลือกสิ่งที่ต้องการศึกษา <u>การแทรกสอดของแสงผ่านสลิตคู่</u> <u>การแทรกสอดของแสงผ่านเกรตติง</u> <u>การเลี้ยวเบนของแสงผ่านสลิตเดี่ยว</u> <u>โพลาไรเซชันของแสง</u> 					
คำแนะนำก่อนเรียน สาระการเรียนรู้ บทเรียน สถานการณ์จำลอง การทดลอง แบบทดสอบ แหล่งอ้างอิง ผู้จัดทำ						
<u>ข้อกำหนดการนำเสนอ</u> 1. ตัวอักษรที่ใช้ ตัวอักษรใหญ่ขนาด 5 ตัวอักษรเล็กขนาด 3 2. สีพื้นหลังในกรอบบทเรียนสีเหลือง ส่วนสีพื้นหลังในข้อความแต่ละหน่วยการเรียนรู้เป็นสีชมพูอ่อน 4. ช่องสี่เหลี่ยม ภาพ แสดงภาพนิ่งและภาพเคลื่อนไหวที่มีในแต่หน่วยการเรียนรู้ 5. คำหรือข้อความที่ขีดเส้นใต้ สามารถเลือกเพื่อดูรายละเอียดในเรื่องนั้นหรือคำอธิบายต่าง ๆ						

กรอบที่ 7

Physical	☐ สถานการณ์จำลอง ☐ แบบฝึกหัด
Optics	หน่วยที่ 2 หลักการซ้อนทับของคลื่น
จุดประสงค์การเรียนรู้ 1. อธิบายหลักการซ้อนทับของคลื่น 2. ใช้หลักการซ้อนทับเขียนภาพของคลื่นใหม่ที่เกิดจากการซ้อนทับของคลื่น 2 คลื่น	
Home Back Next	
<u>ข้อกำหนดการนำเสนอ</u> 1. ตัวอักษรที่ใช้ ตัวอักษรใหญ่ขนาด 5 ตัวอักษรเล็กขนาด 3 2. ตัวอักษร Physical Optics เคลื่อนไหว มีพื้นสีขาว ตัวอักษรสีแดง 3. ข้อความตรง สถานการณ์จำลอง แบบฝึกหัด ใช้สีแดง ข้อความหน่วยที่ 2 หลักการซ้อนทับของคลื่น ใช้สีชมพูเข้ม 4. ข้อความที่ขีดเส้นใต้ คือ กลุ่มของลิงค์เมื่อผู้คลิกจะทำหน้าที่พาผู้ใช้ไปยังส่วนต่าง ๆ ที่ระบุไว้	

กรอบที่ 8

Physical	☐ สถานการณ์จำลอง ☐ แบบฝึกหัด
Optics	หน่วยที่ 2 หลักการซ้อนทับของคลื่น

การซ้อนทับของคลื่น

การซ้อนทับของคลื่น (Superposition of waves) สามารถอธิบายได้โดยใช้หลักการซ้อนทับ (Principle of superposition) กล่าวคือเมื่อคลื่นตั้งแต่สองคลื่นเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางมาพบกัน การกระจัดของคลื่นรวม ณ ตำแหน่งใดและเวลาใดที่เกิดการซ้อนทับของคลื่นจะเท่ากับ ผลบวกของการกระจัดของแต่ละคลื่น ณ ตำแหน่งนั้นและเวลานั้น

หลักการรวมกันของคลื่น กล่าวว่า เมื่อคลื่นจำนวน n คลื่น วิ่งมาอยู่ที่ตำแหน่งเดียวกัน ถ้าการกระจัดของคลื่นเหล่านี้ จุดใดจุดหนึ่งเป็น $y_1, y_2, y_3, \dots, y_n$ ตามลำดับ การกระจัดของคลื่นรวมที่จุดนั้นหาได้จาก

$$\vec{y} = \vec{y}_1 + \vec{y}_2 + \vec{y}_3 + \dots + \vec{y}_n$$

Home

หน้า 1/1

Back

Next

ข้อกำหนดการนำเสนอ

1. ตัวอักษรที่ใช้ ตัวอักษรใหญ่ขนาด 5 ตัวอักษรเล็กขนาด 3

กรอบที่ 9

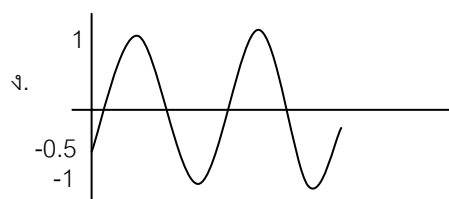
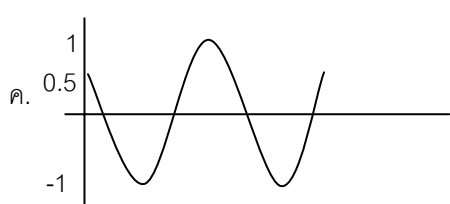
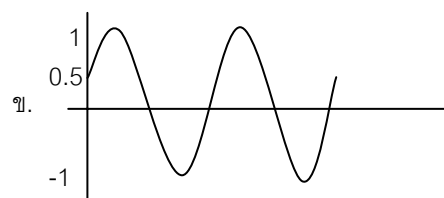
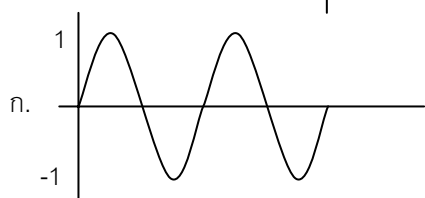
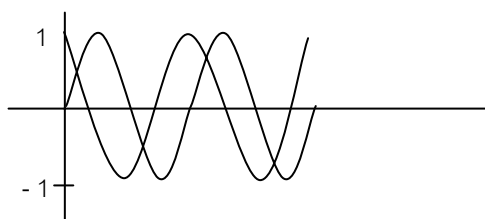
Physical	☐ สถานการณ์จำลอง ☐ แบบฝึกหัด
Optics	หน่วยที่ 2 หลักการซ้อนทับของคลื่น
เมื่อคลื่นสองคลื่นที่มีการกระจัดในทิศเดียวกันเคลื่อนที่มาพบกัน คลื่นทั้งสองจะรวมกัน ทำให้การกระจัดรวมมีขนาดมากกว่าการกระจัดเดิมของแต่ละคลื่น เมื่อคลื่นทั้งสองเคลื่อนที่ผ่านกันแล้ว คลื่นแต่ละคลื่นจะมีลักษณะเหมือนเดิมและเคลื่อนที่ในทิศเดิมดังภาพ ก ในทางตรงกันข้าม ถ้าคลื่นสองคลื่นมีการกระจัดในทิศตรงกันข้ามเคลื่อนที่มาพบกัน คลื่นทั้งสองจะรวมกัน ทำให้การกระจัดรวมมีขนาดน้อยกว่าการกระจัดเดิมของแต่ละคลื่น เมื่อคลื่นทั้งสองเคลื่อนที่ผ่านกันแล้ว คลื่นแต่ละคลื่นจะมีลักษณะเหมือนเดิมและเคลื่อนที่ในทิศเดิมดังภาพ ข  ก. เมื่อคลื่นทั้งสองมีการกระจัด ไปทางเดียวกัน ข. เมื่อคลื่นทั้งสองมีการกระจัด ไปทางทิศตรงกันข้าม ภาพแสดงการซ้อนทับของคลื่นสองคลื่น	
Home	หน้า 2/2 Back Next
ข้อกำหนดการนำเสนอ 1. ตัวอักษรที่ใช้ ตัวอักษรใหญ่ขนาด 5 ตัวอักษรเล็กขนาด 3	

กรอบที่ 11

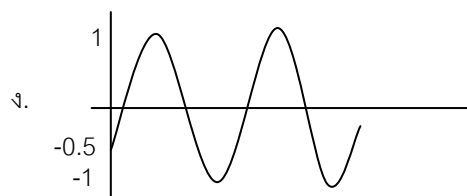
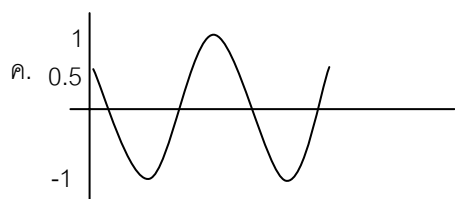
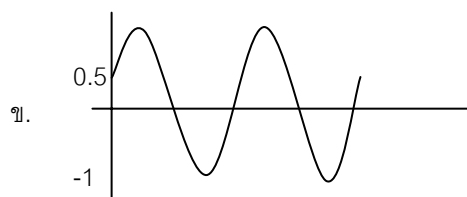
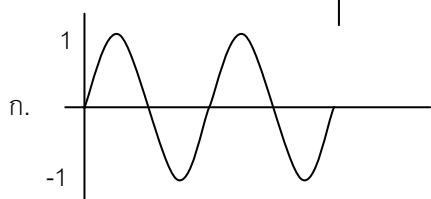
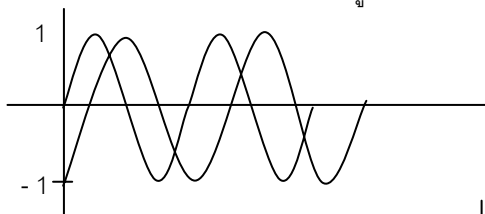
แบบฝึกหัด เรื่องหลักการซ้อนทับของคลื่น

คำชี้แจง ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุด

1. จากรูป คลื่นสองขบวนเคลื่อนที่มาพบกัน ภาพการซ้อนทับที่เกิดขึ้นจะเป็นดังรูปใด



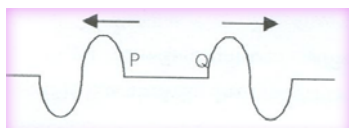
2. จากรูป มีคลื่น 2 ขบวนเคลื่อนที่มาพบกัน คลื่นลัพธ์จะเป็นรูปใด



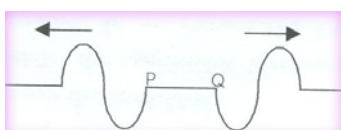
กรอบที่ 11 (ต่อ)

3. จากข้อ 2 ถ้าคลื่นทั้งสองเคลื่อนที่ผ่าน PQ แล้วคลื่นลัพธ์จะเป็นดังรูปใด

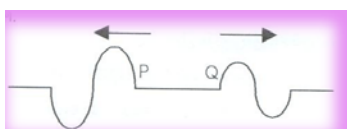
ก.



ข.



ค.



ง.



4. ถ้าคลื่น 2 ขบวนพบกัน ณ เวลาหนึ่ง คลื่นขบวนหนึ่งมีแอมพลิจูด A อีกขบวน B คลื่นลัพธ์ที่ได้จะมีแอมพลิจูดเท่าใด

ก. $A + B$

ข. $A - B$

ค. อยู่ในช่วงระหว่าง $A + B$ กับ $A - B$

ง. ไม่สามารถสรุปอะไรได้เพราะข้อมูลไม่พอ

5. การเคลื่อนที่ของคลื่นจะมีการถ่ายทอด..... จากที่หนึ่งไปอีกที่หนึ่ง

ก. มวล

ข. แอมพลิจูด

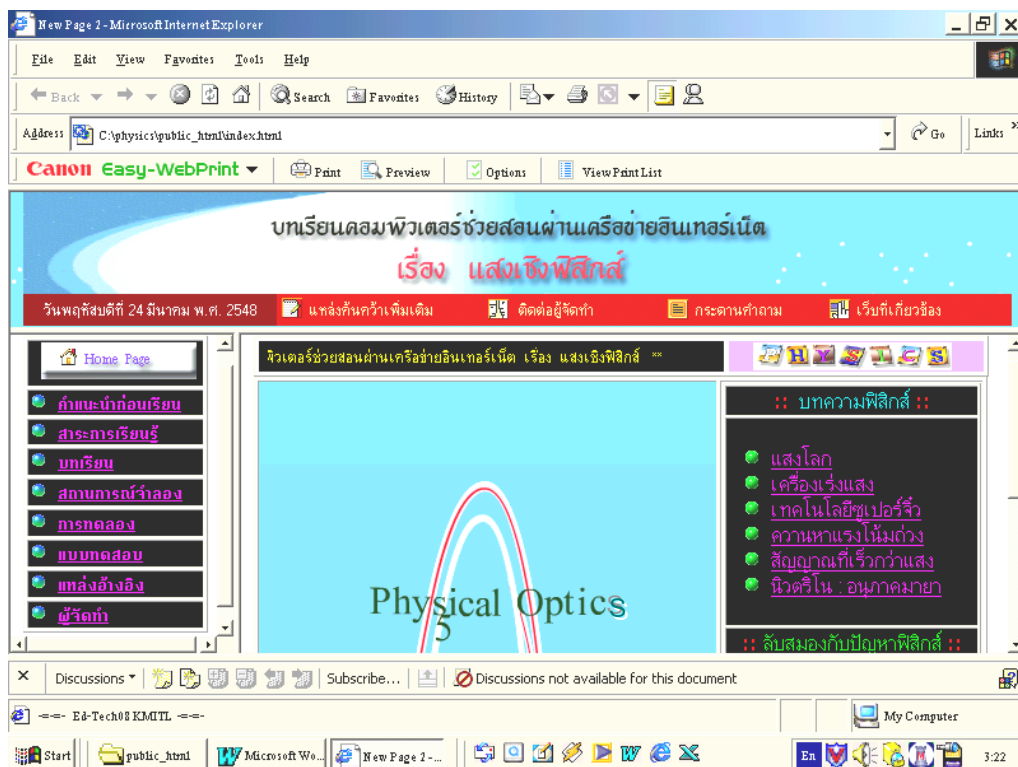
ค. ความยาวคลื่น

ง. พลังงาน

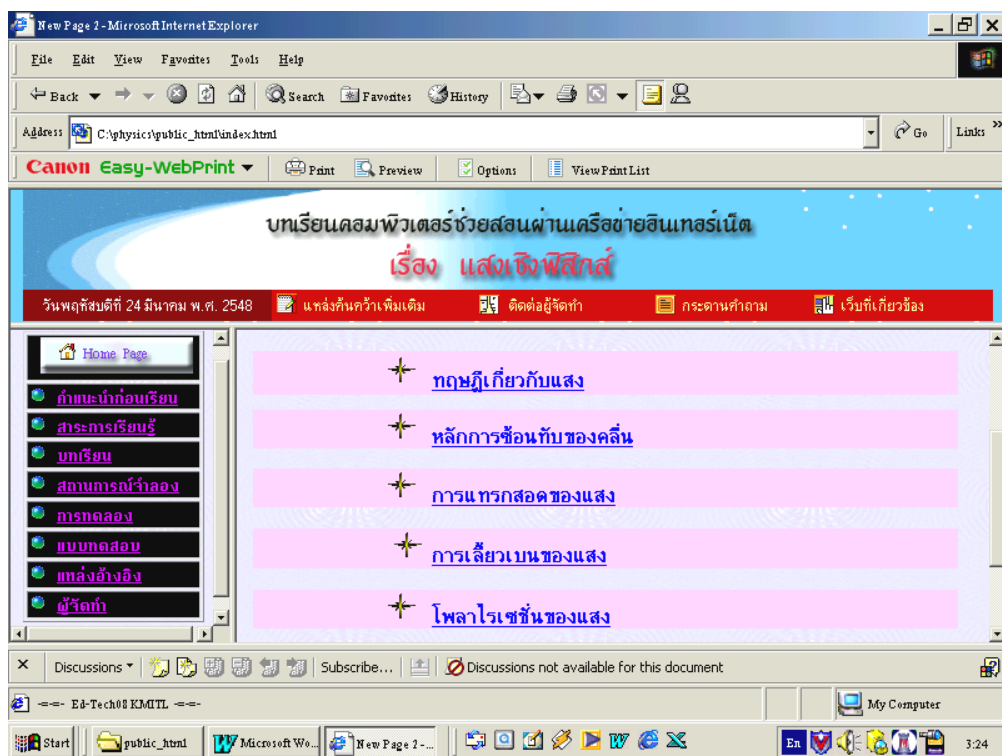
ข้อกำหนดการนำเสนอ

1. ตัวอักษรที่ใช้ ตัวอักษรใหญ่ขนาด 5 ตัวอักษรเล็กขนาด 3

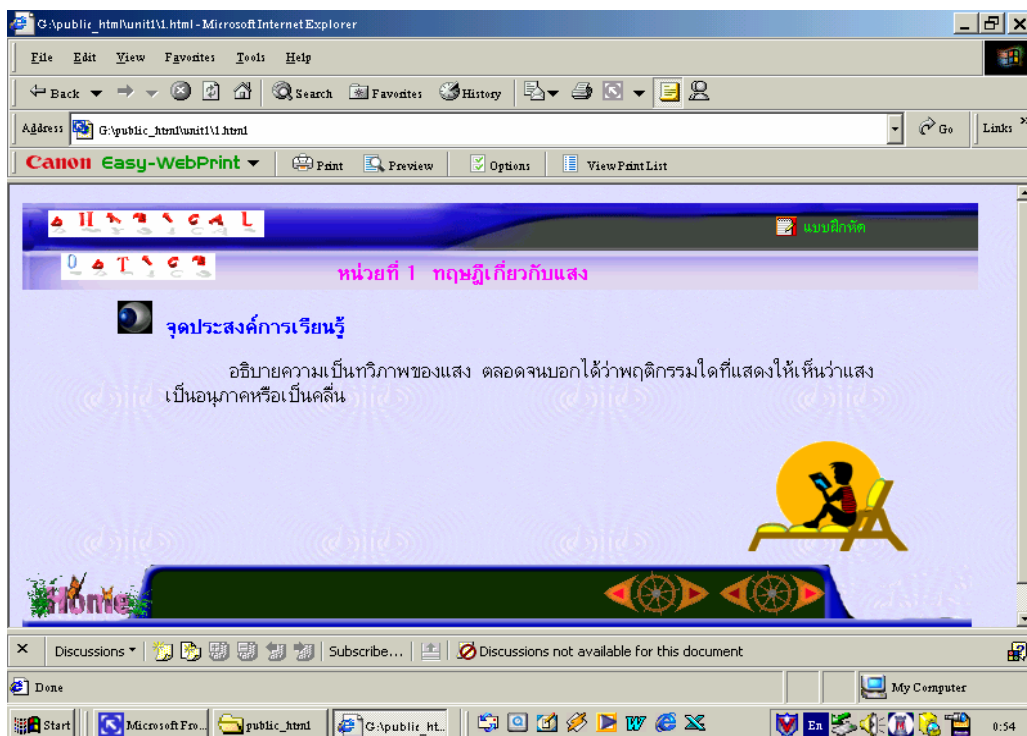
2. พื้นหลังใช้สีม่วง



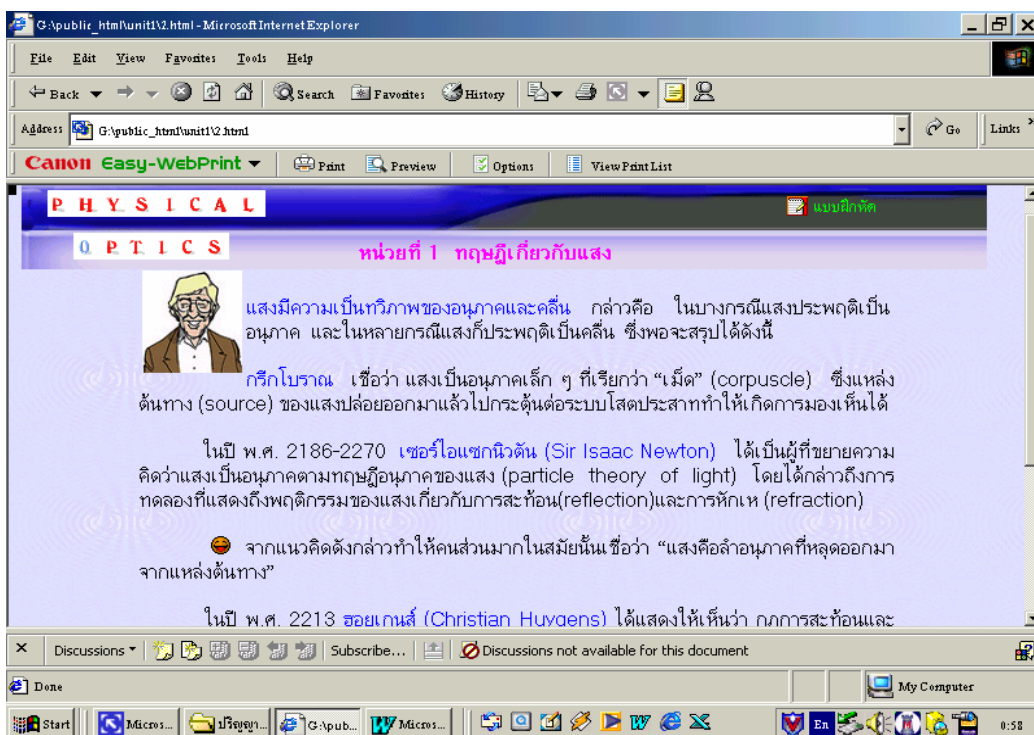
ตัวอย่างหน้าแรก (Home Page)



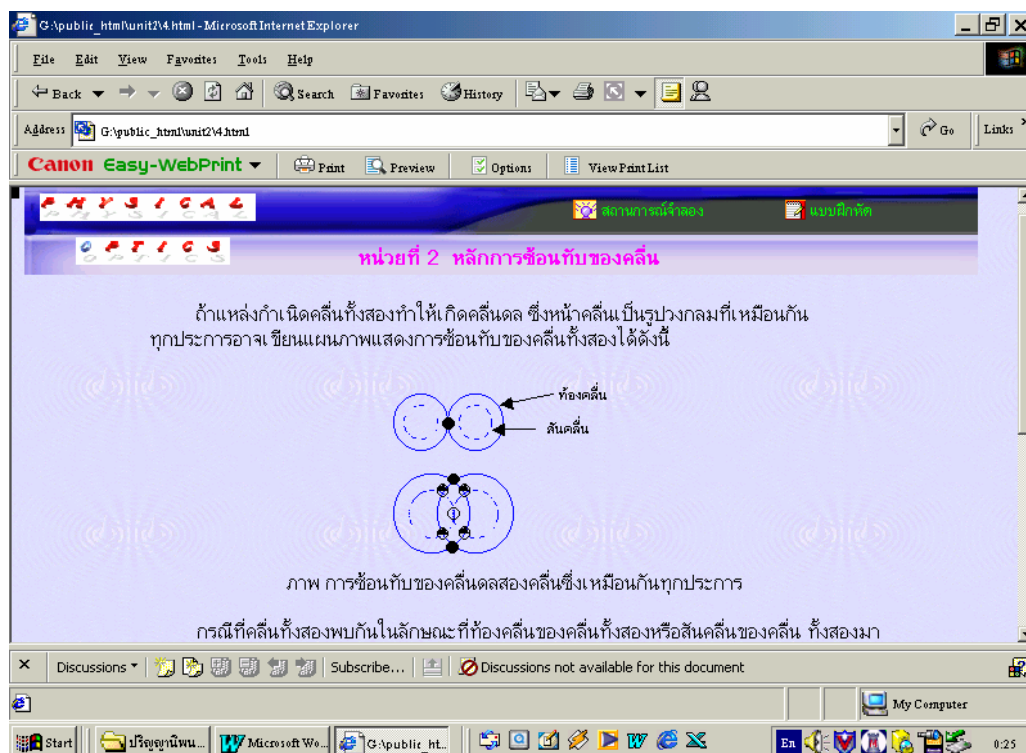
ตัวอย่างหน้าบทเรียน



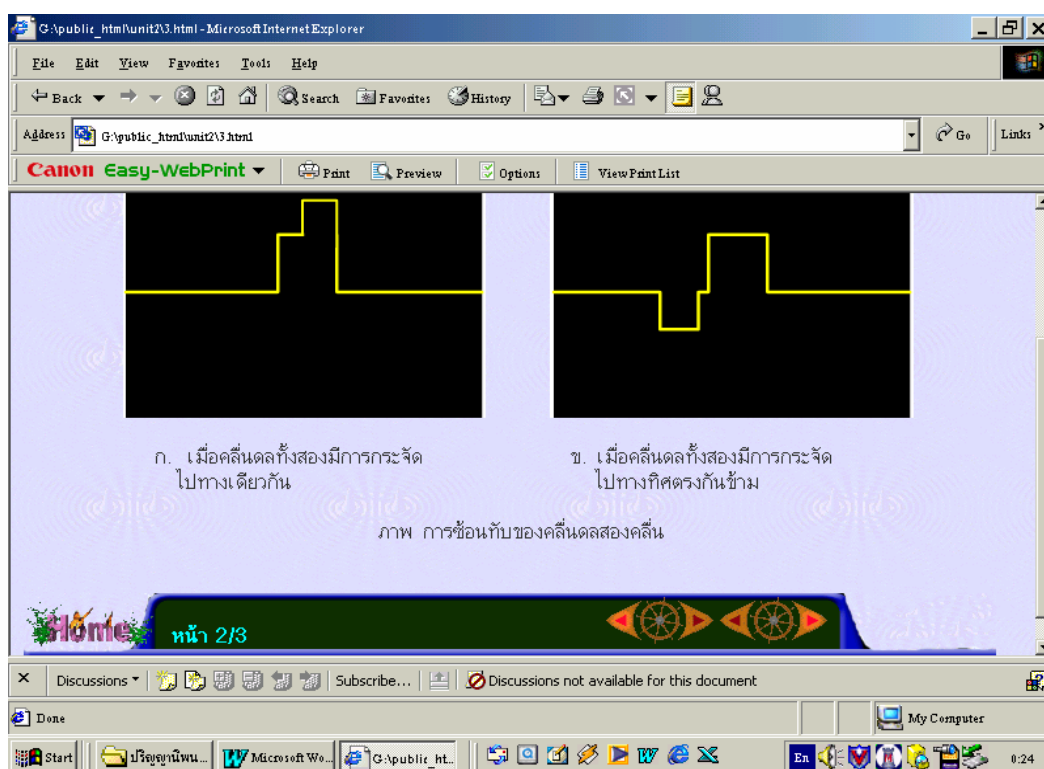
ตัวอย่างหน่วยการเรียนรู้ที่ 1



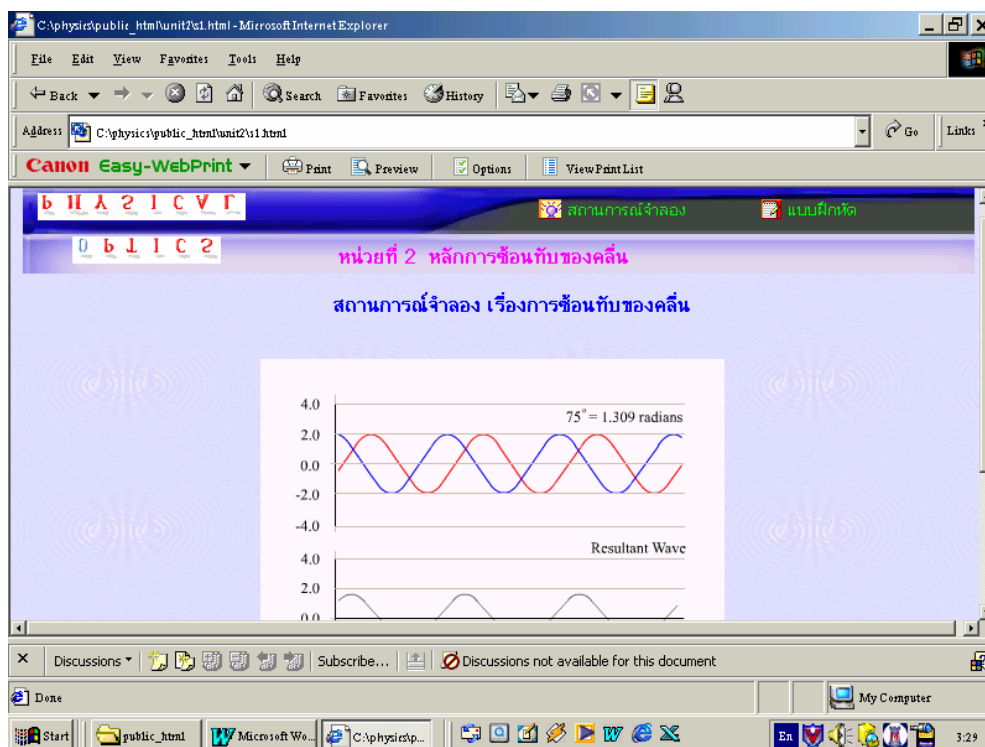
ตัวอย่างหน่วยการเรียนรู้ที่ 1



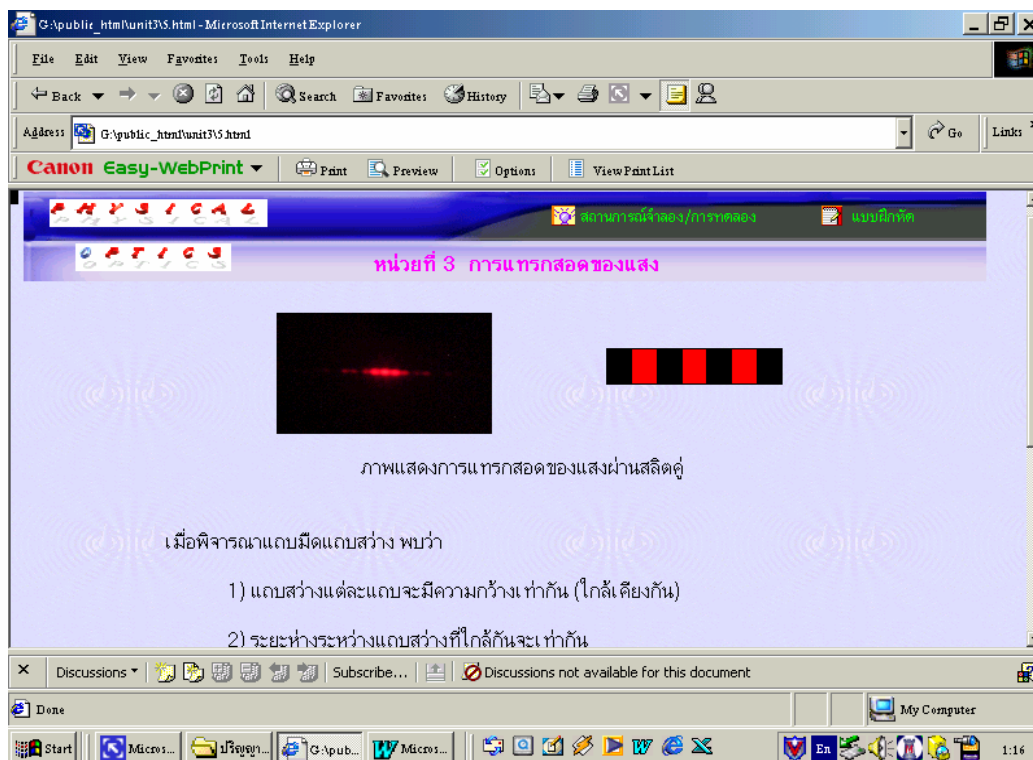
ตัวอย่างหน่วยการเรียนรู้ที่ 2



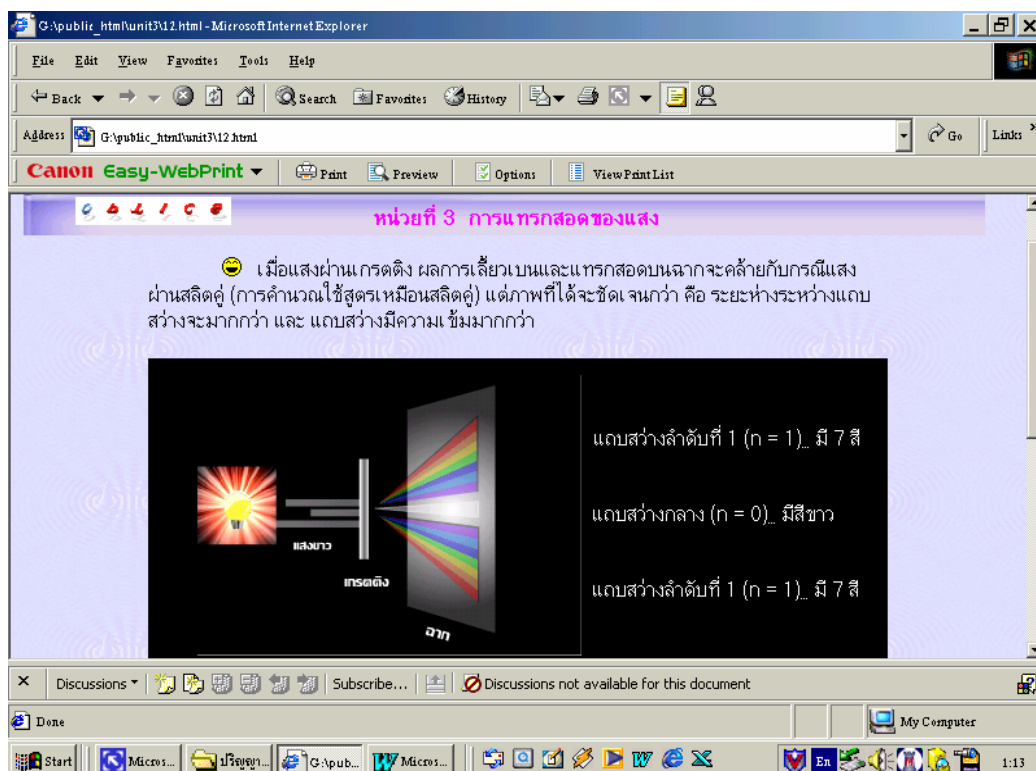
ตัวอย่างหน่วยการเรียนรู้ที่ 2



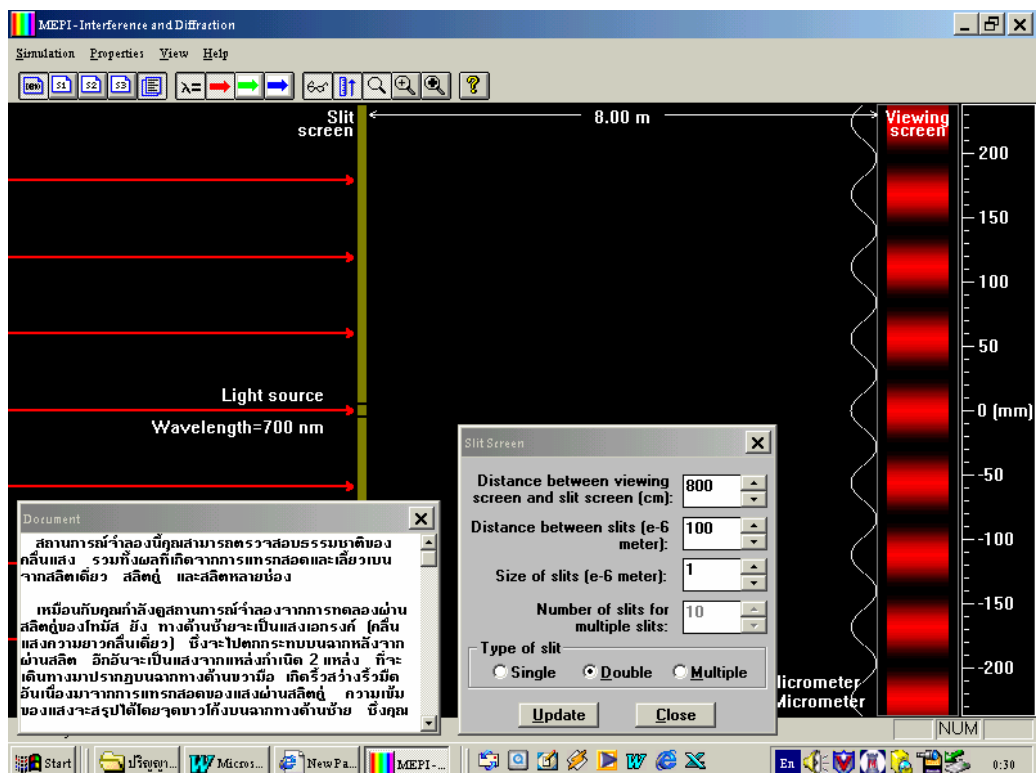
ตัวอย่างสถานการณ์จำลองหน่วยการเรียนรู้ที่ 2



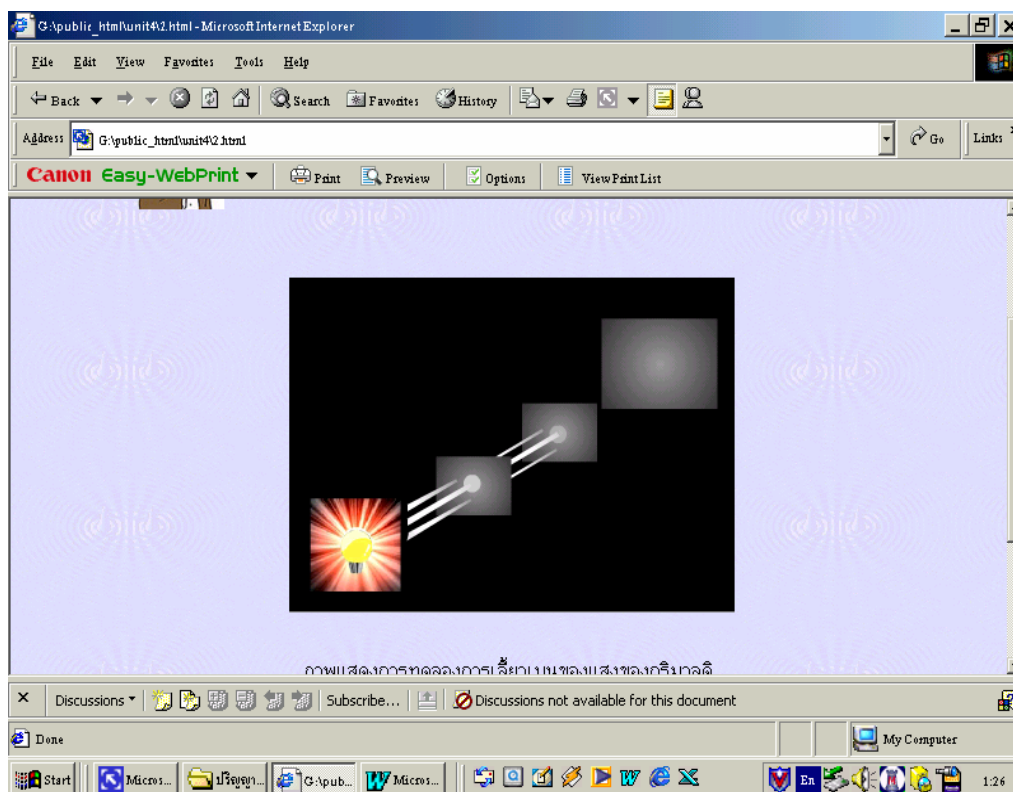
ตัวอย่างหน่วยการเรียนรู้ที่ 3



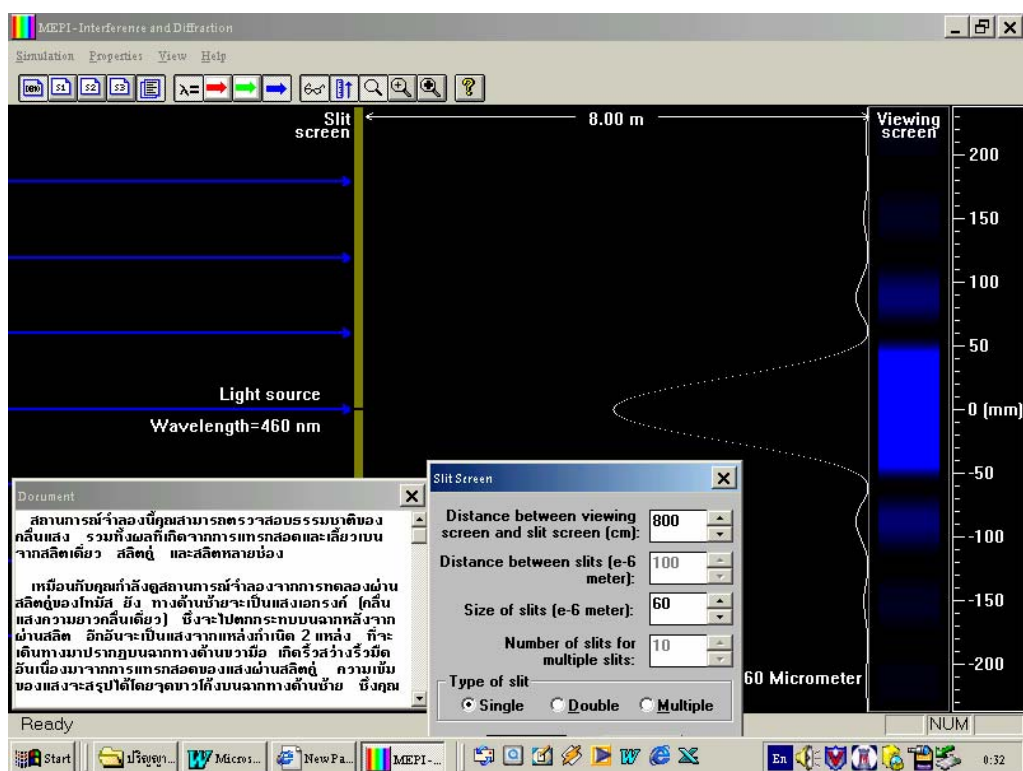
ตัวอย่างหน่วยการเรียนรู้ที่ 3



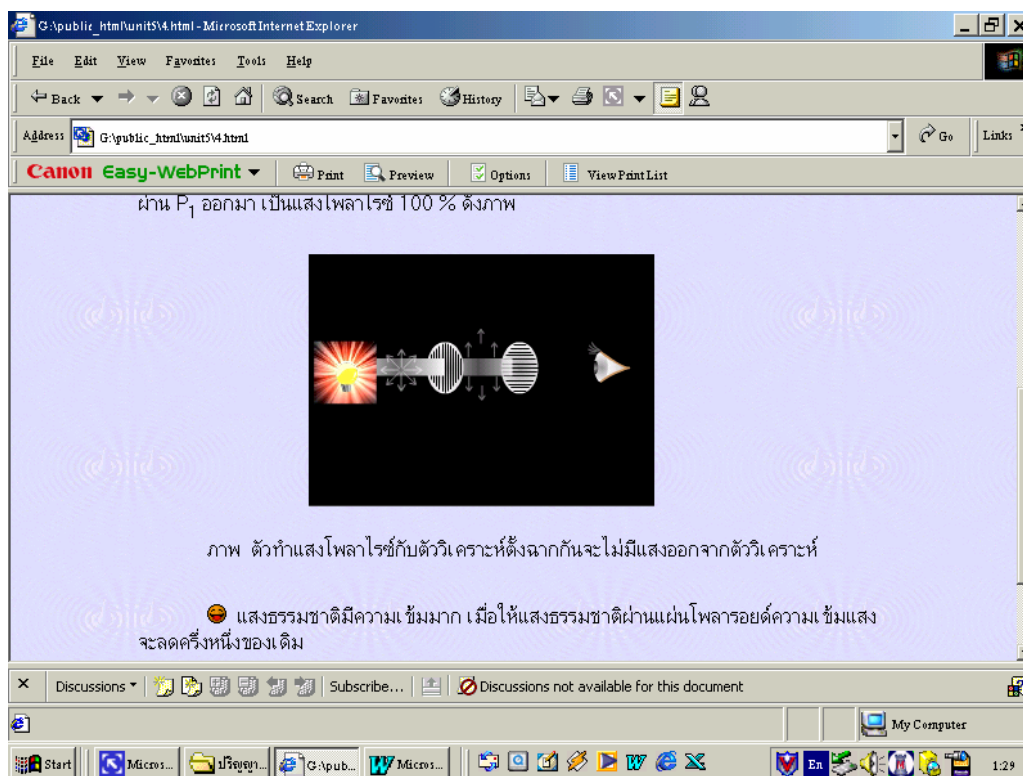
ตัวอย่างสถานการณ์จำลองหน่วยการเรียนรู้ที่ 3



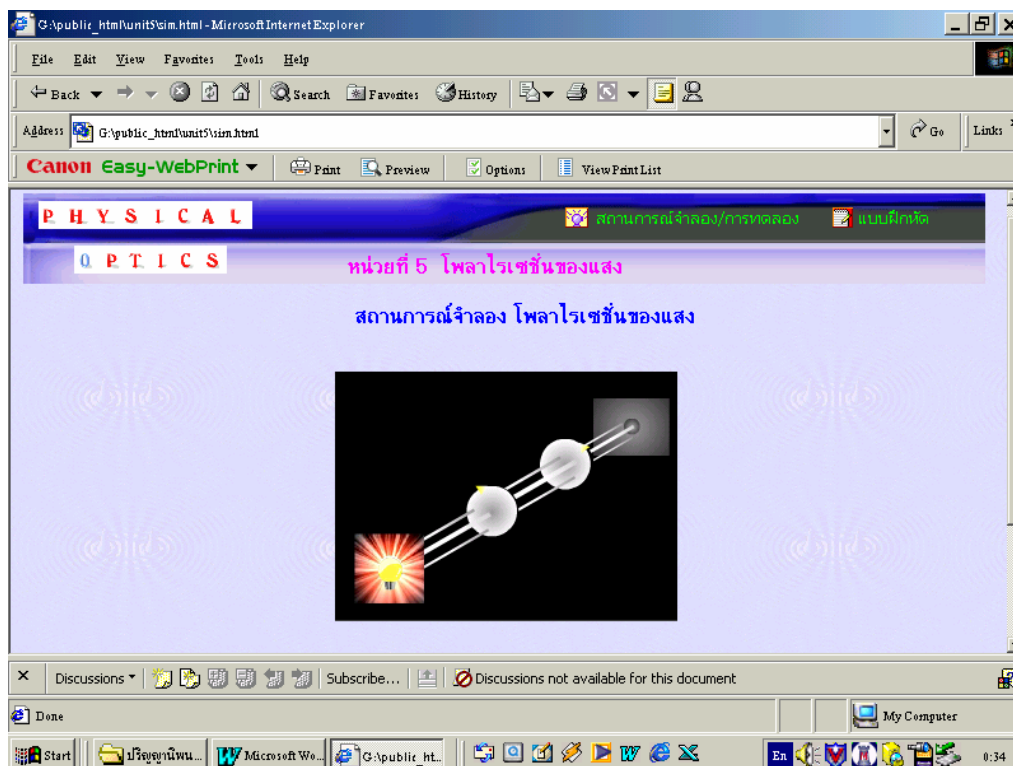
ตัวอย่างหน่วยการเรียนรู้ที่ 4



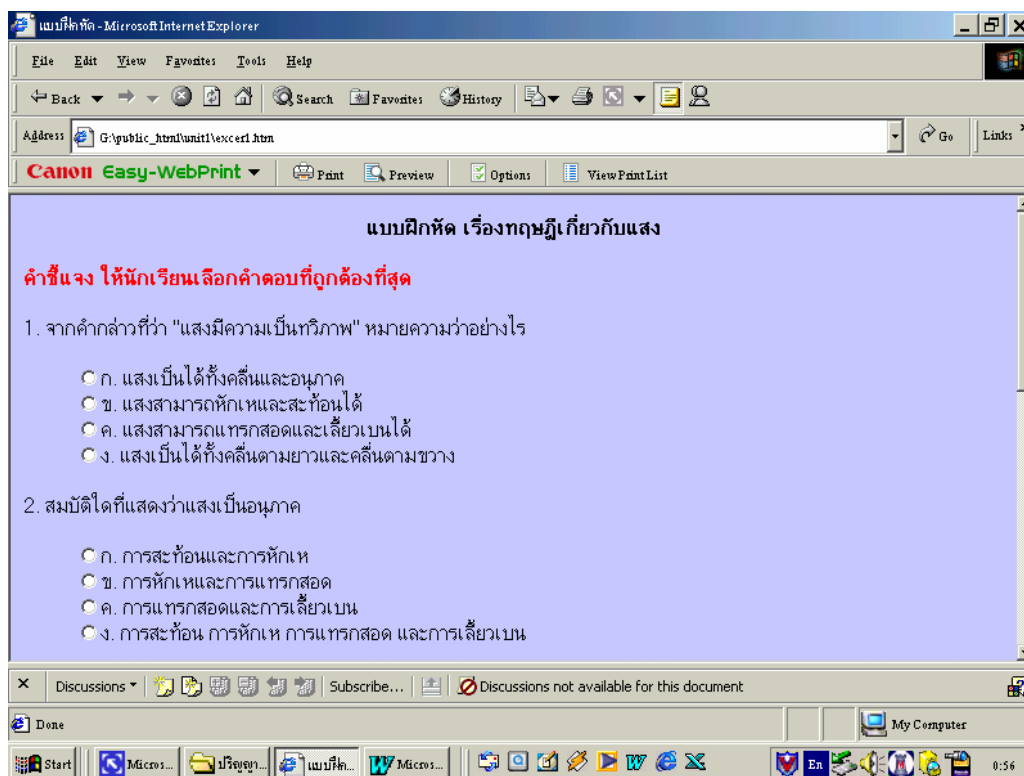
ตัวอย่างสถานการณ์จำลองหน่วยการเรียนรู้ที่ 4



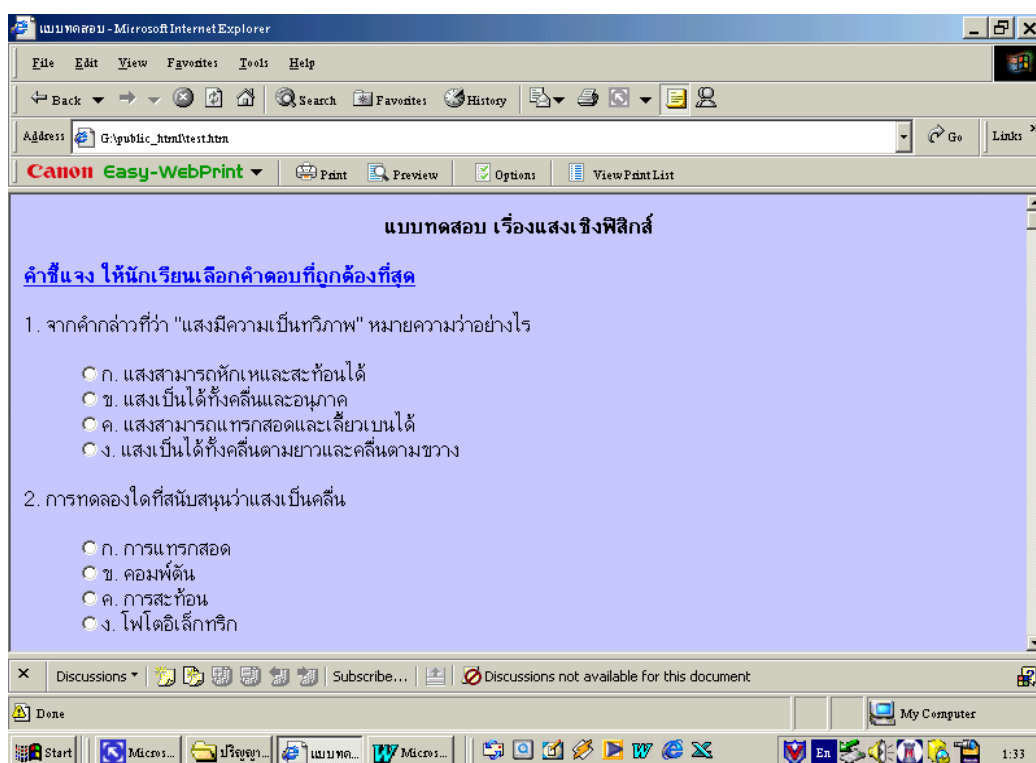
ตัวอย่างหน่วยการเรียนรู้ที่ 5



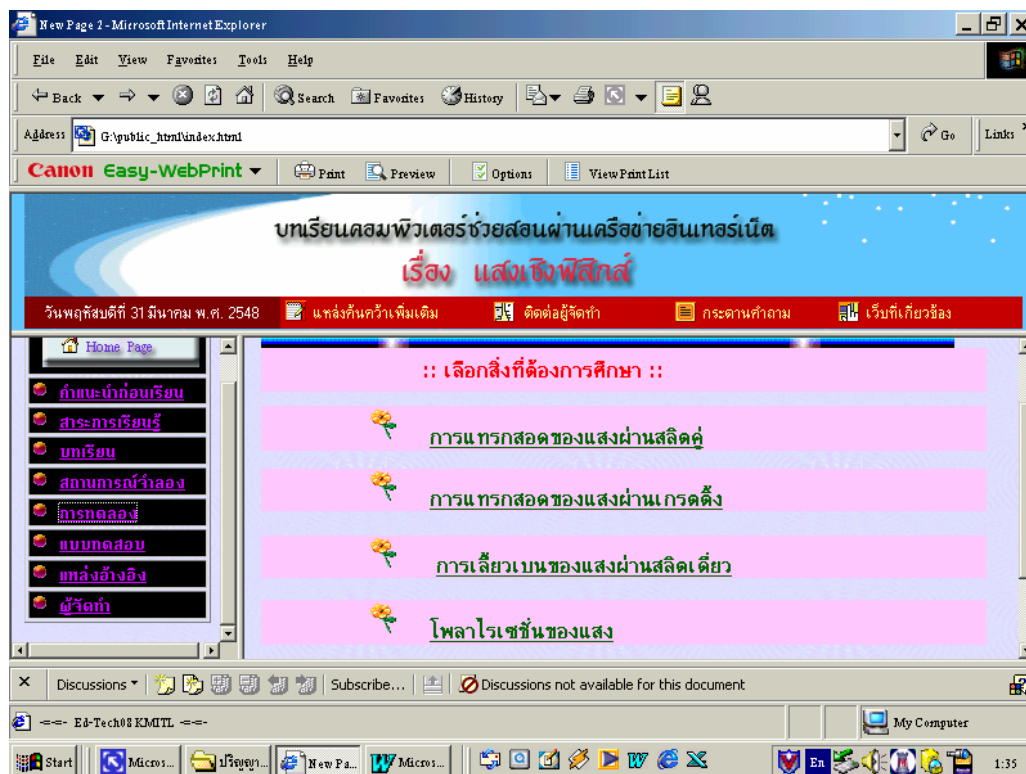
ตัวอย่างสถานการณ์จำลองหน่วยการเรียนรู้ที่ 5



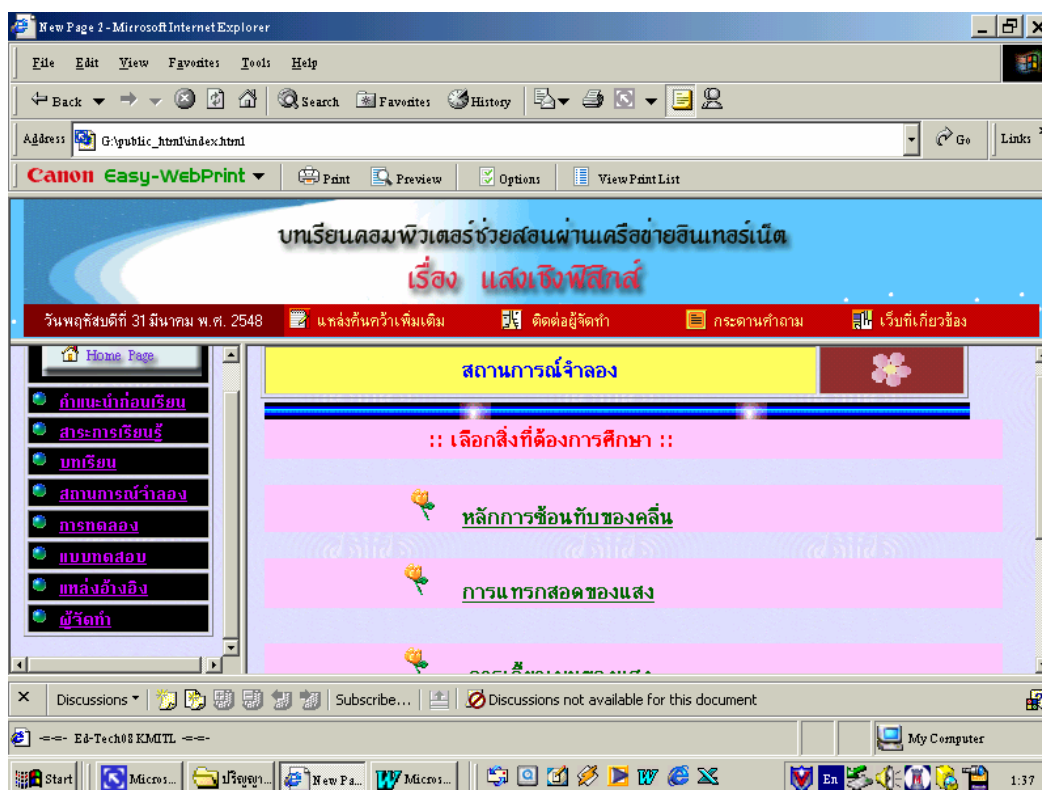
ตัวอย่างแบบฝึกหัดหน่วยการเรียนรู้ที่ 1



ตัวอย่างแบบทดสอบ



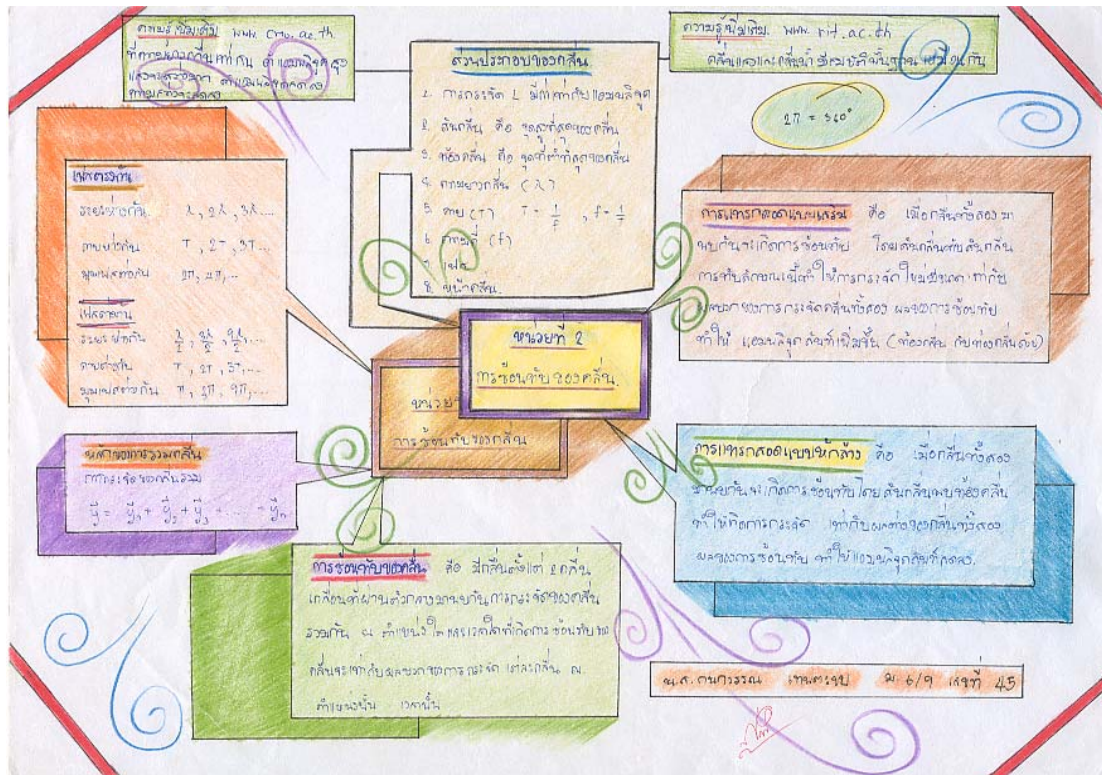
ตัวอย่างหน้าการทดลอง



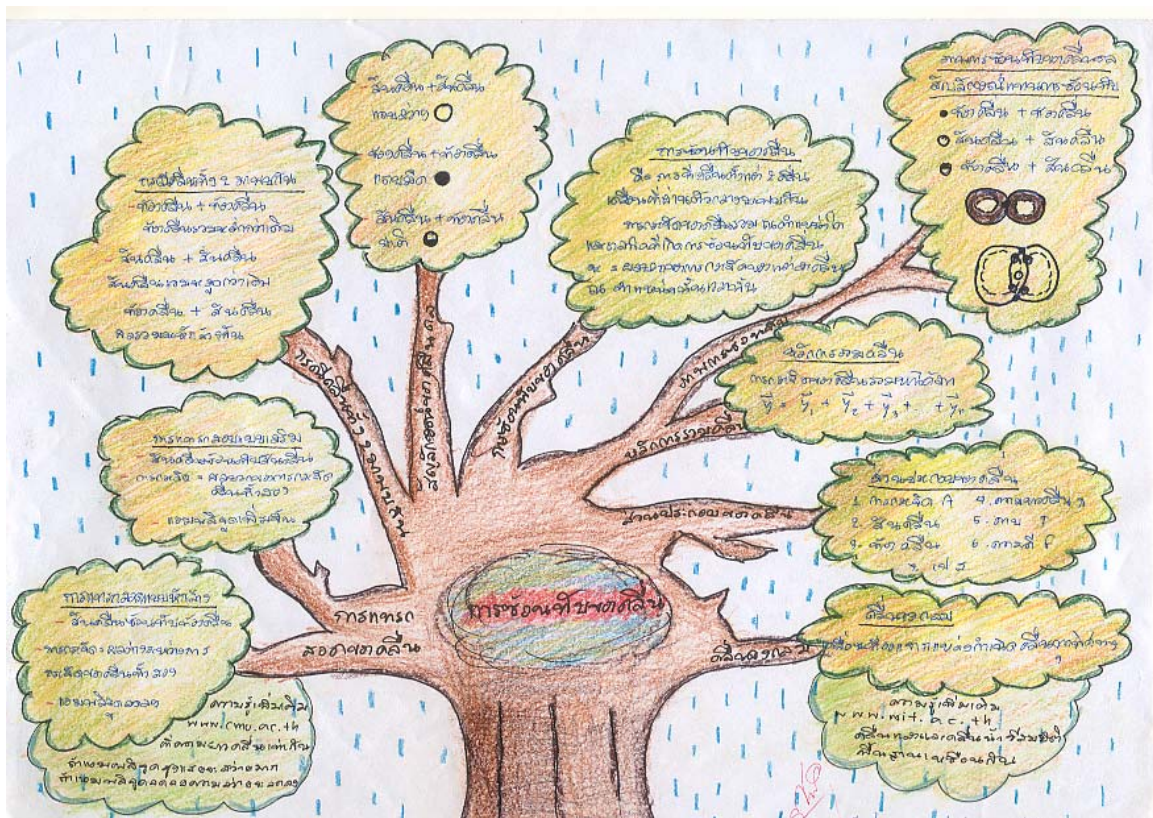
ตัวอย่างหน้าสถานการณ์จำลอง

ภาคผนวก ซ

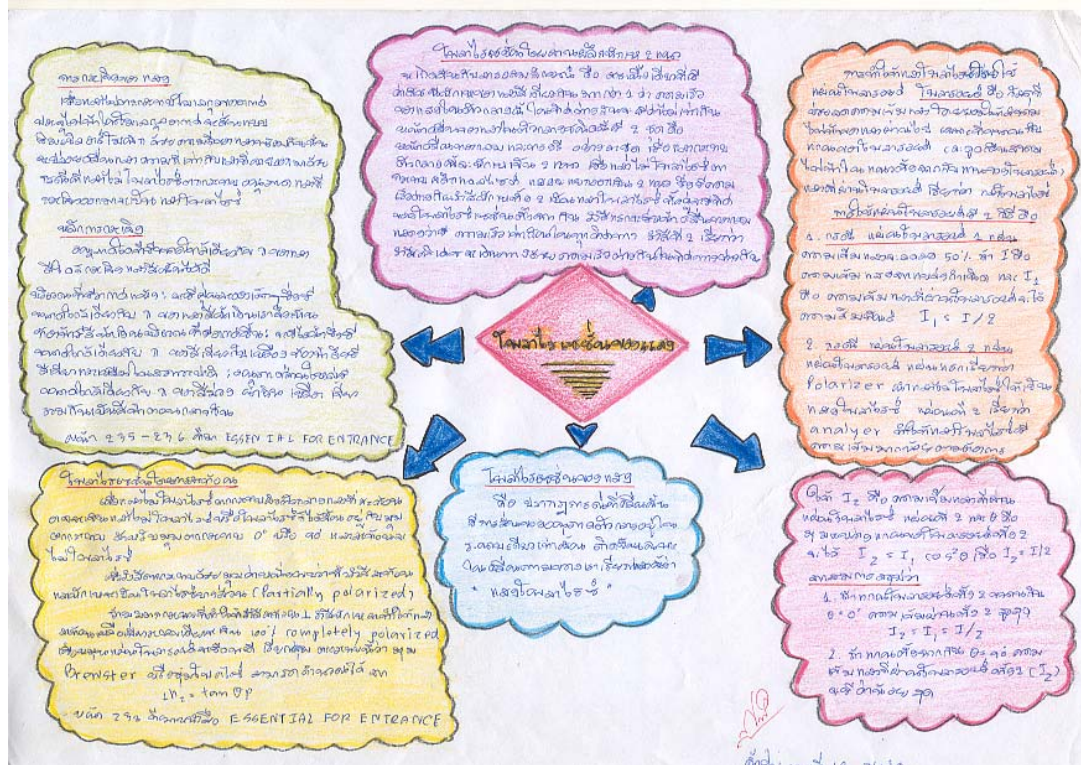
- ตัวอย่างผลการเรียนรู้ด้านความรู้โดยใช้แผนที่ความคิด



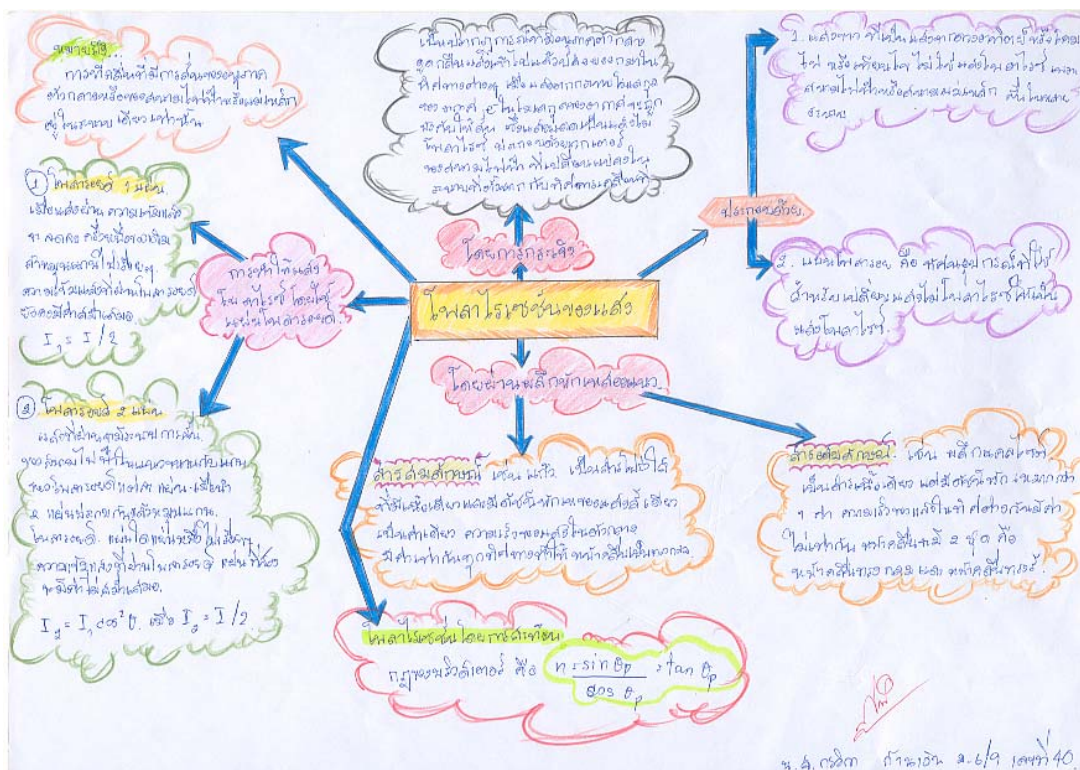
ตัวอย่างแผนที่ความคิด เรื่อง หลักการซ้อนทับของคลื่น



ตัวอย่างแผนที่ความคิด เรื่อง หลักการซ้อนทับของคลื่น



ตัวอย่างแผนที่ความคิด เรื่อง การโพลาไรเซชันของแสง



ตัวอย่างแผนที่ความคิด เรื่อง การโพลาไรเซชันของแสง

ภาคผนวก ณ

- ภาพประกอบการวิจัย



ภาพประกอบ 33 ทดลองใช้แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้กับนักเรียน 100 คน



ภาพประกอบ 34 ทดลองใช้แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการกับนักเรียน 100 คน



ภาพประกอบ 35 ทดลองใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตกับนักเรียน 3 คน



ภาพประกอบ 36 ทดลองใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตกับนักเรียน 15 คน



ภาพประกอบ 37 ทดลองใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตกับนักเรียน 30 คน



ภาพประกอบ 38 ทดสอบผลการเรียนรู้ด้านความรู้หลังเรียนกับกลุ่มตัวอย่าง 30 คน



ภาพประกอบ 39 ทดสอบผลการเรียนรู้ด้านความรู้หลังเรียนกับกลุ่มตัวอย่าง 30 คน



ภาพประกอบ 40 ทดสอบผลการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียน
กับกลุ่มตัวอย่าง 30 คน

ประวัติย่อผู้วิจัย

ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ – ชื่อสกุล	นางสาวศศิธร บุญภาพ
วัน เดือน ปีเกิด	8 กันยายน 2520
สถานที่เกิด	อำเภอศรีมหาโพธิ์ จังหวัดปราจีนบุรี
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	233 หมู่ 11 ตำบลวัฒนานคร อำเภอวัฒนานคร จังหวัดสระแก้ว 27160
ตำแหน่งหน้าที่การงาน	อาจารย์ 1 ระดับ 4
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	โรงเรียนอรัญประเทศ อำเภออรัญประเทศ จังหวัดสระแก้ว
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2535	มัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนวัฒนานคร จังหวัดสระแก้ว
พ.ศ. 2538	มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนดัดดรุณี จังหวัดฉะเชิงเทรา
พ.ศ. 2542	คป. วิชาเอกฟิสิกส์ สถาบันราชภัฏเทพสตรี จังหวัดลพบุรี
พ.ศ. 2548	การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา (ฟิสิกส์) มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ