

## การออกแบบและสร้างชุดสาธิตคลื่นตามขวาง A Design and Construction of the Transverse Wave Demonstration Set

กาญจนา จันทร์ประเสริฐ

อาจารย์ประจำภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต

โทร. 089 - 4788367 E-mail: kanchanprasert@gmail.com

### บทคัดย่อ

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ออกแบบและสร้างชุดสาธิตคลื่นตามขวาง ที่แสดงให้เห็นการเคลื่อนที่ขึ้นลงของตำแหน่งตัวกลางวัดการกระจัดของตำแหน่งตัวกลาง คำนวณหาความยาวคลื่นและตำแหน่งเฟสของตัวกลางขณะเกิดคลื่นตามขวาง และ 2) ศึกษาความคิดเห็นของกลุ่มเป้าหมายที่มีต่อชุดสาธิตคลื่นตามขวางที่สร้างขึ้น กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้านี้เป็นนักศึกษาคณะแพทยศาสตร์ ที่ลงทะเบียนเรียนวิชาฟิสิกส์วิทยาศาสตร์ชีวภาพ ภาคเรียนที่ 2/2557 จำนวน 110 คน เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา คือ ชุดสาธิตคลื่นตามขวางที่สร้างขึ้นจากการวิจัย และคู่มือปฏิบัติการเรื่องคลื่นตามขวาง เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ แบบสำรวจความคิดเห็นที่มีต่อชุดสาธิตคลื่นตามขวาง สถิติที่ใช้การวิเคราะห์เป็นสถิติพื้นฐานคือ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการศึกษพบว่า 1) ชุดสาธิตคลื่นตามขวางที่ออกแบบและสร้างขึ้นสามารถแสดงคลื่นตามขวางที่เกิดจากการเคลื่อนที่ขึ้นลงของแท่งเหล็กยาว 60 เซนติเมตร จำนวน 19 อันที่เชื่อมต่อกับแผ่นวงกลมอะคริลิกที่วางเรียงกันห่างกันเป็นระยะ 10 เซนติเมตรสอดด้วยแกนกลางที่ต่อกับมอเตอร์เกียร์กระแสตรง 24 โวลต์ ทดรอบสูงสุด 100 รอบต่อนาที โดยแอมพลิจูดของคลื่นที่เกิดจากชุดสาธิตนี้มีค่าเท่ากับ 6.5 เซนติเมตรและ 2) ค่าเฉลี่ยความคิดเห็นของกลุ่มตัวอย่างด้านการใช้ชุดสาธิตในการจัดการเรียนรู้และด้านพฤติกรรมของผู้เรียนที่เรียนด้วยชุดสาธิตเท่ากับ 4.02 และ 4.17 ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในระดับเห็นด้วยมาก

**คำสำคัญ:** ชุดสาธิตคลื่นตามขวาง แอมพลิจูด สมการคลื่น

### Abstract

The purpose of this study were to 1) design and construct the transverse wave demonstration set that shows moving media position, measures displacement of media position, calculates wave length and phase, and 2) study the opinions of the target group on the use of the transverse wave demonstration set. By purposive sampling, the sample which comprised of 110 students from the College of Medicine who registered in Physics in semester 2 of academic year 2014 was drawn. The research tools consisted of the transverse wave demonstration set, the laboratory handbook and the questionnaire for surveying the target group's opinions on the transverse wave demonstration set. Mean and standard deviation were used to analyse data. The results indicated that: 1) the transverse wave demonstration set was able to show transverse wave derived from 19 moving up and down rods which were connected to acrylic circle plates. The

distance between each acrylic circle plate was 10 cm. The main axis that threw all of the acrylic circle plates was connected to a 24 volts D.C. gear motor with 100 rev/m of maximum revolution. The amplitude of transverse wave from the demonstration set was fixed at 6.5 cm and 2)The target group was satisfied by the use of the transverse wave demonstration set at a good level since the means regarding learning management and learning behaviour were 4.02 and 4.17 respectively.

**Keywords:** Transverse Wave Demonstration Set, Amplitude, Wave Equation

## บทนำ

วิชาฟิสิกส์เป็นวิชาหนึ่งที่มีความสำคัญมาก เนื่องจากเป็นรายวิชาที่ศึกษาเกี่ยวกับความจริงที่เกิดขึ้นในธรรมชาติ เพื่อให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจในปรากฏการณ์ธรรมชาติและสามารถค้นหาสาเหตุและผลที่เกิดขึ้น นอกจากนี้วิชาฟิสิกส์ยังเป็นพื้นฐานสำคัญของการนำไปประยุกต์ในวิชาต่างๆ เช่น วิศวกรรมศาสตร์ แพทยศาสตร์ เป็นต้น ตลอดจนก่อให้เกิดการพัฒนาด้านเทคโนโลยีอย่างมากมาย (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2543: 9) ดังนั้นในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในประเทศไทยจึงกำหนดให้มีการเรียนการสอนรายวิชาฟิสิกส์ในทุกระดับการศึกษา แต่จากรายงานผลการศึกษาด้านการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และฟิสิกส์ทั้งในระดับมัธยมศึกษา และระดับอุดมศึกษาหลายเรื่องพบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำกว่าเกณฑ์ที่มุ่งหวัง และจากการศึกษาถึงปัจจัยที่ทำให้เกิดสถานการณ์เช่นนั้น พบว่าปัจจัยที่สำคัญมากที่สุดที่ส่งผลกระทบต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และฟิสิกส์ คือครูและรวมถึงการขาดแคลนทรัพยากรการเรียน ได้แก่ วัสดุการเรียนการสอน วัสดุห้องสมุด และอุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ เมื่อศึกษาต่อไปพบว่าปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับครู คือ การจัดการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ที่ขาดประสิทธิภาพและประสิทธิผล ซึ่งเทคนิควิธีการสอนวิชาฟิสิกส์นั้นมีหลายรูปแบบและหนึ่งในหลายรูปแบบนั้น คือ วิธีสอนแบบปฏิบัติการหรือการทดลอง (Laboratory Method) ที่เป็นวิธีสอนที่มุ่งให้ผู้เรียนได้เข้าใจเนื้อหาทฤษฎีจากการปฏิบัติจริง ได้ฝึกฝนทักษะในการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ ให้ผู้เรียนฝึกและทำความเข้าใจกับกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่จำเป็นต่อการศึกษาค้นคว้าหรือแก้ปัญหาเชิงปฏิบัติ ฝึกทั้งด้านความคิดและด้านลงมือปฏิบัติจริง โดยฝึกเชื่อมโยงความรู้ภาคทฤษฎีเข้ากับสถานการณ์จริง (สุรพล วิหคไพบูลย์, 2543: พันศักดิ์ สายแสงจันทร์, 2544: ลือเดช ปิตุพงษ์, 2553) วิชาฟิสิกส์เป็นวิชาที่มีสูตร สมการมากมาย ทำให้ผู้เรียนเกิดความรู้สึกท้อในการเรียน แต่ถ้ามีการใช้เครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองที่แสดงเหตุและผลของสมการเหล่านั้นที่เป็นรูปธรรม จะถือว่าเป็นเครื่องมือ หรืออุปกรณ์ที่ทำให้ความเป็นนามธรรมกลายเป็นรูปธรรมได้อย่างชัดเจน เพราะเครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง จะเป็นตัวการสำคัญที่จะทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และเชื่อมโยงกับภาคทฤษฎีอย่างชัดเจนช่วยให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจในเนื้อหาบทเรียนที่ยุ่ยากซับซ้อนได้ง่ายขึ้นในระยะเวลาอันสั้น และช่วยให้เกิดความคิดรวบยอดในเรื่องนั้นได้อย่างถูกต้องและรวดเร็ว (นพพร เสนีย์คุปต์, 2547: 57) ดังนั้นการเลือกใช้เครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่เหมาะสมเป็นตัวชี้ถึงประสิทธิภาพของการเรียนการสอนในครั้งนั้นๆ แต่ในทางปฏิบัติแล้ว จะพบว่ามีการเลือกใช้สื่อที่ทำให้เกิดการรับรู้ที่ไม่เหมาะสมกันมาก อันเนื่องมาจากยึดเอาความสะดวกคุ้นเคยของผู้สอนซึ่งทำให้เกิดผลของการเรียนรู้ที่แตกต่างกันอย่างแน่นอน แต่ปัญหาใหญ่ที่พบอีกประการคือ ครูฟิสิกส์/ครูวิทยาศาสตร์ หลีกเลี่ยงที่จะทำการทดลองซึ่งไม่ใช่เกิดขึ้นกับเฉพาะครูไทยเท่านั้น แม้แต่ในประเทศที่มีการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่ก้าวหน้าและทันสมัยก็เกิดปัญหานี้เช่นเดียวกัน (Sumrall, 1997: 12) เหตุผลที่ครูหลีกเลี่ยงการสอนวิทยาศาสตร์โดยให้มีการทดลองนั้น William J. Sumrall สรุปไว้ 5 ประการ คือ ครูทำงานมากขึ้น ยุ่งยากเกินไป ครูขาดความรู้ทางเนื้อหาวิทยาศาสตร์ ต้องใช้เวลาในการสอนเพิ่มขึ้น และ อุปกรณ์ไม่เพียงพอ ดังนั้นวิธีที่จะช่วยแก้ปัญหาดังกล่าวข้างต้นได้แนวทางหนึ่ง คือการสร้างอุปกรณ์ขึ้นมาเพื่อช่วยให้มีอุปกรณ์เพียงพอในการเรียนการสอน และยังช่วยทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างกว้างขวางลึกซึ้งยิ่งขึ้น อันจะช่วยให้เกิดความ

เข้าใจในบทเรียน (Sharma, 1982: 262-263) การที่ครูผลิตอุปกรณ์ขึ้นใช้เองนั้นจะได้อุปกรณ์ที่เหมาะสมกับบทเรียนที่สอนมากกว่าอุปกรณ์ที่จัดซื้อ

รายวิชาฟิสิกส์วิทยาศาสตร์ชีวภาพเป็นรายวิชาในกลุ่มวิชาพื้นฐานวิชาชีพ (วิชาแกน) สำหรับนักศึกษาจากวิทยาลัยแพทยศาสตร์ รายวิชานี้ประกอบด้วยหัวข้อ การวัด กลศาสตร์ คลื่น แม่เหล็กไฟฟ้า นิวเคลียร์ฟิสิกส์ ซึ่งในแต่ละหัวข้อยังประกอบด้วยหัวข้อย่อย เช่น คลื่น ประกอบด้วย คลื่น เสียง แสง หรือ แม่เหล็กไฟฟ้า ประกอบด้วย ไฟฟ้าสถิต ไฟฟ้ากระแสตรง ไฟฟ้ากระแสสลับ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งทั้ง 2 หัวข้อที่กล่าวนี้ผู้เรียนต้องมีความเข้าใจในเรื่องคลื่นเป็นพื้นฐาน เพื่อนำไปใช้ในการเรียนรู้เรื่อง แสง เสียง ไฟฟ้ากระแสสลับ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งหัวข้อที่กล่าวมานี้มีการจัดการเรียนการสอนในระดับมัธยมศึกษาเช่นกัน ด้วยเหตุผลดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะออกแบบและสร้างชุดสาธิตคลื่นตามขวางที่นำไปใช้ในการเรียนรู้แบบปฏิบัติการในรายวิชาฟิสิกส์หัวข้อเรื่องคลื่นทั้งในระดับมัธยมศึกษาตอนปลายและระดับปริญญาตรี

### วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อออกแบบและสร้างชุดสาธิตคลื่นตามขวาง ที่แสดงให้เห็นการเคลื่อนที่ขึ้นลงของตัวกลางวัดการกระจัดของตำแหน่งตัวกลางเพื่อนำค่าที่วัดได้ไปคำนวณหาความยาวคลื่นและบอกตำแหน่งเฟสของตัวกลางของเกิดคลื่นตามขวางขณะที่เกิดคลื่นตามขวาง

2. ศึกษาความคิดเห็นของกลุ่มเป้าหมายที่มีต่อชุดสาธิตคลื่นตามขวางที่สร้างขึ้น

### วิธีดำเนินการวิจัย

#### ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักศึกษาคณะแพทยศาสตร์ ที่ลงทะเบียนเรียนวิชาฟิสิกส์วิทยาศาสตร์ชีวภาพ ภาคเรียนที่ 2/2557 จำนวน 110 คนที่ผู้วิจัยสอนและ ใช้เป็นกลุ่มเป้าหมายในการศึกษาทั้งหมด

#### ขอบเขตของการวิจัย

1. ออกแบบและสร้างชุดสาธิตคลื่นตามขวาง ที่แสดงให้เห็นการเคลื่อนที่ขึ้นลงของตัวกลางขณะเกิดคลื่นตามขวาง  
2. ทดสอบชุดสาธิตคลื่นตามขวางที่สร้างขึ้นโดยทำการวัดการกระจัดของตัวกลาง อธิบายเฟสของตัวกลางในแต่ละตำแหน่ง คำนวณหาความยาวคลื่น และความเร็วคลื่น

#### นิยามคำศัพท์เฉพาะ

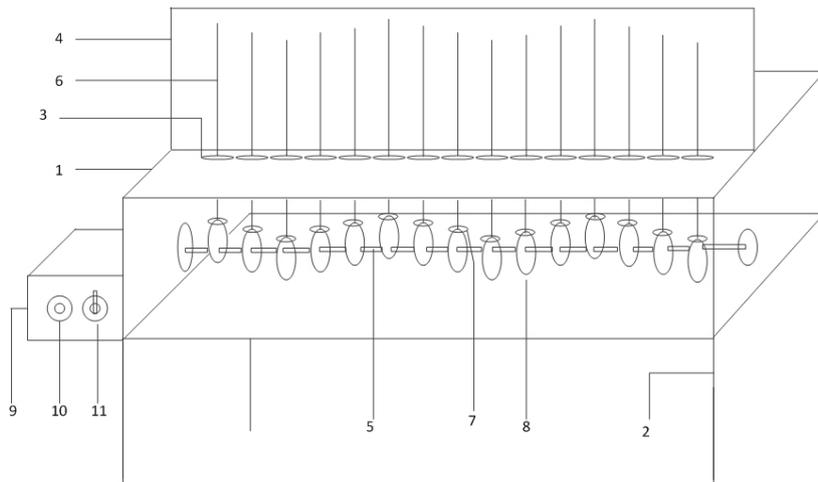
ชุดสาธิตคลื่นตามขวางในการวิจัยครั้งนี้ หมายถึงชุดสาธิตคลื่นตามขวางที่ออกแบบและสร้างโดยผู้วิจัยที่แสดงให้เห็นการเคลื่อนที่ขึ้นลงของตัวกลางขณะเกิดคลื่นตามขวาง สามารถนำไปใช้เป็นอุปกรณ์ในการเรียนรู้แบบปฏิบัติการเรื่องคลื่นในวิชาฟิสิกส์

## เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

**เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย** ประกอบด้วย ชุดสาธิตคลื่นตามขวาง และคู่มือปฏิบัติการเรื่องคลื่น มีขั้นตอนการออกแบบและสร้างดังนี้

ก.ศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับเนื้อหาของคลื่นตามขวาง

ข.ออกแบบชุดสาธิตคลื่นตามขวางที่มีรายละเอียดตามรูปที่ 1



รูปที่1ชุดสาธิตคลื่นตามขวาง

จากรูปที่1อธิบายส่วนประกอบชุดสาธิตคลื่นตามขวางได้ดังนี้

- หมายเลข 1      กล้องสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาดกว้าง 50 เซนติเมตร ยาว 2 เมตร และสูง 45 เซนติเมตร
- หมายเลข 2      ขาตั้งสูงจากพื้น 70 เซนติเมตร
- หมายเลข 3      รูที่เจาะเป็นแถวสำหรับสอดแท่งเหล็ก
- หมายเลข 4      แผ่นสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาดกว้าง 50 เซนติเมตร ยาว 2 เมตร และหนา 1 เซนติเมตรติดตั้งบนกล้อง  
ในแนวตั้งตามความยาวของกล้อง
- หมายเลข 5      แกนหมุนใหญ่ติดตั้งในแนวนอนภายในกล้อง โดยติดตั้งตำแหน่งกึ่งกลางกล้องสี่เหลี่ยมผืนผ้า
- หมายเลข 6      แท่งเหล็กความสูง 50 เซนติเมตร ติดตั้งบนแผ่นอะครีลิกวงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5  
เซนติเมตร
- หมายเลข 7      แผ่นอะครีลิกวงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร
- หมายเลข 8      แผ่นอะครีลิกวงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 เซนติเมตร
- หมายเลข 9      กล้องใส่มอเตอร์เกียร์กระแสตรง 24 โวลต์ ทดรอบสูงสุด 100 รอบต่อนาที
- หมายเลข 10    สวิตช์ปิดเปิดมอเตอร์
- หมายเลข 11    ปุ่มบิดเลือกความเร็วมอเตอร์

ค.จัดทำคู่มือปฏิบัติการเรื่องคลื่นตามขวางโดยใช้ชุดทดลองคลื่นตามขวาง

ง.ให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความถูกต้องของการทดลองที่สอดคล้องกับเนื้อหา แก้ไขตามข้อเสนอแนะ นำมาทดสอบ และทำการปรับปรุงซ้ำหลายครั้ง เพื่อพัฒนาชุดทดลองให้มีค่าความถูกต้องของผลการทดลองใกล้เคียง 100% จุดที่มีการแก้ไข ปรับเปลี่ยน เพิ่มเติม เช่น การเปลี่ยนขนาด การทดสอบของมอเตอร์ที่ใช้ปรับค่าความเร็วในการหมุนแกนกลาง

**เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล** เป็นแบบสำรวจความคิดเห็นของกลุ่มเป้าหมายที่มีต่อชุดสาธิตคลื่นตามขวาง แบบมาตราวัด 5 ระดับ ใน 2 ด้าน คือ ด้านการใช้ชุดสาธิตในการจัดการเรียนรู้ มี 5 ข้อย่อย และค่าด้านพฤติกรรมการเรียนรู้ที่เรียนด้วยชุดสาธิต มี 5 ข้อย่อย นำไปทดลองใช้กับกลุ่มทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานเบื้องต้น (Try Out) ที่เป็นนักศึกษา คณะเทคนิคการแพทย์ที่ลงทะเบียนเรียนวิชาฟิสิกส์วิทยาศาสตร์ชีวภาพ ภาคเรียนที่ 1/2557 จำนวน 30 คน เพื่อหาค่า IOC ซึ่งมีค่าระหว่าง 0.60-1.00

### การเก็บรวบรวมข้อมูล

- 1.ชี้แจงวัตถุประสงค์ของการเก็บข้อมูลและวิธีการใช้งานชุดสาธิตให้กลุ่มเป้าหมายทราบ
- 2.กลุ่มเป้าหมายทำการทดลองตามคู่มือปฏิบัติการเรื่องคลื่น โดยใช้ชุดสาธิตคลื่นตามขวาง
- 3.เมื่อกลุ่มเป้าหมายทำการทดลองเสร็จ ผู้วิจัยสำรวจความคิดเห็นของกลุ่มเป้าหมายที่มีต่อชุดสาธิตคลื่นตามขวาง โดยใช้แบบสำรวจชุดสาธิตคลื่นตามขวาง

### การวิเคราะห์ข้อมูล สถิติที่ใช้

หาค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ย ค่าเฉลี่ย ( $\bar{X}$ ) และ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของความคิดเห็นของกลุ่มเป้าหมายที่มีต่อชุดสาธิตคลื่นตามขวางโดยกำหนดเกณฑ์และแปลความหมายค่าเฉลี่ยผลการสำรวจ ดังนี้

ค่าคะแนนเฉลี่ย	แปลความหมาย
1.00 - 1.49	ความคิดเห็นในระดับเห็นด้วยน้อยที่สุด
1.50 - 2.29	ความคิดเห็นในระดับเห็นด้วยน้อย
2.50 - 3.49	ความคิดเห็นในระดับเห็นด้วยปานกลาง
3.50 - 4.49	ความคิดเห็นในระดับเห็นด้วยมาก
4.50 - 5.00	ความคิดเห็นในระดับเห็นด้วยมากที่สุด

### ผลการวิจัย

1.ชุดสาธิตคลื่นตามขวางที่ออกแบบและสร้างขึ้นสามารถแสดงคลื่นตามขวางที่เกิดจากการเคลื่อนที่ขึ้นลงของแท่งเหล็กยาว 60 เซนติเมตร จำนวน 19 อันที่เชื่อมต่อกับแผ่นวงกลมอะคริลิกที่วางเรียงกันห่างกันเป็นระยะ 10 เซนติเมตรสอดด้วยแกนกลางที่ต่อกับมอเตอร์เกียร์กระแสตรง 24 โวลต์ ทดสอบสูงสุด 100 รอบต่ออนาทีที่กำหนดให้แอมพลิจูดของคลื่นตามขวางที่เกิดขึ้นจากชุดสาธิตเท่ากับ 6.5 เซนติเมตร (รูปที่ 2) ทดสอบชุดสาธิตคลื่นตามขวาง โดยแปรค่าความเร็วรอบจากมอเตอร์ที่ใช้หมุนแกนกลางแท่งเหล็กทั้ง 19 อันเคลื่อนที่ขึ้นลงเกิดเป็นรูปคลื่นตามขวาง สามารถวัดการกระจัดของตำแหน่งตัวกลาง นำค่าที่วัดวัดได้ไปคำนวณหาความยาวคลื่นและตำแหน่งเฟสของตัวกลางของการเกิดคลื่นตามขวาง (รูปที่ 3)



รูปที่ 2 ชุดสาธิตเคลื่อนตามขวาง



รูปที่ 3 การทดสอบชุดสาธิตเคลื่อนตามขวางกับกลุ่มเป้าหมาย

2.ผลสำรวจความคิดเห็นของกลุ่มเป้าหมายที่ใช้ชุดสาธิตเคลื่อนตามขวางในการเรียนปฏิบัติการเรื่ององค์ประกอบคลื่นตามขวาง 2 ด้าน โดยค่าเฉลี่ยด้านการใช้ชุดสาธิตในการจัดการเรียนรู้เท่ากับ 4.02 และค่าเฉลี่ยด้านพฤติกรรมของผู้เรียนที่เรียนด้วยชุดสาธิตเท่ากับ 4.17 ซึ่งอยู่ในระดับเห็นด้วยมาก

ตารางที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ยความคิดเห็นของกลุ่มเป้าหมายที่เรียนปฏิบัติการเรื่องคลื่นด้วยชุดสาธิตคลื่นตามขวาง

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย	SD.	แปลความหมาย	อันดับ
<b>ด้านการใช้ในการจัดการเรียนรู้</b>				
1.1 ตรงกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้	4.25	0.58	เห็นด้วยมาก	3
1.2 ตรงกับสาระสำคัญและสาระความรู้(เนื้อหา)	4.23	0.55	เห็นด้วยมาก	4
1.3 ถ่ายความรู้จากทฤษฎีสู่ความจริงได้ชัดเจน	4.08	0.79	เห็นด้วยมาก	6
1.4 นำความรู้ที่เกิดขึ้นจากการเรียนรู้ไปประยุกต์ใช้ในการเรียนวิชาฟิสิกส์เรื่องอื่นๆ	3.89	0.78	เห็นด้วยมาก	9
1.5 นำความรู้ที่เกิดขึ้นจากการเรียนรู้ไปประยุกต์ในชีวิตประจำวัน	3.64	0.87	เห็นด้วยมาก	10
<b>ภาพรวมด้านการใช้ในการจัดการเรียนรู้</b>	4.02	0.54	เห็นด้วยมาก	
<b>ด้านพฤติกรรมของผู้เรียนที่เรียนด้วยชุดสาธิต</b>				
2.1 มีความสนใจที่จะเรียนรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับองค์ประกอบของคลื่น	4.08	0.79	เห็นด้วยมาก	6
2.2 มีเจตคติที่ดีต่อการเรียนปฏิบัติการในวิชาฟิสิกส์	4.05	0.79	เห็นด้วยมาก	8
2.3 ทำให้ผู้เรียนเกิดความคิดริเริ่ม สร้างสรรค์	4.09	0.83	เห็นด้วยมาก	5
2.4 มีการแลกเปลี่ยนความรู้ภายในกลุ่มเรียน	4.34	0.77	เห็นด้วยมาก	1
2.5 เปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้	4.30	0.76	เห็นด้วยมาก	2
<b>ภาพรวมด้านพฤติกรรมของผู้เรียนที่เรียนด้วยชุดสาธิต</b>	4.17	0.66	เห็นด้วยมาก	

### การอภิปรายผล

การอภิปรายผลการวิจัย แยกเป็น 2 ด้านดังนี้

1) ด้านการออกแบบและพัฒนาชุดสาธิตคลื่นตามขวาง จากการวิจัยพบว่าชุดสาธิตที่ผู้วิจัยพัฒนามีการทำงานที่แสดงให้เห็นการเคลื่อนที่ขึ้นลงของตำแหน่งตัวกลาง สามารถวัดการกระจัดของตำแหน่งการเคลื่อนที่ของตัวกลาง และนำค่าปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องในการเคลื่อนที่ของคลื่นตามขวางไปคำนวณหาความยาวคลื่นและตำแหน่งเฟสของตัวกลางขณะเกิดคลื่นตามขวางได้ชัดเจนและถูกต้อง เนื่องจากผู้วิจัยได้ศึกษาเนื้อหาของคลื่นตามขวางและการออกแบบอุปกรณ์ทดแทนและสิ่งประดิษฐ์ทางวิทยาศาสตร์ทำให้พัฒนาชุดสาธิตคลื่นตามขวางสำหรับใช้ในการจัดการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับแผนการสอนของครู ตามจุดมุ่งหมายในการสร้างอุปกรณ์ทดแทนตามแนวคิดของ รัชชีย์ ชิวปรีชา และคณะ (อ้างถึงใน ทะนง อัครธีรานนท์, 2555: 28) และชุดสาธิตคลื่นตามขวางที่พัฒนานี้สอดคล้องกับแนวคิดของโซ สาลีฉน์ (อ้างถึงใน ทะนง อัครธีรานนท์, 2555: 28-29) ที่เสนอไว้ว่าอุปกรณ์และสิ่งประดิษฐ์ทางวิทยาศาสตร์ที่ดีควรมีรูปร่างลักษณะจูงใจ เพื่อให้ผู้เรียนเกิดความสนใจ ต้องทำงานได้ตามที่ต้องการ มีความคงทนถาวร มีอายุการใช้งานได้นาน มีเสถียรภาพที่ดีไม่ล้มง่าย และเวลาสาธิตหรือปฏิบัติการทดลองต้องให้ผู้เรียนมองเห็นและสังเกตได้ชัดเจน

2) ด้านการศึกษาความคิดเห็นของกลุ่มเป้าหมายที่มีต่อชุดสาธิตคลื่นตามขวางที่สร้างขึ้น พบว่า ค่าเฉลี่ยที่ผู้เรียนมีความคิดเห็นว่ามีผลต่อการแลกเปลี่ยนความรู้ภายในกลุ่มเรียนสูงเป็นอันดับหนึ่ง และการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้เป็นอันดับสองและผู้เรียนได้เสนอความคิดเห็นในแบบสอบถามปลายเปิดไว้ว่าได้ทำงานร่วมกับเพื่อน ได้เรียนอย่างสนุกสนาน โดยมีโอกาสใช้อุปกรณ์ที่มีคุณภาพทำให้เข้าใจชัดเจนสอดคล้องกับการศึกษาของดักลาส (Douglas, 1988: 288-A) ที่ได้ศึกษาเกี่ยวกับการใช้อุปกรณ์หรือเครื่องมือที่เป็นของจริงสำหรับการเปลี่ยนแปลงแนวคิดในการเรียนรู้ และพบว่าการใช้อุปกรณ์ที่ผลิตขึ้นมาสาธิตและเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ได้จริงในภาคปฏิบัติเป็นการขยายพื้นฐานความรู้และประสบการณ์ ทำให้เกิดความเข้าใจที่ถาวร และสามารถนำไปประยุกต์ต่อไปได้ดีและสอดคล้องกับแบบทเซลเลอร์ (Batchelder, 1956: 33 อ้างถึงใน ทะนง อัครธีรานนท์, 2555: 54) ได้เสนอว่าถ้าอุปกรณ์การสอนได้รับการเลือกสรรอย่างดีตามหลักเกณฑ์ ตลอดจนใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ จะทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้อย่างสมบูรณ์

#### ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

ชุดทดลองค่อนข้างมีน้ำหนัก ไม่สะดวกต่อการเคลื่อนย้าย ดังนั้นจะต้องหาสถานที่ที่เหมาะสมในการติดตั้งและควรเป็นสถานที่กว้างขวางเพียงพอสำหรับการทดลองของผู้เรียน

#### ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

ควรทำการศึกษาและพัฒนาชุดสาธิตคลื่นตามขวาง ให้สามารถปรับหรือประยุกต์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์ในหัวข้ออื่นๆ ได้

## บรรณานุกรม

- โซ สาลีฉิน . (2541). *เทคโนโลยีพื้นฐานการสร้างสื่อการสอน* (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์สุวีรียาสาส์น.
- ทะนง อัครธีรานนท์. (2555). *การพัฒนาชุดทดลองคลื่นนิ่งบนเส้นเชือกประสิทธิภาพสูงสำหรับทำปฏิบัติการและการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์เรื่องคลื่น*. กรุงเทพฯ: คณะศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- ธงชัย ชิวปรีชา, และคณะ. (2526). ความรู้เกี่ยวกับการใช้วัสดุอุปกรณ์และการสร้างอุปกรณ์ทดแทนการสอน. ใน *เอกสารการสอนชุดวิชาการสอนวิทยาศาสตร์หน่วยที่ 8-15* (หน้า 17-272). นนทบุรี: สาขาศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช.
- นพพร เสนีย์คุปต์. (2547). *การพัฒนาชุดทดลองเรื่องโมเมนตัมและการชนใน 1 มิติสำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย*. ปรินญานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์ศึกษา) บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.
- พันศักดิ์ สายแสงจันทร์. (2544). *การพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เรื่องเทคนิคการแยกสารสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1*. ปรินญานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์ศึกษา) บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.
- ลือเดช ปิตุพงศ์. (2553). *การพัฒนาชุดการสอนปฏิบัติการฟิสิกส์พื้นฐานระดับปริญญาตรี.วารสารวิชาการบัณฑิตวิทยาลัยสวนดุสิต*, 6(3), 12 – 21.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2543). *มาตรฐานการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้กลุ่มวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี*. กรุงเทพฯ: สถาบันฯ.
- สุรพล วิทโคไพบูลย์. (2543). *การพัฒนาบทปฏิบัติการเรื่องการบำบัดน้ำเสียเสียสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1*. ปรินญานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์ศึกษา) บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.
- Batchelder, Howard T. (1956). *Audiovisual Material in Teaching Education*. New York: McGraw-Hill.
- Douglas, Macbeth. (1988). On an Actual Apparatus for Conceptual Change. *Science Education*, 84(2), 228-264.
- Sharma, R.C. (1982). *Modern Science Teaching* (3rded). Delhi: NeveenShahdara.
- Sumrall, J. William. (1997). Why Avoid Hands-On-Science?. *Science Scope January*, 20(4), 16-19.