การจัดการเรียนรู้จากปฏิบัติการทดลองเรื่องอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น เพื่อเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะทางวิทยาศาสตร์

ณัฏฐณิชา โพธิ์งาม และสุระ วุฒิพรหม*

ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี อุบลราชธานี 34190
*E-mail: actiongang2000@hotmail.com

รับบทความ: 10 กรกฎาคม 2553 ยอมรับตีพิมพ์: 18 สิงหาคม 2553

บทคัดย่อ

การเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้จากการลงมือปฏิบัติการทดลองเป็นการเพิ่มพูนทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ การปฏิบัติ การแก้ปัญหา และการทำงานร่วมกัน ทำให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์และความสนใจทางการเรียนสูงขึ้น การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยการปฏิบัติการทดลองทางอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นเกี่ยวกับตัวต้านทาน ตัวเก็บประจุไฟฟ้า ไดโอด ทรานซิสเตอร์ และวงจรไฟกระพริบ กลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3/1 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2552 โรงเรียนเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระศรีนครินทร์ ศรีสะเกษ อำเภอเมือง จังหวัดศรีสะเกษ จำนวน 33 คน ผลการวิจัย พบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยชุดฝึกปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ($p < .01$) และมีความก้าวหน้าทางการเรียน (normalized gain) เท่ากับ 0.68 และนักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้อยู่ในระดับพึงพอใจมาก (อยู่ในระดับ 4.02) จากแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับของลิเคอร์ต

คำสำคัญ: สืบเสาะหาความรู้ อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ปฏิบัติการ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความก้าวหน้าทางการเรียน

Learning by Doing Experiments in Basic Electronics to Enhance Student's Achievement and Scientific Skills

Natthanicha Phongam and Sura Wuttiprom*

Department of Physics, Faculty of Science, Ubon Ratchathani University, Ubon Ratchathani 34190, Thailand
E-mail: actiongang2000@hotmail.com

Abstract

Inquiry-based learning in science by doing experiments can improve various students' skills, e.g., critical thinking, practice, problem solving, and co-operative, including enhancing learning achievement and satisfaction. The objective of this research was to develop the learning achievement and satisfaction. The five laboratories related to basic electronics, capacitor, diode, transistor, and blinker circuits, were designed. The subjects were 33 Mattayom III students in the second semester of academic year 2009 at Srinagarindra the Princess Mother School, Sisaket. The research found that the learning achievement after implementation with the designed laboratories was significantly higher than that before the implementation (p < .01), and average normalized gain was 0.68. By using the 5-point Likert's scale, the students' satisfactions in the developed learning process were rated as a very suitable at 4.02.

Keywords: inquiry, basic electronics, laboratory, learning achievement, normalized gain

บทนำ:

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีพัฒนาอย่างต่อเนื่องและส่งผลกระทบต่อการดำรงชีวิตประจำวันของมนุษย์ในทุกด้าน การจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในสังคมปัจจุบันจึงไม่ใช่แค่การถ่ายทอดเนื้อหาเพียงอย่างเดียว แต่สิ่งที่ผู้เรียนควรได้รับคือ กระบวนการแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง ซึ่งสอดคล้องกับหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธ-ศักราช 2544 อีกหนึ่งเป้าหมายสำคัญของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คือ การสร้างความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้องให้กับผู้เรียน (conceptual understanding) นักการศึกษาต่างให้ความสนใจในวงกว้างเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (science inquiry) ที่เน้นให้ผู้เรียนได้เกิดการเรียนรู้จากการลงมือปฏิบัติจริง (learning by doing) โดยเริ่มจากผู้เรียนตั้งใจจดจ่อกับการถามคำถามวิทยาศาสตร์ ผู้เรียนให้ความสำคัญกับประจักษ์พยานที่สอดคล้องกับคำถาม ผู้เรียนสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์จากประจักษ์พยาน ผู้เรียนเชื่อมโยงคำอธิบายกับความรู้วิทยาศาสตร์และความรู้อื่นๆ และผู้เรียนสามารถสื่อสารนำเสนอคำอธิบายของตนเองว่า การจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบดังกล่าวสามารถทำให้ผู้เรียนบรรลุวัตถุประสงค์ได้

อย่างไรก็ตาม การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์นั้นมีข้อจำกัดและบริบทการใช้ที่แตกต่างกัน เช่น วัยของผู้เรียน เนื้อหาที่ใช้ เครื่องมือ อุปกรณ์ เวลา ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ด้วยชุดปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นสำหรับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระศรีนครินทร์ ศรีสะเกษ รายวิชาวิทยาศาสตร์เนื้อหาเกี่ยวกับอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นนั้นสามารถเพิ่ม (1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (2) ทักษะทางวิทยาศาสตร์ และ (3) ความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้

ความสำเร็จในการจัดการเรียนรู้เกิดจากหลายปัจจัย การเข้าใจธรรมชาติของวิชาเป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่สำคัญ การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องเข้าใจธรรมชาติของวิชาวิทยาศาสตร์ว่าเป็นการพัฒนาองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ของมนุษย์ที่ประกอบด้วยข้อเท็จจริง และความคิด แนวความคิดหลัก หลักการ กฎ ทฤษฎี ที่เกี่ยวกับโลกธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มาเป็นเวลาอันยาวนานอย่าง

ต่อเนื่องด้วยการสืบเสาะหาความรู้ ที่ผ่านการสังเกต การคิด การสำรวจ การทดลอง และการตรวจสอบความเที่ยงตรงโดยบุคคลและองค์กร ดังนั้น การจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เหมาะสม คือ การเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้มีบทบาทในการแสวงหาความรู้ด้วยตนเองมากที่สุด

รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับธรรมชาติของวิชาวิทยาศาสตร์รูปแบบหนึ่งที่ได้รับความนิยม คือ การจัดการเรียนรู้โดยการลงมือปฏิบัติที่ดึงเอาจุดเด่นของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ (inquiry-based learning) และการสอนแบบปฏิบติการ (practical-based learning) มาประยุกต์เข้าด้วยกัน ซึ่งผู้เรียนจะได้ทั้งเนื้อหา (content knowledge) และกระบวนการ (process) ว่าความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้มาอย่างไร นอกจากนี้ผู้เรียนยังได้พัฒนาเจตคติทางวิทยาศาสตร์ (scientific attitude) เช่น การเปิดใจยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น การแยกแยะเรื่องส่วนตัวกับเรื่องงาน ความมีเหตุผล การมีวิจารณญาณ ความอยากรู้อยากเห็น การไม่ด่วนสรุป ความซื่อสัตย์ ความอ่อนน้อมถ่อมตน เป็นต้น (Hodson, 1990; Joyce and Weil, 1986)

งานวิจัยหลายเรื่องได้ลงข้อสรุปตรงกันว่า การจัดการเรียนรู้แบบเน้นการปฏิบัตินั้นสามารถเพิ่มได้ทั้งทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และความรู้ความเข้าใจวิทยาศาสตร์ (สมวงศ์ จงกลาง, 2536; สุวัฒน์ วรสิทธิ์, 2538; ภัทราวรรณ ลาภเทวี, 2544)

วิธีดำเนินการวิจัย

บริบทของการวิจัย (Context of Study)

โรงเรียนเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระศรีนครินทร์ ศรีสะเกษ สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา ศรีสะเกษ เขต 1 จังหวัดศรีสะเกษ เป็นโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดกลาง มีนักเรียนประมาณ 650 คน นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 90 เป็นนักเรียนประจำ เปิดทำการเรียนการสอนในระดับช่วงชั้นที่ 3 - 4 ซึ่งจัดการเรียนการสอนสองหลักสูตร คือ หลักสูตรปกติและหลักสูตรสองภาษา (English program) โรงเรียน ผู้ปกครอง และนักเรียนมีความพร้อม ให้ความร่วมมือ สนับสนุนและส่งเสริมในการเรียนการสอนเป็นอย่างดี

กลุ่มตัวอย่าง (Subject)

เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3/1 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2552 จำนวน 1 ห้องเรียน รวม 33 คน ซึ่งชักตัวอย่างแบบเจาะจง (purposive sampling) ใช้เวลาในการวิจัย 6 สัปดาห์ รวม 17 ชั่วโมง (รวมชั่วโมงทดสอบก่อนและหลังเรียน)

แบบแผนการวิจัย (Research Design)

แบบแผนที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นแบบ One Group Pretest-Posttest Design เป็นการทดลองกลุ่มเดียว โดยมีลำดับขั้นตอนดังนี้ (1) กลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบก่อนเรียนด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์เรื่องอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น จำนวน 30 ข้อ (2) ครูดำเนินการจัดการเรียนรู้แบบเน้นการปฏิบัติ เรื่อง ปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น (3) กลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบหลังเรียนทันที ซึ่งเป็นแบบทดสอบชุดเดียวกันกับแบบทดสอบก่อนเรียน

การออกแบบการจัดการเรียนรู้แบบเน้นการปฏิบัติ (Design of the teaching sequence)

ประกอบด้วย 3 ขั้นตอนดังนี้

1. Orientation stage เป็นขั้นเตรียมความพร้อม กระตุ้นเพื่อให้เกิดการอยากเรียนรู้ และกำหนดประเด็นเพื่อสืบเสาะหาความรู้โดยผู้เรียนต้องมีส่วนร่วมมากที่สุด ในขณะที่ผู้สอนเป็นเพียงแค่ผู้ที่ทำหน้าที่ตระเตรียมแหล่งเรียนรู้ไว้ให้

2. Experimental stage เป็นขั้นลงมือปฏิบัติ เริ่มจากการอภิปราย แลกเปลี่ยนเรียนรู้เพื่อกำหนดแผนการทดลองให้ชัดเจน ดำเนินการทดลอง สรุปผลและอภิปรายผลการทดลอง นำเสนอผลทดลอง และการแสดงความคิดเห็น ถามตอบระหว่างผู้นำเสนอและผู้ร่วมฟังการนำเสนอ

3. Feedback stage เป็นขั้นการประเมินและให้ข้อมูลย้อนกลับจากผู้สอนเพื่อให้ผู้เรียนได้ปรับปรุงแก้ไขส่วนที่บกพร่อง

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. เครื่องมือที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้

1.1 แผนการจัดการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น จำนวน 5 แผนๆ ละ 3 ชั่วโมง (2 และ 1 ชั่วโมง) ดังแสดงในตาราง 1

1.2 ปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นจำนวน 5 ปฏิบัติการ ซึ่งผู้วิจัยได้ออกแบบวงจรและสร้างขึ้นเอง (ชื่อแผนการจัดการเรียนรู้และชื่อปฏิบัติการเป็นชื่อเดียวกัน)

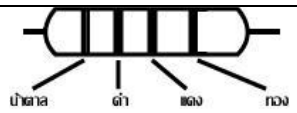
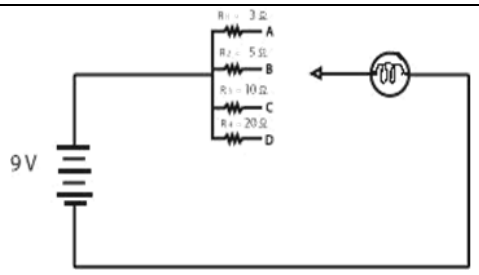
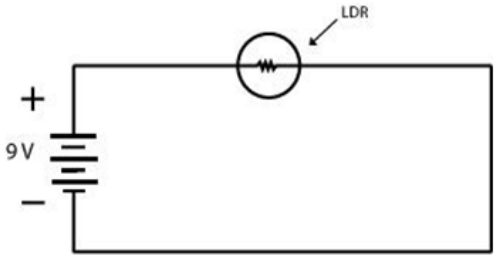
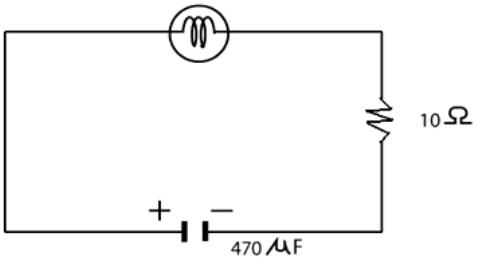
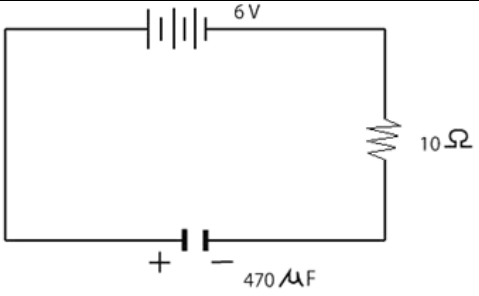
2. เครื่องมือที่ใช้เก็บรวบรวมข้อมูล ประกอบด้วย

2.1 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยวัดพฤติกรรมการเรียนรู้ ด้านความรู้ความจำความ เข้าใจ และการนำไปใช้ แบบทดสอบเป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ แบ่งเป็น 5 ประเด็นหลัก (หัวข้อ) ดังแสดงในตาราง 2

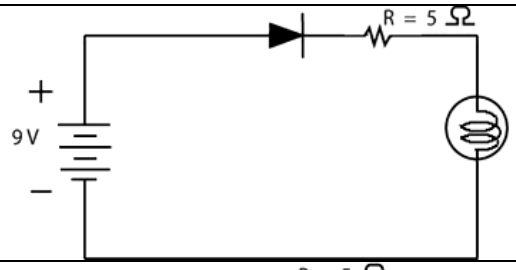
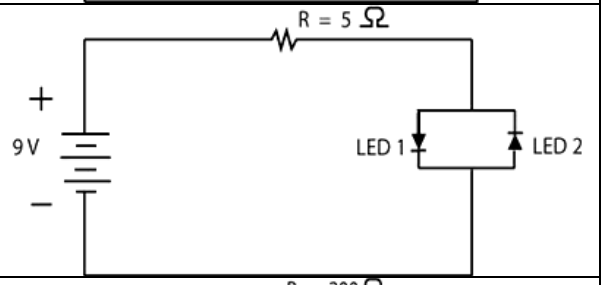
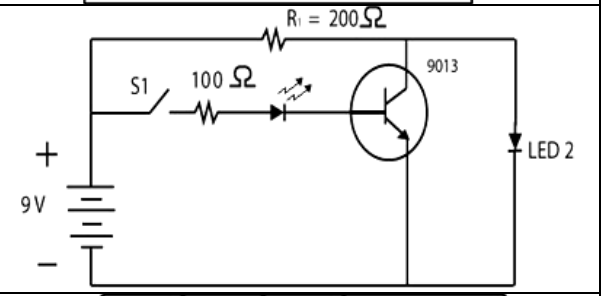
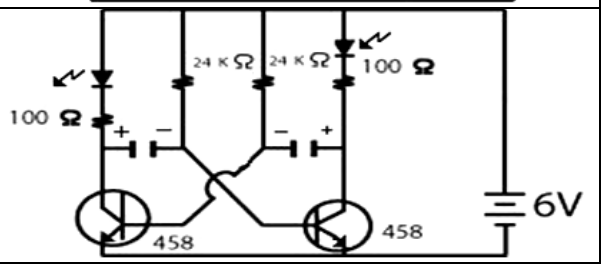
2.2 แบบประเมินผลการจัดการเรียนรู้แบบเน้นการปฏิบัติ เรื่องอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับของลิเคอร์ต (Likert's scale)

2.3 การสังเกต

ตาราง 1 แผนการจัดการเรียนรู้และชุดปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น

แผนการจัดการเรียนรู้	วัตถุประสงค์	ภาพประกอบ
1. ตัวต้านทาน	1. ศึกษาการอ่านค่าตัวต้านทาน	
	2. ศึกษาสมบัติและความสัมพันธ์ของค่าตัวต้านทาน	
	3. ศึกษาสมบัติของตัวต้านทานชนิดไวต่อแสง (LDR)	
2. ตัวเก็บประจุ	1. ศึกษาหลักการทำงานของตัวเก็บประจุ	
	2. สามารถใช้งานตัวเก็บประจุได้อย่างถูกต้อง	

ตาราง 1 ... (ต่อ)

แผนการจัดการเรียนรู้	วัตถุประสงค์	ภาพประกอบ
3. ไดโอด	1. ศึกษาสมบัติและหลักการทำงานของไดโอด	
	2. ศึกษาสมบัติและหลักการทำงานของไดโอดเปล่งแสง (LED)	
4. ทรานซิสเตอร์	1. ศึกษาสมบัติและหลักการทำงานของทรานซิสเตอร์	
5. วงจรไฟกะพริบ	1. เพื่อให้นักเรียนได้ฝึกทักษะการต่อวงจรและสามารถนำชิ้นส่วนอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ไปประยุกต์ใช้งาน	

ตาราง 2 หัวข้อและเนื้อหาที่เกี่ยวข้องของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น

หัวข้อ	เนื้อหาที่เกี่ยวข้อง	ข้อที่
1 ตัวต้านทาน	สมบัติและการทำงานเบื้องต้น	1-10
2 ตัวเก็บประจุ	สมบัติและการทำงานเบื้องต้น	11-16
3 ไดโอด	สมบัติและการทำงานเบื้องต้น	17-20
4 ทรานซิสเตอร์	สมบัติและการทำงานเบื้องต้น	21-27
5 การนำไปใช้งาน	รวมทุกเนื้อหาจาก หัวข้อ 1-4	28-30

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลดำเนินการดังนี้

1. ผู้วิจัยวิเคราะห์ปัญหาการจัดการเรียนรู้ วิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น จากการที่ได้สอบถามครูและสัมภาษณ์นักเรียนที่เคยเรียนเรื่องนี้มาแล้ว รวมทั้งศึกษาจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2. ชี้แจงวัตถุประสงค์ของการวิจัยให้นักเรียนกลุ่มตัวอย่างทราบ และอธิบายถึงบทบาทหน้าที่ของนักเรียนและผู้วิจัย

3. ทดสอบก่อนการจัดการเรียนรู้ โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น

4. ดำเนินการจัดการเรียนรู้แบบเน้นการปฏิบัติ เรื่องอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่เตรียมไว้ และเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงคุณภาพด้วยแบบสังเกตพฤติกรรมนักเรียน และแบบสัมภาษณ์นักเรียนเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ทุกครั้งที่สอนเสร็จ

5. วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากข้อ 4 เพื่อนำข้อเสนอแนะไปเป็นแนวทางในการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ให้มีคุณภาพยิ่งขึ้น

6. เมื่อเสร็จสิ้นการจัดการเรียนรู้แล้วทดสอบด้วยแบบแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ซึ่งเป็นแบบทดสอบชุดเดียวกันกับการทดสอบก่อนเรียน และให้นักเรียนตอบแบบประเมินผลการจัดการเรียนรู้แบบเน้นการปฏิบัติ เรื่องอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น

7. วิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณด้วยวิธีการทางสถิติโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์

8. ประมวลผลและเรียบเรียงข้อมูลเชิงคุณภาพและนำเสนอในรูปความเรียง

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. วิเคราะห์หาประสิทธิภาพของปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นโดยหาจากความสัมพันธ์ของคะแนนที่ได้จากการทำแบบฝึกทักษะระหว่างเรียนกับคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบหลังเรียน โดยคิดเป็นร้อยละแล้วนำผลมาเปรียบเทียบหาประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80

2. วิเคราะห์ค่าคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนโดยชุดปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น โดยใช้ค่าทางสถิติ *t*-test และศึกษาผลการประเมินผลความก้าวหน้าทางการเรียนโดยใช้วิธี average normalized gain (Hake, 1998)

3. วิเคราะห์คะแนนของแบบประเมินผลการจัดการเรียนรู้แบบเน้นการปฏิบัติ เรื่องอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นโดยหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัย

ประสิทธิภาพของปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นที่สร้างขึ้นมีค่าเท่ากับ 82.48/80.10 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน 80/80 ที่ตั้งไว้ (ตาราง 3) โดยที่ ค่า 82.48 คือประสิทธิภาพของกระบวนการ ซึ่งคำนวณได้จากร้อยละของคะแนนเฉลี่ยของแบบฝึกหัดระหว่างแต่ละการทดลอง และค่า 80.10 คือประสิทธิภาพของผลลัพธ์ คำนวณได้จากร้อยละของคะแนนเฉลี่ยของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการจัดการเรียนรู้ (posttest)

จากตาราง 3 พบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการปฏิบัติจริงด้วยการทำการทดลองมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 (*t*-value = 36.69)

ตาราง 3 ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น (N = 33)

	pre-test (30 คะแนน)	**คะแนนแบบฝึกหัดย่อยระหว่างเรียน**						**post-test (30 คะแนน)**
		แต่ละการทดลอง (10 คะแนน)					**รวม (50 คะแนน)**	
		1	**2**	**3**	**4**	**5**		
$\bar{X}$	11.21	8.30	8.55	8.09	8.06	8.24	41.24	24.03
SD	2.39	0.77	0.51	0.72	0.56	0.44	1.82	2.44
ร้อยละ	37.37	83.03	85.55	80.91	80.61	82.42	82.48	80.10

ตาราง 4 ผลการประเมินความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนโดยใช้วิธี average normalized gain

หัวข้อ	pretest	posttest	actual gain (%post − %pre)	maximum possible gain (100 − %pre)	normalized gain $\left(\frac{\%post - \%pre}{100 - \%pre}\right)$
1	40.91	77.88	36.97	59.09	0.63 (Medium)
2	39.39	82.83	43.44	60.61	0.72 (High)
3	38.64	90.15	51.52	61.36	0.84 (High)
4	29.00	74.46	45.46	71.00	0.64 (Medium)
5	39.39	83.84	44.45	60.61	0.73 (High)
รวม	**37.37**	**80.10**	**42.73**	**62.63**	**0.68 (Medium)**

ตาราง 5 ผลรายการประเมินการจัดการเรียนรู้แบบเน้นการปฏิบัติ เรื่องอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ด้านต่างๆ

รายการประเมิน	ข้อที่	$\bar{X}$	แปลความ
1. เนื้อหา	1 – 5 และ 7	3.86	มาก
2. การมีส่วนร่วมของผู้เรียน	6	4.03	มาก
3. สนับสนุนการเรียนรู้ด้วยตนเอง	8, 11	4.18	มาก
4. พัฒนาทักษะทางวิทยาศาสตร์	9	4.48	มาก
5. นำไปใช้ประโยชน์ได้จริงในชีวิตประจำวัน	10	4.18	มาก
6. ระดับความพึงพอใจ	12	4.06	มาก
รวม		**4.02**	**มาก**

ผลการประเมินความก้าวหน้าทางการเรียนโดยใช้วิธี average normalized gain, <g> ซึ่งคำนวณได้จากผลการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้นจริง (actual gain) หารด้วยผลการเรียนรู้สูงสุดที่มีโอกาสเพิ่มขึ้นไปได้ (maximum possible gain) มีค่าเท่ากับ 0.68 ดังแสดงในตาราง 4 (<g> มีค่าตั้งแต่ 0 – 1) ซึ่งมีค่าอยู่ในระดับ medium gain (จากบทความวิจัยของ Hake ได้กำหนดระดับของความก้าวหน้าทางการเรียนโดยวิธี average normalized gain เป็น 3 ระดับคือ low gain, medium gain และ high gain โดยที่ค่า <g> มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.3 มากกว่าหรือเท่ากับ 0.3 แต่น้อยกว่า 0.7 และมากกว่าหรือเท่ากับ 0.7 ตามลำดับ) เมื่อพิจารณาความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนตาม หัวข้อ พบว่า average normalized gain ของหัวข้อ 1 และ 4 อยู่ในระดับ medium gain หัวข้อ 2 3 และ 5 อยู่ในระดับ high gain ซึ่งเมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า หัวข้อที่ 1 เรื่องทำความรู้จักกับตัวต้านทาน ซึ่งผลการประเมินความก้าวหน้าอยู่ในระดับต่ำสุด (0.64) ทั้งนี้อาจเนื่องจากการทำกิจกรรมในชุดนี้ประกอบไปด้วยกิจกรรมที่หลากหลายหลายตอนและประกอบกับมีการอ่านค่าตัวต้านทานในแถบสีต่างๆ ซึ่งนักเรียนอาจจำไม่ได้หรือยังอาจสับสนอยู่ แล้วข้ามไปทำกิจกรรมที่ 2 3 4 และ 5 ต่อไป จึงอาจเป็นสาเหตุให้คะแนนในหัวข้อนี้ต่ำกว่าหัวข้ออื่นๆ และผลประเมินความก้าวหน้าอยู่ในระดับต่ำรองลงมา คือ หัวข้อที่ 4 เรื่องทำความรู้จักกับทรานซิสเตอร์ อาจเนื่องมาจากวงจรกิจกรรมในชุดนี้ค่อนข้างซับซ้อน นักเรียนส่วนใหญ่ยังต่อวงจรไม่คล่อง ต้องใช้เวลาในการต่อวงจร จึงให้ความใส่ใจกับส่วนอื่นๆ น้อยลง เช่น ในส่วนของภาคทฤษฎี ส่วนหัวข้อที่ 3 เรื่องทำความรู้จักกับไดโอดซึ่งมีผลการประเมินความก้าวหน้าสูงสุด (0.84) อาจเป็นเพราะนักเรียนตั้งใจและให้ความสนใจในการทำกิจกรรมเป็นอย่างดี ทั้งนี้วงจรการทดลองไม่ซับซ้อน ง่ายแก่การเข้าใจ

และในส่วนของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ในหัวข้อนี้มีจำนวนน้อยกว่าหัวข้ออื่นๆ จึงอาจเป็นสาเหตุให้คะแนนในหัวข้อนี้สูงกว่าหัวข้ออื่น ๆ

จากตาราง 5 พบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ตอบแบบสอบถามเห็นด้วยต่อการการจัดการเรียนรู้แบบเน้นการปฏิบัติ เรื่องอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น โดยภาพรวมอยู่ในระดับเห็นด้วยมาก ($\overline{X}$ = 4.02) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านนักเรียนเห็นด้วยมากในทุกรายการ โดยเรียงตามลำดับดังนี้ นักเรียนส่วนใหญ่เห็นด้วยมากในด้านการจัดการเรียนรู้แบบเน้นการปฏิบัติ เรื่องอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น สามารถพัฒนาทักษะทางวิทยาศาสตร์ เป็นลำดับที่หนึ่ง ($\overline{X}$ = 4.48) รองลงมาคือด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้สนับสนุนให้เรียนรู้ได้ด้วยตนเองและสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้จริงในชีวิตประจำวัน ($\overline{X}$ = 4.18) ด้านความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ ($\overline{X}$ = 4.06) ด้านการมีส่วนร่วมของผู้เรียนในการทำกิจกรรม ($\overline{X}$ = 4.03) และด้านเนื้อหา ($\overline{X}$ = 3.86)

นอกจากนี้ข้อมูลที่ได้จากคำถามปลายเปิดที่เป็นข้อเสนอแนะเพิ่มเติมจากนักเรียน พบว่า นักเรียนคิดว่าการเรียนโดยใช้ชุดปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นทำให้นักเรียนสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง ได้ฝึกคิดวิเคราะห์และแก้ปัญหาด้วยตนเอง รวมทั้งการได้ทำกิจกรรมทำให้สนุกและไม่เบื่อหน่ายต่อการเรียน

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

ผลการวิจัยประสิทธิภาพของชุดปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น พบว่าชุดปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นวิชาวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น มีประสิทธิภาพเท่ากับ 82.48/80.10 หมายถึง นักเรียนได้คะแนนเฉลี่ยจากการปฏิบัติชุดปฏิบัติการ คิดเป็นร้อยละ 82.48 และได้คะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนคิดเป็นร้อยละ 80.10 แสดงว่า ชุดปฏิบัติการที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ 80/80 ที่ตั้งไว้ การที่ผลการวิจัยมีลักษณะเช่นนี้ เนื่องจากผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องเป็นจำนวนมาก และเครื่องมือต่าง ๆ ที่ใช้ยังผ่านการกลั่นกรองจากผู้ที่มีประสบการณ์ด้านการจัดทำชุดปฏิบัติการและด้านเนื้อหา ตลอดจนได้รับข้อ เสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความสอดคล้องของเนื้อหากับจุดประสงค์และผลการเรียนรู้ที่คาดหวังตลอดจนภาษาที่ใช้ในชุดปฏิบัติการซึ่งง่ายต่อการทำความเข้าใจของผู้เรียน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ สุวัฒน์ วรสิทธิ์ (2538) ที่ได้สร้างชุดฝึกปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เรื่องเครื่องใช้ไฟฟ้า สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 พบว่า ชุดปฏิบัติการที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ 89.75/92.78 เป็นไปตามเกณฑ์ 80/80 และสมวงศ์ จงกลาง (2536) ได้ศึกษาเรื่องการสร้างชุดฝึกปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์พื้นฐานสำหรับกิจกรรมชุมนุมวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น พบว่า ชุดปฏิบัติการที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ 86.89/92.22 เป็นไปตามเกณฑ์ 80/80

ชุดปฏิบัติการที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเป็นชุดปฏิบัติการลักษณะเป็นชุดย่อย ๆ สั้นๆ เนื้อหาจบภายในชุดเดียวและมีแบบฝึกหัดท้ายบทในแต่ละชุดกิจกรรมให้นักเรียนตอบคำถามประเมินตนเอง นอกจากนี้การจัดกลุ่มนักเรียนทำกิจกรรมแบบคละกัน คือ แต่ละกลุ่มมีทั้งนักเรียนเก่งและไม่เก่งรวมกัน จึงทำให้มีการช่วยเหลือซึ่งกันและกัน (สมเกียรติ พรพิสุทธิมาศ และคณะ, 2551) รวมทั้งกิจกรรมที่ให้นักเรียนฝึกในแต่ละชุดปฏิบัติการใช้อุปกรณ์ทดลองจริง และทุกคนต้องทำด้วยตนเอง จึงทำให้นักเรียนสนใจกระตือรือร้นทำกิจกรรมอยู่ตลอดเวลา ซึ่งส่งผลให้นักเรียนได้ฝึกทักษะการใช้เครื่องมือจนเกิดความชำนาญและสามารถปฏิบัติการทดลองได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ ทั้งยังพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหา และสามารถนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้ ที่มีความสอดคล้องกับการจัดการเรียนการสอนตามหลักสูตรสถานศึกษาในกลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ซึ่งสอดคล้องกับสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2545) ที่มุ่งส่งเสริมให้คนพัฒนาทางกระบวนการคิด ความสามารถในการเรียนรู้ กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา และการสร้างองค์ความรู้

ผลการวิจัยเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยชุดปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น พบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน (p < .01) ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ และสอดคล้องกับผลการวิจัยของ ชูจิต สาระภาค (2546) ที่ได้ศึกษาผลการใช้ชุดฝึกปฏิบัติการที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการใช้เครื่องมือการทดลองในการปฏิบัติการฟิสิกส์ของนักศึกษาสถาบันราชภัฏสุรินทร์

ผลการวิจัย พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ 2 ของนักศึกษาที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดฝึกปฏิบัติการสูงกว่าก่อนการสอนด้วยชุดฝึกปฏิบัติการ ($p < .01$) นอกจากนี้ พันศักดิ์ สายแสงจันทร์ (2544) สุวัฒน์ วรสิทธิ์ (2538)และสมวงศ์ จงกลาง (2536) พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนด้วยชุดปฏิบัติการ ($p < .01$)

การที่งานวิจัยต่าง ๆ รวมถึงงานวิจัยนี้ส่งเสริมทำให้ผลการเรียนของนักเรียนดีขึ้น อาจเนื่องมาจากการเรียนการสอนโดยใช้ชุดปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งเน้นการปฏิบัติกิจกรรมโดยยึดผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง โดยนักเรียนได้ลงมือทดลอง ค้นหาคำตอบด้วยตนเอง จึงทำให้นักเรียนมีความรู้และเข้าใจในเนื้อหาวิชาและเครื่องมือในการทดลอง และส่งผลให้นักเรียนมีการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมในด้านต่าง ๆ หรือมีการพัฒนาความสามารถและความรู้ด้านต่าง ๆ มากขึ้น (ชูจิต สาระภาค, 2546) ภพ เลาไพบูลย์ (2542) ได้กล่าวถึงความสำคัญในการปฏิบัติการทดลองไว้ว่า ปฏิบัติการทดลองเป็นสิ่งสำคัญในการสอนวิทยาศาสตร์ ซึ่งจุดมุ่งหมายของการสอนวิทยาศาสตร์จะเน้นให้นักเรียนมีความเข้าใจเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ที่เป็นข้อเท็จจริง กฎ หลักการหรือทฤษฎีได้ถูกต้อง โดยใช้การทดลองที่เป็นศูนย์กลางในการเรียนการสอนและให้นักเรียนเป็นผู้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง นอกจากนั้นชุดปฏิบัติการที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นยังจัดกิจกรรมในแต่ละชุดปฏิบัติการที่ง่ายและเหมาะสมกับนักเรียนจึงเป็นการจูงใจและไม่ทำให้เกิดความเบื่อหน่ายในการเรียน ภายหลังจากปฏิบัติการทดลองเรียบร้อยแล้ว ในแต่ละชุดปฏิบัติการยังมีแบบฝึกหัดท้ายบทในแต่ละชุดปฏิบัติการเพื่อเป็นการทบทวนความรู้ของนักเรียนด้วย

ด้านความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบเน้นการปฏิบัติ พบว่า ค่าเฉลี่ยของคะแนนจากแบบสอบถามความคิดเห็นในภาพรวมอยู่ในระดับเห็นด้วยมาก และเมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน นักเรียนเห็นด้วยมากเป็นลำดับที่ 1 คือ ด้านการพัฒนาทักษะทางวิทยาศาสตร์ รองลงมา คือ ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้สนับสนุนให้เรียนรู้ได้ด้วยตนเองและสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้จริงในชีวิตประจำวัน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากนักเรียนสามารถปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเอง ทำให้เกิดการเรียนรู้จากประสบการณ์ตรง และกิจกรรมการเรียนรู้มีความหลากหลาย ซึ่งสอดคล้องกับ พิมพันธ์ เดชะคุปต์ (2543) ได้กล่าวถึง แนวคิดทางการศึกษาของ ดิวอี้ (Dewey) ซึ่งเป็นต้นคิดในเรื่อง “การเรียนรู้โดยการกระทำ” (Learning by doing) การจัดการเรียนการสอนโดยให้ผู้เรียนเป็นผู้ลงมือปฏิบัติ และวิธีสอนแบบปฏิบัติทำให้นักเรียนเห็นคุณค่าและประโยชน์ของวิชาวิทยาศาสตร์มากขึ้น ทำให้นักเรียนสามารถคิดวิเคราะห์ ในเรื่องการแก้ปัญหาและการให้เหตุผล สามารถโยงความรู้จากประสบการณ์ตรงที่ได้รับไปประยุกต์ใช้ได้จริง ซึ่งอาจเป็นการสร้างแรงบันดาลใจที่จะต่อยอดความรู้ของผู้เรียนไปสู่สายงานอาชีพที่เกี่ยวข้องในอนาคตได้ ซึ่งสอดคล้องกับ รุ่ง แก้วแดง (2543) ซึ่งรายงานว่า รูปแบบกระบวนการเรียนอย่างมีความ สุข เป็นการเรียนโดยการปฏิบัติ ผู้เรียนได้สัมผัส ได้ทดลอง ได้ปฏิบัติจริง ได้คิด ได้วิเคราะห์ ได้ฝึกฝนด้วยตนเอง จนเกิดความรู้ความเข้าใจ และมีประสบการณ์เต็มศักยภาพจนสามารถนำไปใช้ได้จริงในชีวิตประจำวัน

จากการวิเคราะห์คำถามปลายเปิดที่เป็นข้อเสนอแนะเพิ่มเติม สรุปได้ว่า นักเรียนชอบกิจกรรมการทดลองที่ได้ปฏิบัติจริงด้วยตนเอง ได้ฝึกทักษะและพัฒนาความสามารถในทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้านการคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหา รวมทั้งการได้ทำกิจกรรมทำให้สนุกสนานตื่นเต้น เกิดการกระตือรือร้น ไม่เบื่อหน่ายต่อการเรียน นักเรียนเสนอแนะให้ปรับปรุงเนื้อหาให้กระชับและเหมาะสมกับเวลามากกว่านี้ เนื่องจากนักเรียนไม่สามารถฝึกปฏิบัติกิจกรรมบางกิจกรรมได้ทันเวลา ทำให้ต้องรีบทำกิจกรรมจึงอาจเกิดความผิดพลาดและความเข้าใจคลาดเคลื่อนได้

ข้อเสนอแนะ

1. ในการนำชุดปฏิบัติการไปใช้ ผู้สอนต้องศึกษาแผนการเรียนรู้โดยละเอียดและขณะที่นักเรียนกำลังศึกษาและปฏิบัติตามกิจกรรม ครูต้องคอยดูแลให้คำปรึกษา เมื่อนักเรียนทำกิจกรรมเสร็จต้องตรวจผลงานและแจ้งผลให้นักเรียนทราบทันทีเพื่อที่จะได้แก้ไขข้อบกพร่องทันทีที่พบและมีผลให้นักเรียนเข้าใจถูกต้องและเป็นพื้นฐานในการศึกษาชุดปฏิบัติการอื่นต่อไป

2. ผู้สอนต้องเตรียมเอกสารและอุปกรณ์ที่ใช้ในการฝึกปฏิบัติการ ตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ และควรทำปฏิบัติการมาก่อนเพื่อจะได้ทราบปัญหาและแนวทางแก้ไข

3. ผู้บริหารสถานศึกษา คณะกรรมการสถานศึกษาหรือผู้ที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาควรสนับสนุนให้สถาบันการศึกษาในทุกระดับเน้นกิจกรรมการเรียนการสอนที่

ส่งเสริมหรือพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และการสืบเสาะความรู้ด้วยตนเอง

4. ควรมีการเปรียบเทียบการสอนที่ใช้ชุดปฏิบัติการกับเทคนิคการจัดการเรียนการสอนในรูปแบบต่าง ๆ

5. ควรสร้างชุดฝึกปฏิบัติการที่มีผลต่อการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษา เพื่อเป็นแนวทางในการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

6. ควรศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างทักษะปฏิบัติการกับทฤษฎีความรู้

เอกสารอ้างอิง

ชูจิต สาระภาค. (2547). **ผลการใช้ชุดฝึกปฏิบัติการที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการใช้เครื่องมือการทดลองในวิชาปฏิบัติการฟิสิกส์ของนักศึกษาสถาบันราชภัฏ**. ปริญญานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

พิมพันธ์ เดชะคุปต์. (2543). **การเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ:แนวคิด วิธีและเทคนิคการสอน**. กรุงเทพฯ: เดอะมาสเตอร์ กรุ๊ป แมเนจเม้นท.

พันศักดิ์ จันทร์จำปี. (2546). **การพัฒนาบทปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคนิคการแยกสาร สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 1.** ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา).กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

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

ภัทราวรรณ ลาภเทวี. (2546). **ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับทักษะภาคปฏิบัติของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นการฝึกทักษะภาคปฏิบัติ**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

รุ่ง แก้วแดง. (2543). **ปฏิรูปการเรียนรู้ ผู้เรียนสำคัญที่สุด**. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภา.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2546). **การจัดสาระการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน**. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภา.

สมเกียรติ พรพิสุทธิมาศ กุลชา ลี้ไพโรจน์กุล สุรศักดิ์ ละลอกน้ำ สุภาภรณ์ ศิริโสภณา สายสุณีย์ ลิ้มชูวงศ์ วัฒนีย์ โรจนสัมฤทธิ์ และธรรมศักดิ์ รินทะ. (2551). ผลกระทบของการเรียนรู้โดยใช้สมองเป็นฐานต่อพฤติกรรมการเรียนและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาชีววิทยาในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย. **การสัมมนาวิทยาศาสตรศึกษาแห่งชาติครั้งที่ 3**. โรงแรมโลตัสปางสวนแก้ว เชียงใหม่: CD-ROM.

สมวงศ์ จงกลาง. (2536). **การสร้างชุดฝึกปฏิบัติการทางอิเล็กทรอนิกส์พื้นฐานสำหรับกิจกรรมชุมนุมวิทยาศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษาตอนต้น**.ปริญญานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต. ชลบุรี: มหาวิทยาลัยบูรพา.

สุวัฒน์ วรสิทธิ์. (2540). **การสร้างชุดปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เรื่อง เครื่องใช้ไฟฟ้า สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3**. ปริญญานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต. ชลบุรี: มหาวิทยาลัยบูรพา.

อภิสิทธิ์ ธงไชย และคณะ. (ม.ป.ป.). **การประเมินผลการเรียนรู้แบบใหม่โดยการใช้ผลสอบก่อนเรียนและหลังเรียน.** เข้าถึงได้จาก http://www.sc.mahidol.ac.th/scpy/penthai/articles/normalized_gain.pdf accessed on April 16, 2009.

Hake, R. (1998). Interactive-engagement vs traditional methods: A six-thousand survey of mechanics test data for introductory physics courses. **Am. J. Phys.** 66: 64-74.

Hodson, D. A. (1990). Critical look at practical work in school science. **Sch. Sci. Rev**. 70(256): 33-40.

Joyce, B., and Weil, M. (1986). Models of Teaching. 3rd ed. Boston, MA: Allyn & Bacon.

John, D. (1973). Group Investigation Model. **J. Teacher Educ.** 24(1): 66.