การพัฒนาทักษะการต่อวงจรไฟฟ้าด้วยบอร์ดจำลอง ในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง ตามกฎของโอห์ม

ปัญญา วิฉันเภท

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ปีการศึกษา 2557
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

DEVELOPING PRACTICAL SKILLS ON ELECTRICAL DC CIRCUIT BY USING VIRTUAL BOARD ACCORDING OT OHM'S LAW

PANYA WICHANPHET

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS

FOR THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE

MAJOR IN SCIENCE EDUCATION

FACULTY OF SCIENCE

UBON RATCHATHANI UNIVERSITY

ACADEMIC YEAR 2014

COPYRIGHT OF UBON RATCHATHANI UNIVERSITY

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์

เรื่อง การพัฒนาทักษะการต่อวงจรไฟฟ้าด้วยบอร์ดจำลอง ในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง ตามกฎของโอห์ม

ผู้วิจัย นายปัญญา วิฉันเภท

คณะกรรมการสอบ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อุดม ทิพราช	ประธานกรรมการ
ดร.โชคศิลป์ ธนเฮือง	กรรมการ
ดร.ไชยพงษ์ เรืองสุวรรณ	กรรมการ

อาจารย์ที่ปรึกษา

.....

(ดร.โชคศิลป์ ธนเฮือง)

.....	.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.อุทิศ อินทร์ประสิทธิ์)	(รองศาสตราจารย์ ดร.อริยาภรณ์ พงษ์รัตน์)
คณบดีคณะวิทยาศาสตร์	รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

ปีการศึกษา 2557

กิตติกรรมประกาศ

การทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความอนุเคราะห์อย่างดียิ่ง จากอาจารย์ที่ปรึกษา ดร.โชคศิลป์ ธนเฮือง อาจารย์ประจำภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ แก้ไข และติดตามการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้อย่างใกล้ชิดเสมอมา นับตั้งแต่เริ่มต้นจนสำเร็จเรียบร้อยสมบูรณ์ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาของท่านเป็นอย่างดียิ่ง ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์วรรณวไล อธิวาสน์พงษ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อุดม ทิพราช และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุระ วุฒิพรหม ตลอดจนคณาจารย์ทุกท่านที่กรุณาให้คำแนะนำที่ดี ขอขอบพระคุณผู้อำนวยการ รองผู้อำนวยการ คณะครู และนักเรียนโรงเรียนจังหารฐิตวิริยาประชาสรรค์ อำเภอจังหาร จังหวัดร้อยเอ็ด ที่ให้ความช่วยเหลือ และอำนวยความสะดวกในการใช้อุปกรณ์ และเก็บข้อมูลวิจัย ขอขอบพระคุณคณะอาจารย์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ที่ให้คำแนะนำ และให้ความรู้เกี่ยวกับเรื่องวิจัยในครั้งนี้ ขอขอบพระคุณสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ที่สนับสนุนเงินค่าจัดทำวิทยานิพนธ์ และทุนการศึกษาระดับปริญญาโท ในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา ในครั้งนี้

สุดท้ายนี้ขอน้อมระลึกถึงพระคุณบิดา มารดา ตลอดจนญาติพี่น้อง เพื่อนร่วมงานทุกคนที่คอยเป็นกำลังใจ และให้การสนับสนุนในการศึกษาและทำวิจัยในครั้งนี้ และขอน้อมระลึกถึงพระคุณของครูอาจารย์ทุกท่าน ที่อบรม สั่งสอน ถ่ายทอดความรู้ จนผู้วิจัยประสบผลสำเร็จด้วยดี ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัยนี้ ผู้วิจัยขอมอบให้ผู้สนใจในการศึกษาทั้งมวล

ปัญญา

ปัญญา วิฉันเภท

ผู้วิจัย

บทคัดย่อ

เรื่อง	: การพัฒนาทักษะการต่อวงจรไฟฟ้าด้วยบอร์ดจำลองในวงจรไฟฟ้ากระแสตรงตามกฎของโอห์ม
ผู้วิจัย	: ปัญญา วิฉันเภท
ชื่อปริญญา	: วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	: วิทยาศาสตร์ศึกษา
อาจารย์ที่ปรึกษา	: ดร.โชคศิลป์ ธนเฮือง
คำสำคัญ	: บอร์ดจำลอง, ทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์, กระบวนการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E), ข้อสอบ DIRECT Version 1.2

งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาทักษะการต่อวงจรไฟฟ้า ด้วยบอร์ดจำลอง ตามกฎของโอห์ม กลุ่มเป้าหมายของงานวิจัยนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 35 คน โดยเลือกแบบเจาะจง การทดลองจะใช้แบบทดสอบมาตรฐาน DIRECT Version 1.2 จำนวน 12 ข้อ โดยให้นักเรียนทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ของข้อสอบชุดนี้ก่อนเพื่อวัดความรู้ความเข้าใจ ผลปรากฏว่า นักเรียนสามารถทำคะแนนในภาคทฤษฎีเฉลี่ยผ่านเกณฑ์ หลังจากนั้นเป็นการทดสอบความรู้และทักษะในการต่อวงจรตามรูปที่แสดงในแบบทดสอบก่อนใช้บอร์ดจำลอง ผลการทดสอบต่อวงจรไฟฟ้าไม่มีนักเรียนที่สามารถทำคะแนนผ่านเกณฑ์ได้ แต่เมื่อนักเรียนได้ฝึกปฏิบัติต่อวงจรจากบอร์ดจำลองแล้ว ทดสอบอีกครั้งผลปรากฏว่ามีนักเรียนทำคะแนนผ่านเกณฑ์ได้ถึงร้อยละ 48.57 และผลคะแนนก่อนและหลังจากการฝึกด้วยบอร์ดจำลองเมื่อทดสอบทางสถิติ t-test พบว่า คะแนนทักษะการต่อวงจรไฟฟ้าของนักเรียนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 มีความก้าวหน้าทางการเรียนเฉลี่ยที่ระดับปานกลางเท่ากับ 0.57 ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าการฝึกปฏิบัติเรียนรู้การต่อวงจรไฟฟ้าด้วยบอร์ดจำลองช่วยเสริมสร้างความเข้าใจและทักษะให้นักเรียนมีความสามารถ ในการต่อวงจรมากยิ่งขึ้น

ABSTRACT

TITLE : DEVELOPING SKILLS ON ELECTRICAL DC CIRCUIT BY USING VIRTUAL BOARD ACCORDING TO OHM'S LAW
AUTHOR : PANYA WICHANPHET
DEGREE : MASTER DEGREE OF SCIENCE
MAJOR : SCIENCE EDUCATION
ADVISOR : CHOKSIN TANAHOUNG, Ph.D.
KEYWORDS : VIRTUAL BOARD, SCIENCE PROCESS SKILLS, INQUIRY CYCLE 7E, DIRECT VERSION 1.2

This study aimed to develop students' skills on electrical circuit connections. The participants in this work were 35 grade 12 students and were purposively selected. The DIRECT Version 1.2 standard test which was developed by Paula V. Engelhardt and Robert J. Beichner, Department of Physics North Carolina State University of 12 questions with multiple choices was used to test the students' understanding about DC circuits. The students could pass the paper exam, but they could not pass the practical test. After the students have practiced with a virtual board, they passed the practical test with 48.57 percent. The data of experiment were analyzed t-test and normalized gain. The average achievement score of the students was increased with statistical significance at .05. The average normalized gain was in medium gain <g>= 0.57. Thus, practice with this virtual board can be used as a learning tool for students to enhance students' understanding and skills in connecting DC circuits.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ช
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์และสมมติฐานของการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ	3
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์	6
2.2 แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์	8
2.3 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	9
2.4 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้	12
2.5 ความก้าวหน้าทางการเรียน (Normalized Gain)	19
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	20
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	
3.1 แบบแผนการวิจัย	23
3.2 กลุ่มเป้าหมาย	23
3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	23
3.4 ขั้นตอนการสร้างเครื่องมือการวิจัย	24
3.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล	25
3.6 การวิเคราะห์ข้อมูล	26
3.7 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล	27

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล

4.1 ผลการทดสอบผลสัมฤทธิ์การเรียนหลังจากเรียนภาคทฤษฎี 28

4.2 ผลการทดสอบทักษะการต่อวงจรไฟฟ้าของนักเรียนในภาคปฏิบัติ 28

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย 33

5.2 ข้อเสนอแนะ 34

เอกสารอ้างอิง 35

ภาคผนวก

ก วัสดุอุปกรณ์และขั้นตอนการสร้างบอร์ดจำลอง 39

ข ตัวอย่างแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E) 46

ค ตัวอย่างข้อสอบ DIRECT version 1.2 59

ง ตัวอย่างภาพประกอบการทำกิจกรรม 64

จ ผลตารางคะแนนเพิ่มเติม 68

ประวัติผู้วิจัย 75

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	การเปรียบเทียบรูปแบบการสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ทั้ง 4 แบบ	19
3.1	เกณฑ์การให้คะแนนการประเมินทักษะการต่อวงจรไฟฟ้า	26
4.1	คะแนนการทดสอบ DIRECT version 1.2 ของนักเรียน ม.6	29
4.2	ค่าเฉลี่ย (ร้อยละ) ของคะแนนที่ตอบถูกก่อนและหลังเรียน ค่าที (t) และความก้าวหน้าทั้งชั้น (Class normalized gain)	31
ข.1	การวัดและประเมินผลจากแผน	55
จ.1	ตัวอย่างแบบประเมินทักษะการต่อวงจรไฟฟ้า	69
จ.2	ผลคะแนนทักษะการต่อวงจรไฟฟ้า (ก่อนใช้บอร์ด)	71
จ.3	ผลคะแนนทักษะการต่อวงจรไฟฟ้า (หลังใช้บอร์ด)	73

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น	16
2.2	การใช้แบบวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 5การใช้แบบวัฏจักรการเรียนรู้จาก 5 ขั้น (5E) เป็น 7 ขั้น (7E)	17
4.1	คะแนนความก้าวหน้า (normalized gain) ของนักเรียนแต่ละคน	30
ก.1	วัสดุอุปกรณ์การสร้างบอร์ดจำลอง	40
ก.2	การออกแบบลักษณะและรูปแบบของบอร์ดจำลอง	41
ก.3	รูปแบบของบอร์ดจำลองบนกระดาษ A4	41
ก.4	การติดสติ๊กเกอร์ใสบทแผ่นกระดาษ A4	42
ก.5	การติดแผ่นกระดาษบอร์ดจำลองบนฟิวเจอร์บอร์ด	42
ก.6	การวัดขนาดและตัดแผ่นโฟม	43
ก.7	แผ่นโฟมที่มีขนาดเท่ากับกระดาษ A4	43
ก.8	การติดแผ่นฟิวเจอร์บอร์ดกับแผ่นโฟม	44
ก.9	การติดแล็คซีนที่ขอบของบอร์ดจำลอง	44
ก.10	บอร์ดจำลองที่ติดแล็คซีนครบทุกด้าน	45
ก.11	บอร์ดจำลองที่เสร็จสมบูรณ์พร้อมใช้งาน	45
ข.1	การต่อตัวต้านทานแบบอนุกรม	48
ข.2	การต่อตัวต้านทานแบบขนาน	48
ข.3	การต่อกัลวานอมิเตอร์บนวงจรบริดส์	49
ข.4	บอร์ดจำลองและบอร์ดจริง	53
ง.1	ครูสอนและอธิบายการใช้บอร์ด	65
ง.2	นักเรียนฝึกซ้อมการต่อบอร์ดจำลองด้วยตนเองทุกคน	65
ง.3	นักเรียนนำตัวอย่างที่ฝึกซ้อมมาให้ครูลองตรวจผลการต่อว่าถูกต้องหรือไม่	66
ง.4	นักเรียนวิเคราะห์ความเหมือนหรือต่างระหว่างบอร์ดจริงกับบอร์ดจำลอง	66
ง.5	นักต่อวงจรจากบอร์ดจริงจากข้อสอบแล้วนำมาทดสอบกับแหล่งจ่ายไฟฟ้า	67
ง.6	หลอดไฟ หรือ LED สว่างแสดงว่านักเรียนต่อวงจรได้ถูกต้อง	67

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน จะเห็นได้ว่าความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนไทยมีแนวโน้มต่ำลง หรือมีการพัฒนาได้น้อยมาก ไม่ว่าจะเป็นตั้งแต่ระดับประถมศึกษาจนถึงมัธยมศึกษา ซึ่งจากข้อมูลของสถาบันการทดสอบการศึกษาแห่งชาติ (สทศ.) ผลของคะแนนการทดสอบในส่วนต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นคะแนนผลการทดสอบการศึกษาแห่งชาติขั้นพื้นฐาน (Ordinary National Education Test: O-Net) หรือคะแนนความถนัดทางวิชาชีพ และวิชาการ (Professional and Academic Aptitude Test: PAT) โดยเฉพาะวิชาวิทยาศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษาปีที่ 6 ยังอยู่ในระดับที่ไม่น่าพอใจเท่าที่ควร อีกทั้งนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายในปัจจุบันให้ความสำคัญกับการสอบเข้าเรียนต่อในระดับอุดมศึกษา โดยส่วนใหญ่เป็นการวัดความรู้ในทางทฤษฎี จึงเป็นสาเหตุที่ทำให้ระบบการจัดการเรียนการสอนมุ่ง เพื่อวัดผลสัมฤทธิ์เพียงอย่างเดียว ทำให้นักเรียนขาดทักษะการประยุกต์ การแก้ปัญหาเฉพาะหน้า ทักษะการทดลอง การใช้เครื่องมือหรืออุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่จะไปเป็นรากฐานต่อยอดความรู้ในอนาคต (ชาตรี สำราญ, 2542 : 18) โดยผลของการศึกษา นี้เป็นตัวบ่งชี้ให้เห็นว่า รูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนไทย ในปัจจุบัน ยังไม่มีการพัฒนาเท่าที่ควร นักเรียนที่เรียนจบหลักสูตรในโรงเรียนไปแล้วแต่ไม่สามารถนำความรู้ไปต่อยอดหรือพัฒนา หรือใช้แก้ปัญหาได้ ซึ่งปัญหาเหล่านี้จะต้องได้รับการแก้ไขอย่างเร่งด่วน

ในการจัดการศึกษาจะต้องยึดหลักว่าผู้เรียนมีส่วนที่สำคัญที่สุดสามารถที่จะเรียนรู้ และพัฒนาตนเองได้ ดังนั้นครูผู้สอนจะต้องจัดสถานการณ์ในห้องเรียนให้เหมาะสม สามารถฝึกฝนให้นักเรียนได้เสาะแสวงหาความรู้จากสื่อ และแหล่งเรียนรู้ โดยในการจัดการเรียนรู้นอกจากจะปลูกฝังด้านเนื้อหารายวิชาในทางทฤษฎีแล้ว จะต้องฝึกให้นักเรียนได้คิด ฝึกปฏิบัติอย่างเป็นระบบ ซึ่งจะเป็นวิธีการที่จะทำให้นักเรียนได้เรียนรู้ ฝึกแก้ปัญหาต่าง ๆ ได้อย่างยั่งยืน (วิจารณ์ ไชยกุล, 2551: 66-68) ซึ่งสอดคล้องกับนโยบายของกระทรวงศึกษาธิการโดยนักเรียนสามารถเรียนและนำไปใช้ประโยชน์หรือประยุกต์ให้เข้ากับสถานการณ์ได้ โดยเฉพาะการเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์นั้น วิชาฟิสิกส์ถือว่าเป็นวิชาหนึ่งที่นักเรียนไทยประสบปัญหาอยู่ตลอด เพราะโดยบริบทของรายวิชาแล้วมีการกำหนดสถานการณ์ให้นักเรียนได้คิดและแก้ปัญหา หากนักเรียนไม่ได้ฝึกคิดอย่างเป็นระบบแล้วก็ยากที่จะแก้ปัญหาได้ โดยเฉพาะปัญหาเมื่อกำหนดสถานการณ์การต่อวงจรไฟฟ้า ตลอดระยะเวลาหลายปีที่ผ่านมา นักเรียน

โรงเรียนจังหารฐิตวิริยาประชาสรรค์มีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชานี้ โดยส่วนใหญ่ร้อยละ 80 จะแก้ปัญหาและวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าในทางทฤษฎีได้ (ฝ่ายวิชาการ โรงเรียนจังหารฐิตวิริยาประชาสรรค์, 2556 : 52-53) แต่พอถึงสถานการณ์ที่ต้องมีการฝึกปฏิบัตินักเรียนกลับแก้ปัญหาไม่ได้เพราะต่อวงจรไฟฟ้าไม่เป็นหรือถ้าได้ก็ค่อนข้างช้า โปรโตบอร์ดหรือโปรเจคบอร์ดเป็นอุปกรณ์หนึ่งที่ช่วยอำนวยความสะดวก ในการเรียนรู้และต่อวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายได้ แต่ในบริบทของโรงเรียนจังหารฐิตวิริยาประชาสรรค์ ยังถูกจำกัดด้วยจำนวนอุปกรณ์และงบประมาณ ซึ่งทำให้มีอุปกรณ์ไม่เพียงพอต่อจำนวนของนักเรียน อีกทั้งในช่วง 2-3 ปีที่ผ่านมานักเรียนหลายคนสอบเข้าเรียนต่อในคณะวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะภาควิชาฟิสิกส์ ซึ่งจะต้องใช้พื้นฐานการต่อวงจรในการเรียนด้วย ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งที่จะให้นักเรียนได้ฝึกสร้างบอร์ดจำลองใช้ในการเรียนรู้และฝึกต่อวงจรได้ถูกต้อง ซึ่งเป็นรากฐานที่จะศึกษาการต่อวงจร และพัฒนาความรู้ที่ยากขึ้นต่อไปได้

1.2 วัตถุประสงค์และสมมติฐานของการวิจัย

1.2.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1.1 เพื่อให้นักเรียนได้สร้างบอร์ดจำลอง ที่จะใช้ในการทำกิจกรรมและต่อวงจรไฟฟ้า

1.2.1.2 เพื่อเปรียบเทียบคะแนนทักษะในการต่อวงจรของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยบอร์ดจำลองการต่อวงจรไฟฟ้า ตามกฎของโอห์ม

1.2.2 สมมติฐานของการวิจัย

1.2.2.1 นักเรียนสามารถสร้างบอร์ดจำลอง ในการฝึกต่อวงจรไฟฟ้าได้ด้วยตนเอง

1.2.2.2 นักเรียนที่เรียนโดยการใช้บอร์ดจำลองมีทักษะความสามารถในการต่อวงจรไฟฟ้า ตามกฎของโอห์มหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 กลุ่มเป้าหมาย

ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 แผนการเรียน วิทย์-คณิต โรงเรียนจังหารฐิตวิริยาประชาสรรค์ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2557 จำนวน 35 คน ได้มาโดยการเลือกแบบเจาะจง

1.3.2 ระยะเวลาในการทดลองและเก็บข้อมูล

เริ่มทำการทดลองและเก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 25 สิงหาคม 2557 ถึง 26 กันยายน 2557 ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2557 ใช้เวลาในการทดลอง 12 ชั่วโมง

1.3.3 เนื้อหาที่ใช้ในการทำวิจัย

เนื้อหาที่ใช้ในการทำวิจัยเป็นเนื้อหาในสาระการเรียนรู้พื้นฐานและเพิ่มเติม ฟิสิกส์ เล่ม 4 เรื่อง วงจรไฟฟ้าและกฎของโอห์ม กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 นักเรียนสามารถสร้างบอร์ดจำลองและอุปกรณ์ได้ด้วยตนเอง แล้วนำความรู้ที่ได้ไปพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์และการทดสอบ O-NET ให้เพิ่มสูงขึ้น

1.4.2 นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาฟิสิกส์ เรื่องกฎของโอห์ม สูงขึ้น

1.4.3 นำผลที่ได้เป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนในสาระการเรียนรู้และมาตรฐานอื่น หรือครูในของกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ

1.5.1 บอร์ดจำลอง หมายถึง อุปกรณ์ที่สร้างขึ้นมาเพื่อให้นักเรียนได้ฝึกซ้อมต่อวงจรไฟฟ้า ก่อนที่จะไปทดสอบทักษะการต่อวงจรจริงตามรูปที่โจทย์กำหนด

1.5.2 แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ใช้วัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 7 ขั้น ซึ่งหมายถึง รูปแบบการเรียนการสอนแบบสืบเสาะแบบหนึ่งที่เน้นให้ผู้เรียนสามารถใช้วิธีการสืบเสาะหาความรู้เชิงวิทยาศาสตร์(Inquiry Approach) ที่ต้องอาศัยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการค้นพบความรู้ หรือประสบการณ์การเรียนรู้และคำนึงถึงแนวความคิด ความรู้เดิมของนักเรียนที่มีมาก่อนในการจัดการเรียนการสอน เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนสร้างแนวความคิดที่ถูกต้องตามทฤษฎีสร้างสรรค์ความรู้ (Constructivist) ทำให้นักเรียนมีประสบการณ์การเรียนรู้อย่างมีความหมายด้วยตนเอง แบ่งขั้นตอนการสอนออกเป็น 7 ขั้นตอน ดังนี้

1.5.2.1 ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม (Elicitation Phase) ในขั้นนี้จะเป็นขั้นที่ครูจะตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนได้แสดงความรู้เดิมออกมา เพื่อครูจะได้รู้ว่า เด็กแต่ละคนมีพื้นฐานความรู้เดิมเท่าไหร่ จะได้วางแผนการสอนได้ถูกต้อง และครูได้รู้ว่า นักเรียนควรจะเรียนเนื้อหาใดก่อนที่จะเรียนในเนื้อหานั้น ๆ

1.5.2.2 ขั้นเร้าความสนใจ (Engagement Phase) เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนหรือเรื่องที่สนใจซึ่งอาจเกิดขึ้นเองจากความสงสัย หรืออาจเริ่มจากความสนใจของตัวนักเรียนเอง หรือเกิดจากการอภิปรายภายในกลุ่ม เรื่องที่น่าสนใจอาจมาจากเหตุการณ์ที่กำลังเกิดขึ้นอยู่ในช่วงเวลานั้น หรือเป็นเรื่องที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่เด็กได้เรียนรู้มาแล้ว ครูเป็นคนกระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำถามกำหนดประเด็นที่จะศึกษาในกรณีที่ยังไม่มีประเด็นใดน่าสนใจ ครูอาจให้ศึกษาจากสื่อต่างๆหรือเป็นผู้กระตุ้นด้วยการเสนอประเด็นขึ้นก่อน แต่ไม่ควรบังคับให้นักเรียนยอมรับประเด็นหรือคำถามที่ครูกำลังสนใจเป็นเรื่องที่จะใช้ศึกษา

1.5.2.3 ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration Phase) ในขั้นนี้จะต่อเนื่องจากขั้นเร้าความสนใจ ซึ่งเมื่อนักเรียนทำความเข้าใจในประเด็น หรือคำถามที่สนใจจะศึกษาอย่างถ่องแท้ แล้วก็มีการวางแผนกำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบ ตั้งสมมติฐาน กำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ลงมือปฏิบัติ

เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล ข้อสนเทศ หรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ วิธีการตรวจสอบอาจทำได้หลายวิธี เช่น ทำการทดลอง ทำกิจกรรมภาคสนาม การใช้คอมพิวเตอร์เพื่อช่วยสร้างสถานการณ์จำลอง (Simulation) การศึกษาหาข้อมูลจากเอกสารอ้างอิงจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลอย่างเพียงพอที่จะใช้ในขั้นต่อไป

1.5.2.4 ขั้นอธิบาย (Explanation Phase) ในขั้นนี้เมื่อนักเรียนได้ข้อมูลมาอย่างเพียงพอจากการสำรวจตรวจสอบแล้วจึงนำข้อมูลข้อสนเทศที่ได้มาวิเคราะห์ แปลผล สรุปผล และนำเสนอผลที่ได้ในรูปต่าง ๆ เช่น บรรยายสรุป สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ หรือรูปวาด สร้างตาราง ฯลฯ การค้นพบในขั้นนี้อาจเป็นไปได้หลายทาง เช่น สนับสนุนสมมติฐานที่ตั้งไว้ โต้แย้งกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ หรือไม่เกี่ยวข้องกับประเด็นที่ได้กำหนดไว้ แต่ผลที่ได้จะอยู่ในรูปใดก็สามารถสร้างความรู้และช่วยให้เกิดการเรียนรู้ได้

1.5.2.5 ขั้นขยายความรู้ (Expansion Phase / Elaboration Phase) เป็นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือแนวความคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติม หรือนำแบบจำลองหรือข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์หรือ เหตุการณ์อื่น ๆ ถ้าใช้อธิบายเรื่องต่าง ๆ ได้มากก็แสดงว่าข้อจำกัดน้อย ซึ่งก็จะช่วยให้เชื่อมโยงกับเรื่องราวต่าง ๆ และทำให้เกิดความรู้กว้างขวางขึ้น

1.5.2.6 ขั้นประเมินผล (Evaluation Phase) ในขั้นนี้เป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่าง ๆ ว่า นักเรียนมีความรู้อะไรบ้าง อย่างไร และมากน้อยเพียงใด จากขั้นนี้จะนำไปสู่การนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในเรื่องอื่นๆ

1.5.2.7 ขั้นนำความรู้ไปใช้ (Extension Phase) ในขั้นนี้เป็นขั้นที่ครูจะต้องมีการจัด เตรียมโอกาสให้นักเรียนเพื่อให้นักเรียนได้นาสิ่งที่ได้เรียนมาไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ในชีวิตประจำวัน ครูจะเป็นผู้กระตุ้นให้นักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้รับไปสร้างเป็นความรู้ใหม่ที่เรียกว่า “การถ่ายโอนการเรียนรู้”

1.5.3 ทักษะความรู้ขั้นสูง (higher-order cognitive skills) หมายถึง ทักษะความรู้ในระดับการนำไปใช้ การวิเคราะห์ การประเมินค่า และการสร้างสรรค์ แต่ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้อนุโลมให้แบบทดสอบวัดทักษะความรู้ขั้นสูงเป็นแบบทดสอบที่วัดตั้งแต่ระดับความเข้าใจขึ้นไป แต่ต้องมีร้อยละของข้อสอบในระดับการวิเคราะห์ขึ้นไปไม่ต่ำกว่าร้อยละ 50 ของข้อสอบทั้งหมด

1.5.4 คะแนนฝึกทักษะ หมายถึง คะแนนที่นักเรียนได้จากการทำแบบทดสอบวัดผลจากการต่อวงจรไฟฟ้า เรื่อง ไฟฟ้าฟ้ากระแสตรงตามกฎของโอห์ม ซึ่งเป็นแบบทดสอบที่ผู้วิจัยได้ใช้แบบทดสอบมาตรฐาน DIRECT Version 1.2 ที่พัฒนาโดย Paula V. Engelhardt และ Robert J. Beichner จากแคโรไลนา จำนวน 12 ข้อ

1.5.5 ความก้าวหน้าทางการเรียน คือผลการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้นของผู้เรียนที่มีโอกาสได้คะแนนต่ำสุดไม่น้อยกว่าร้อยละ 0 และโอกาสที่จะได้คะแนนสูงสุด ไม่เกินร้อยละ 100 เรียกว่า normalized gain

โดยค่าที่ได้จะมีค่าอยู่ในช่วง 0.0–1.0 ค่า normalized gain ออกเป็น 3 ระดับ ได้ แก่ "high gain" ค่า $\langle g \rangle \geq 0.7$ "medium gain" ค่า $0.3 \leq \langle g \rangle < 0.7$ และ "low gain" ค่า $0.0 \leq \langle g \rangle < 0.3$

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้มุ่งเน้นที่จะพัฒนาทักษะการต่อวงจรไฟฟ้าของผู้เรียน ตามกฎของโอห์ม ด้วยบอร์ดจำลองโดยใช้รูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้แบบ 7 ขั้น (Inquiry cycle 7E) ซึ่งจะได้กล่าวถึงรายละเอียดของทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังต่อไปนี้

2.1 หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

วิทยาศาสตร์มีบทบาทความสำคัญต่อสังคมโลกในปัจจุบันและอนาคตเพราะวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับชีวิตของทุกคนทั้งในการดำรงชีวิตประจาวันและงานอาชีพต่างๆ เครื่องมือเครื่องใช้ตลอดจนผลผลิตต่าง ๆ ที่คนได้ใช้ เพื่ออานวยความสะดวกในชีวิตและในการทางาน ล้วนเป็นผลของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ผสมผสานกับความคิดสร้างสรรค์และศาสตร์อื่น ๆ วิทยาศาสตร์ทาให้คนได้พัฒนาวิธีคิดทั้งความคิดเป็นเหตุเป็นผล คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์ วิจารณ์ มีทักษะที่สำคัญในการค้นคว้าหาความรู้ มีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ สามารถตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลหลากหลายและประจักษ์พยานที่ตรวจสอบได้ วิทยาศาสตร์เป็นวัฒนธรรมของโลกสมัยใหม่ (Knowledge Based Society) ทุกคนจึงจาเป็นต้องได้รับการพัฒนาด้านวิทยาศาสตร์ (Scientific Literacy for All) เพื่อที่มีความรู้ความเข้าใจโลกธรรมชาติและเทคโนโลยีที่มนุษย์สร้างสรรค์ขึ้น และนำความรู้ไปใช้อย่างมีเหตุผล สร้างสรรค์ มีคุณธรรม ความรู้วิทยาศาสตร์ไม่เพียงแต่นามาใช้ในการพัฒนาคุณภาพชีวิตที่ดี แต่ยังช่วยให้คนมีความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์ การดูแลรักษา ตลอดจนการพัฒนาสิ่งแวดล้อม และทรัพยากรธรรมชาติอย่างสมดุล และยั่งยืน และที่สำคัญคือความรู้วิทยาศาสตร์ ช่วยเพิ่มขีดความสามารถในการพัฒนาเศรษฐกิจ สามารถแข่งขันกับนานาประเทศ และดำเนินชีวิตอยู่ร่วมกับ ผู้อื่นได้อย่างมีความสุข ดังนั้นในหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 จึงได้กำหนดวิชาวิทยาศาสตร์ให้เป็น หนึ่งในกลุ่มสาระการเรียนรู้ขั้นพื้นฐานที่นักเรียนทุกคนต้องได้เรียนรู้ (กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ, 2551)

2.1.1 คุณภาพของผู้เรียนด้านวิทยาศาสตร์

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน 2551 ได้กำหนดคุณภาพของผู้เรียนเมื่อจบชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ดังนี้

2.1.1.1 เข้าใจการรักษาดุลภาพของเซลล์และกลไกการรักษาดุลยภาพของสิ่งมีชีวิต

2.1.1.2 เข้าใจกระบวนการถ่ายทอดสารพันธุกรรม การแปรผัน มิวเตชัน วิวัฒนาการของ

สิ่งมีชีวิต ความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต และปัจจัยที่มีผลต่อ การอยู่รอดของสิ่งมีชีวิตในสิ่งแวดล้อม

2.1.1.3 เข้าใจกระบวนการความสำคัญ และผลของเทคโนโลยีชีวภาพต่อมนุษย์สิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

2.1.1.4 เข้าใจชนิดของอนุภาคสำคัญ ที่เป็นส่วนประกอบในโครงสร้างอะตอม การจัดเรียงธาตุในตารางธาตุ การเกิดปฏิกิริยาเคมี และเขียนสมการเคมีปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

2.1.1.5 เข้าใจชนิดของแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค และสมบัติต่าง ๆ ของสารที่มีความสัมพันธ์ กับแรงยึดเหนี่ยว

2.1.1.6 เข้าใจการเกิดปิโตรเลียม การแยกแก๊สธรรมชาติ และการกลั่นลำดับส่วนน้ำมันดิบการนำผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมไปใช้ประโยชน์และผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

2.1.1.7 เข้าใจชนิดสมบัติปฏิกิริยาที่สำคัญของพอลิเมอร์และสารชีวะโมเลกุล

2.1.1.8 เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณที่เกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบต่างๆ สมบัติของคลื่น คุณภาพของเสียง และการได้ยิน สมบัติ ประโยชน์และโทษ ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า กัมมันตภาพรังสี และพลังงานนิวเคลียร์

2.1.1.9 เข้าใจกระบวนการเปลี่ยนแปลงของเปลือกโลก และปรากฏการณ์ทางธรณีที่มีผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

2.1.1.10 เข้าใจการเกิดและวิวัฒนาการของระบบสุริยะ กาแล็กซี เอกภพและความสำคัญของเทคโนโลยีอวกาศ

2.1.1.11 เข้าใจความสัมพันธ์ของความรู้วิทยาศาสตร์ ที่มีผลต่อการพัฒนาเทคโนโลยีประเภทต่าง ๆ และการพัฒนาเทคโนโลยี ที่ส่งผลให้มีการคิดค้น ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ก้าวหน้าผลของเทคโนโลยีต่อชีวิต สังคมและสิ่งแวดล้อม

2.1.1.12 ระบุปัญหาและตั้งคำถามที่จะสำรวจตรวจสอบ โดยมีการกำหนดความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ สืบค้นข้อมูลจากหลายแหล่ง ตั้งสมมติฐานที่เป็นไปได้หลายแนวทาง ตัดสินใจเลือกตรวจสอบสมมติฐานที่เป็นไปได้

2.1.1.13 วางแผนการสำรวจตรวจสอบ เพื่อแก้ปัญหาหรือตอบคำถาม วิเคราะห์เชื่อมโยงความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ โดยใช้สมการทางคณิตศาสตร์ หรือสร้างแบบจำลอง จากผลหรือความรู้ที่ได้รับจากการสารวจตรวจสอบ

2.1.1.14 สื่อสารความคิด ความรู้จากผลการสำรวจ ตรวจสอบโดยการพูด เขียนจัดแสดงหรือใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

2.1.1.15 ใช้ความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการดำรงชีวิต การศึกษาหาความรู้เพิ่มเติม ทำโครงงาน หรือสร้างชิ้นงานตามความสนใจ

2.1.1.16 แสดงถึงความสนใจ มุ่งมั่น รับผิดชอบ รอบคอบ และซื่อสัตย์ในการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้เครื่องมือ และวิธีการที่ให้ได้ผลถูกต้องเชื่อถือได้

2.1.1.17 ตระหนักในคุณค่าของความรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่ใช้ในชีวิตประจำวัน การประกอบอาชีพ แสดงถึงความชื่นชม ภูมิใจ ยกย่อง อ้างอิงผลงาน ชิ้นงานที่เป็นผลจากภูมิปัญญาท้องถิ่น และการพัฒนาเทคโนโลยีที่ทันสมัย

2.1.1.18 แสดงความซาบซึ้ง ห่วงใย มีพฤติกรรมเกี่ยวกับการใช้ และรักษาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมอย่างรู้คุณค่า เสนอตัวเองร่วมมือปฏิบัติกับชุมชนในการป้องกันทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมของท้องถิ่น

2.1.1.19 แสดงถึงความพอใจและเห็นคุณค่าในการค้นพบความรู้ พบคำตอบหรือแก้ปัญหาได้

2.1.1.20 ทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ แสดงความคิดเห็นโดยมีข้อมูลอ้างอิงและเหตุผลประกอบ เกี่ยวกับผลของการพัฒนา และการใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี อย่างมีคุณธรรมต่อสังคม และสิ่งแวดล้อม และยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น

2.1.2 สาระการเรียนรู้และมาตรฐานการเรียนรู้ด้านวิทยาศาสตร์

ในหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 ได้กำหนดสาระที่เป็นองค์ประกอบความรู้ของกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ไว้ 8 สาระและมาตรฐานการเรียนรู้ไว้ 13 มาตรฐาน

ในที่นี้ผู้วิจัยเลือกสาระที่ 5 พลังงาน มาตรฐาน 5.1 .คือ เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกับการดำรงชีวิตการเปลี่ยนรูปพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสารและพลังงาน ผลของการใช้พลังงานต่อชีวิต และสิ่งแวดล้อมมีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ตัวชี้วัดที่ 2 ทดลอง และอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ กระแสไฟฟ้า ความต้านทาน และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ และตัวชี้วัดที่ 4 สังเกต และอภิปรายการต่อวงจรไฟฟ้าในบ้านอย่างถูกต้องและปลอดภัย

2.2 แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ (scientific modeling) คือการสร้างของสิ่งหนึ่งเพื่อแทนวัตถุ กระบวนการ ความสัมพันธ์ หรือ สถานการณ์ เช่น การสร้างแบบจำลองของโครงสร้างหลังคา เพื่อให้วิศวกร สามารถคำนวณต่าง ๆ ได้ ก่อนที่จะสร้างจริง ไม่ว่าจะเป็นแบบจำลองคณิตศาสตร์ แบบจำลองแบบไม่เป็นคณิตศาสตร์ เช่น แบบจำลองการทดสอบเชิงจิตวิทยา แบบจำลองที่เป็นรูปธรรมหรือจับต้องได้ แบบจำลองที่ใช้แผนภาพ เช่น แบบจำลองการเพิ่มของจำนวนกระต่าย หรือ แบบจำลองสามมิติ

2.3 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (science process skill) หมายถึง ความสามารถ และความชำนาญในการคิด เพื่อค้นหาความรู้ และการแก้ไขปัญหา โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ อาทิ การสังเกต การวัด การคำนวณ การจำแนก การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับเวลา การจัดกระทำ และสื่อความหมายข้อมูล การลงความคิดเห็น การพยากรณ์ การตั้งสมมติฐาน การกำหนดนิยาม การกำหนดตัวแปร การทดลอง การวิเคราะห์ และแปรผลข้อมูล การสรุปผลข้อมูลได้อย่างรวดเร็ว ถูกต้อง และแม่นยำ

2.3.1 ความสำคัญของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เป็นทักษะสำคัญที่แสดงถึงการมีกระบวนการคิดอย่างมีเหตุ มีผลตามกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทำให้ผู้เรียน และผู้ปฏิบัติเกิดความเข้าใจในเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์ สามารถเรียนรู้ และพัฒนาตนเองไปสู่กระบวนการคิดที่ซับซ้อนมากขึ้น

2.3.2 ประเภททักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เป็นทักษะแสวงหาความรู้ และแนวทางสำหรับการแก้ไขปัญหา เป็นแนวทางที่พัฒนาขึ้นตามหลักสูตร science a process approach (SAPA) ของสมาคมอเมริกันเพื่อความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ (The American association for the advancement of science) ประกอบด้วยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 13 ทักษะ แบ่งเป็น 2 ระดับ คือ

2.3.2.1 ระดับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน 8 ทักษะ เป็นทักษะเพื่อการแสวงหาความรู้ทั่วไป ประกอบด้วย

1) ทักษะที่ 1 การสังเกต (Observing) หมายถึง การใช้ประสาทสัมผัสของร่างกายอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง ได้แก่ หู ตา จมูก ลิ้น กายสัมผัส เข้าสัมผัสกับวัตถุหรือเหตุการณ์เพื่อให้ทราบ และรับรู้ข้อมูล รายละเอียดของสิ่งเหล่านั้น โดยปราศจากความคิดเห็นส่วนตน ข้อมูลเหล่านี้จะประกอบด้วย ข้อมูลเชิงคุณภาพ เชิงปริมาณ และรายละเอียดการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นจากการสังเกต ความสามารถที่แสดงการเกิดทักษะ คือ สามารถแสดงหรือบรรยายคุณลักษณะของวัตถุ คุณสมบัติเชิงประมาณ และคุณภาพ พฤติการณ์การเปลี่ยนแปลงของวัตถุได้ จากการใช้ประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง

2) ทักษะที่ 2 การวัด (Measuring) หมายถึง การใช้เครื่องมือสำหรับการวัดข้อมูลในเชิงปริมาณของสิ่งต่าง ๆ เพื่อให้ได้ข้อมูลเป็นตัวเลขในหน่วยการวัดที่ถูกต้อง แม่นยำได้ ทั้งนี้การใช้เครื่องมือจำเป็นต้องเลือกใช้ให้เหมาะสมกับสิ่งที่ต้องการวัด รวมถึงเข้าใจวิธีการวัด และแสดงขั้นตอนการวัดได้อย่างถูกต้อง ความสามารถที่แสดงการเกิดทักษะ คือ สามารถเลือกใช้เครื่องมือได้เหมาะสมกับสิ่งที่วัด บอกเหตุผล วิธีการ ขั้นตอน และวิธีใช้เครื่องมือ สามารถทำการวัด รวมถึงระบุ

หน่วยของตัวเลขได้อย่างถูกต้อง

3) ทักษะที่ 3 การคำนวณ (Using numbers) หมายถึง การนับจำนวนของวัตถุ และการนำตัวเลขที่ได้จากนับ และตัวเลขจากการวัดมาคำนวณด้วยสูตรคณิตศาสตร์ เช่น การบวก การลบ การคูณ การหาร เป็นต้น โดยการเกิดทักษะการคำนวณจะแสดงออกจากการนับที่ถูกต้อง ส่วนการคำนวณจะแสดงออกจากการเลือกสูตรคณิตศาสตร์ การแสดงวิธีคำนวณ และการคำนวณที่ถูกต้อง แม่นยำ ความสามารถที่แสดงการเกิดทักษะ คือ สามารถนับจำนวน คำนวณ แสดงวิธีคำนวณ และคิดคำนวณได้ถูกต้อง

4) ทักษะที่ 4 การจำแนกประเภท (Classifying) หมายถึง การเรียง ลำดับ และการแบ่งกลุ่มวัตถุ หรือรายละเอียดข้อมูลด้วยเกณฑ์ความแตกต่าง หรือความสัมพันธ์ใด ๆ อย่างใดอย่างหนึ่ง ความสามารถที่แสดงการเกิดทักษะ คือ สามารถเรียงลำดับ และแบ่งกลุ่มของวัตถุ อธิบายเกณฑ์ในเรียงลำดับ หรือแบ่งกลุ่มโดยใช้เกณฑ์ ๆ ได้อย่างถูกต้อง

5) ทักษะที่ 5 การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปส และสเปสกับเวลา (Using space/Time relationships) สเปสของวัตถุ หมายถึง ที่ว่างที่วัตถุนั้นครองอยู่ ซึ่งอาจมีรูปร่างเหมือนกัน หรือแตกต่างกับวัตถุวัตถุ หรือรูป 3 มิติ ที่กำหนดให้ได้ สามารถอธิบายรูปทรงทางเราขาคณิตของวัตถุได้นั้น โดยทั่วไปแบ่งเป็น 3 มิติ คือ ความกว้าง ความยาว และความสูง ความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปสของวัตถุ ได้แก่ ความสัมพันธ์ระหว่าง 3 มิติ กับ 2 มิติ ความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุหนึ่งกับวัตถุหนึ่ง ความสัมพันธ์ระหว่างสเปสของวัตถุกับเวลา ได้แก่ ความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของวัตถุกับช่วงเวลา หรือความสัมพันธ์ของสเปสของวัตถุที่เปลี่ยนไปกับช่วงเวลา ความสามารถที่แสดงการเกิดทักษะ คือ สามารถอธิบายลักษณะของวัตถุ 2 มิติ และวัตถุ 3 มิติ ได้

6) ทักษะที่ 6 การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล (Communication) หมายถึง การนำข้อมูลที่ได้จากการสังเกต และการวัด มาจัดกระทำให้มีความหมาย โดยการหาความถี่ เรียงลำดับ การจัดกลุ่ม การคำนวณค่า เพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจความหมายได้ดีขึ้น ผ่านการเสนอในรูปแบบของตาราง แผนภูมิ วงจร เขียนหรือบรรยาย ความสามารถที่แสดงการเกิดทักษะ สามารถเลือกรูปแบบ และอธิบายการเลือกรูปแบบในการเสนอข้อมูลที่เหมาะสมได้ สามารถออกแบบ และประยุกต์การเสนอข้อมูลให้อยู่ในรูปใหม่ที่เข้าใจได้ง่าย สามารถเปลี่ยนแปลง ปรับปรุงข้อมูลและบรรยายลักษณะของวัตถุด้วยข้อความที่เหมาะสม กะทัดรัด และสื่อความหมายให้ผู้อื่นเข้าใจได้ง่าย

7) ทักษะที่ 7 การลงความเห็นจากข้อมูล (Inferring) หมายถึง การเพิ่มความคิดเห็นของตนต่อข้อมูลที่ได้จากการสังเกตอย่างมีเหตุผล จากพื้นฐานความรู้หรือประสบการณ์ที่มี ความสามารถที่แสดงการเกิดทักษะ คือ สามารถอธิบายหรือสรุปจากประเด็นของการเพิ่มความคิดเห็นของตนต่อข้อมูลที่ได้มา

8) ทักษะที่ 8 การพยากรณ์ (Predicting) หมายถึง การทำนายหรือการคาดคะเนคำตอบ โดยอาศัยข้อมูลที่ได้จากการสังเกตหรือการทำซ้ำ ผ่านกระบวนการแปรความหายของข้อมูลจากสัมพันธ์ภายใต้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ความสามารถที่แสดงการเกิดทักษะ คือ สามารถทำนายผลที่อาจจะเกิดขึ้นจากข้อมูลบนพื้นฐานหลักการ กฎ หรือทฤษฎีที่มีอยู่ ทั้งภายในขอบเขตของข้อมูล และภายนอกขอบเขตของข้อมูลในเชิงปริมาณได้

2.3.2.2 ระดับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ 5 ทักษะ เป็นทักษะกระบวนการขั้นสูงที่มีความซับซ้อนมากขึ้น เพื่อแสวงหาความรู้ โดยใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน เป็นพื้นฐานในการพัฒนา ประกอบด้วย

1) ทักษะที่ 9 การตั้งสมมติฐาน (Formulating hypotheses) หมายถึงการตั้งคำถามหรือคิดคำตอบล่วงหน้าก่อนการทดลองเพื่ออธิบายหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ ว่ามีความสัมพันธ์อย่างไรโดยสมมติฐานสร้างขึ้นจะอาศัยการสังเกต ความรู้ และประสบการณ์ภายใต้หลักการ กฎ หรือทฤษฎีที่สามารถอธิบายคำตอบได้ ความสามารถที่แสดงการเกิดทักษะ คือ สามารถตั้งคำถามหรือคิดหาคำตอบล่วงหน้าก่อนการทดลอง สามารถตั้งคำถามหรือคิดหาคำตอบล่วงหน้าจากความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่างๆได้

2) ทักษะที่ 10 การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ (Defining operationally) หมายถึง การกำหนด และอธิบายความหมาย และขอบเขตของคำต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการศึกษา หรือการทดลอง เพื่อให้เกิดความเข้าใจตรงกันระหว่างบุคคล ความสามารถที่แสดงการเกิดทักษะ คือ สามารถอธิบายความหมาย และขอบเขตของคำหรือตัวแปรต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการศึกษา และการทดลองได้

3) ทักษะที่ 11 การกำหนดและควบคุมตัวแปร (Identifying and controlling variables) หมายถึง การบ่งชี้ และกำหนดลักษณะตัวแปรใด ๆ ให้เป็นเป็นตัวแปรอิสระหรือตัวแปรต้น และตัวแปรใด ๆ ให้เป็นตัวแปรตาม และตัวแปรใด ๆ ให้เป็นตัวแปรควบคุม ตัวแปรต้น คือ สิ่งที่เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดผล หรือสิ่งที่ต้องการทดลอง เพื่อให้ทราบว่าเป็นสาเหตุของผลที่เกิดขึ้นหรือไม่ ตัวแปรตาม คือ ผลที่เกิดจากการกระทำของตัวแปรต้นในการทดลองตัวแปรควบคุม คือ ปัจจัยอื่น ๆ นอกเหนือจากตัวแปรต้น ที่อาจมีผลมีต่อการทดลองที่ต้องควบคุมให้เหมือนกัน หรือคงที่ขณะการทดลองความสามารถที่แสดงการเกิดทักษะ คือ สามารถกำหนด และอธิบายตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุมในการทดลองได้

4) ทักษะที่ 12 การทดลอง (Experimenting) หมายถึง กระบวนการปฏิบัติและทำซ้ำในขั้นตอนเพื่อหาคำตอบจากสมมติฐาน แบ่งเป็น 3 ขั้นตอน คือ การออกแบบการทดลอง หมายถึง การวางแผนการทดลองก่อนการทดลองจริง ๆ เพื่อกำหนดวิธีการ และขั้นตอนการทดลองที่สามารถดำเนินการได้จริง รวมถึงวิธีการแก้ไขปัญหาอุปสรรคที่อาจเกิดขึ้นขณะทำการทดลองเพื่อให้

การทดลองสามารถดำเนินการให้สำเร็จลุล่วงด้วยดี การปฏิบัติการทดลอง หมายถึง การปฏิบัติการทดลองจริง การบันทึกผลการทดลอง หมายถึง การจดบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลองซึ่งอาจเป็นผลจากการสังเกต การวัดและอื่น ๆ ความสามารถที่แสดงการเกิดทักษะ คือ สามารถออกแบบการทดลอง และกำหนดวิธี ขั้นตอนการทดลองได้ถูกต้อง และเหมาะสม ระบุ และเลือกใช้อุปกรณ์ในการทดลองอย่างเหมาะสม ปฏิบัติการทดลองตามขั้นตอนได้อย่างถูกต้องและบันทึกผลการทดลองได้อย่างถูกต้อง

5) **ทักษะที่** 13 การตีความหมายข้อมูลและการลงข้อมูล (Interpreting data and conclusion) **หมายถึง การแปรความหมายหรือการบรรยายลักษณะและสมบัติของข้อมูลที่มีอยู่** การตีความหมายข้อมูลในบางครั้งอาจต้องใช้ทักษะอื่น ๆ เช่น ทักษะการสังเกต ทักษะการคำนวณ การลงข้อมูล หมายถึง การวิเคราะห์ และการสรุปผลความสัมพันธ์ของข้อมูล สรุปประเด็นสำคัญของข้อมูลที่ได้จากการทดลองหรือศึกษาความสามารถที่แสดงการเกิดทักษะ คือ สามารถในการวิเคราะห์และสรุปประเด็นสำคัญ รวมถึงการแปลความหมายหรือบรรยายลักษณะของข้อมูลและบอกความสัมพันธ์ของข้อมูลได้

2.4 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้

ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในผู้วิจัยได้ใช้วัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้แบบ 7 ขั้น (Inquiry cycle 7E) เป็นยุทธวิธีในการจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลางให้ผู้เรียนได้สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ผู้เรียนได้ร่วมกันประเมินการเรียนรู้ด้วยตนเองในระยะแรกได้พัฒนามาจากทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ ได้แก่ การปรับขยายความคิด(Assimilation) และการปรับขยายโครงสร้างความคิด (Accommodation) ซึ่งมี 2 ขั้นตอน ต่อมาได้เพิ่มเป็น 3 ขั้นตอน (Eisenkraft, 2003) คือ

2.4.1 **ขั้นสำรวจ** (Exploration sine Concept Exploration) นักเรียนได้รับประสบการณ์เกี่ยวกับรูปธรรม เช่น วัตถุหรือเหตุการณ์ ซึ่งการนำเอาทฤษฎีการพัฒนาสติปัญญาการเรียนรู้ของ Piaget มาใช้คือ การทำให้นักเรียนขาดสมดุลก่อนเพื่อนำเข้าสมดุลใหม่อีกครั้ง ส่วนประสบการณ์ที่กล่าวถึงควรมีคุณสมบัติกระตุ้นให้เกิดมโนทัศน์หรือภาระงานที่ท้าทาย ถึงลักษณะปลายเปิด เพื่อให้นักเรียนใช้วิธีแก้ไขที่หลากหลาย เช่น การใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ส่วนครูมีบทบาทในการช่วยเหลือ โดยการแนะนำหรือตอบคำถามของนักเรียนเท่าที่จำเป็น ทั้งนี้เพื่อให้นักเรียนเกิดความคิดที่อยู่ในขอบข่ายของเรื่องที่จะเรียนได้ แก่ การแนะนำมโนทัศน์ใหม่หรือคำศัพท์ใหม่เป็นต้น

2.4.2 **ขั้นสร้างมโนทัศน์** (Invention หรือ Concept Introduction หรือ Clarification) ซึ่ง Barman ระบุว่าเริ่มจากการเสนอมโนทัศน์หรือหลักการใหม่ หรือคำอธิบายเสริมเพื่อช่วยให้

นักเรียนประยุกต์รูปแบบการใช้เหตุผลในประสบการณ์ของเขา แต่เปิดโอกาสให้นักเรียนนำเสนอแนวคิดของตน นั่นคือครูและนักเรียนช่วยกันนิยามมโนทัศน์ โดยอาจใช้สื่อการสอนช่วยก็ได้

2.4.3 **ขั้นนำมโนทัศน์ไปใช้** (Discovery หรือ Concept Application) เป็นระยะที่นักเรียนนำความรู้ มโนทัศน์ หรือทักษะที่เกิดขึ้นไปใช้ในสถานการณ์อื่น โดยยกตัวอย่างเพื่อแสดงมโนทัศน์ที่รู้นั้น ต่อมาได้มีกลุ่มนักศึกษาได้นำวิธีการนี้มาใช้ และมีการพัฒนาวิธีการ และขั้นตอนในการเรียนการสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ออกเป็น 4 ขั้น ดังนี้ (Barman, 1989)

2.4.3.1 ขั้นสำรวจ (Exploration) เป็นขั้นที่ยึดนักเรียนเป็นสำคัญ กระตุ้นความไม่สมดุลความคิดของผู้เรียน และช่วยให้เกิดการปรับขยายความคิด ครูรับผิดชอบการให้นักเรียนได้รับคำแนะนำ ชี้แจงและวัสดุอุปกรณ์อย่างเพียงพอที่มีปฏิสัมพันธ์ ในทางที่สัมพันธ์กับแนวคิดคำแนะนำชี้แจงของครู ต้องไม่บอกนักเรียนว่าพวกเขาควรเรียนอะไร และต้องไม่อธิบายแนวคิดให้แนวทางและแนะนำ เพื่อให้การสำรวจดำเนินต่อไปได้ นักเรียนรับผิดชอบต่อการสำรวจ วัสดุและเก็บรวบรวมและ/หรือบันทึกข้อมูลของตนเอง ครูอาศัยทักษะการถามเพื่อแนวทางการเรียนรู้เด็กต้องมีวัสดุอุปกรณ์การเรียน และประสบการณ์ที่เป็นรูปธรรมด้วย ถ้าครูจะให้เด็กสร้างแนวคิดวิทยาศาสตร์สำหรับตนเอง ให้ใช้คำถามแนะเพื่อช่วยเริ่มกระบวนการวางแผนและคำถาม ต้องนำตรงไปสู่กิจกรรมของเด็ก เสนอแนะประเภทของบันทึกที่เด็กจะทำ และต้องไม่บอกหรืออธิบายแนวคิด อาจกล่าวถึงการสอนอย่างย่อ ๆ ได้ บางทีอาจจะเป็นในรูปจุดประสงค์ของการสอน

2.4.3.2 ขั้นอธิบาย (Explanation) เป็นระยะที่ยึดนักเรียนเป็นสำคัญน้อยลง และหาทางอำนวยความสะดวกทางจิตใจให้แก่ผู้เรียน จุดมุ่งหมายของระยะนี้คือครูและนักเรียนร่วมมือกันสร้างแนวคิดเกี่ยวกับบทเรียน ครูเลือกและจัดสภาพแวดล้อมของชั้นเรียนที่พึงประสงค์ ในระยะนี้จะช่วยนำไปสู่การปรับขยายโครงสร้างความคิด ดังที่ทฤษฎีของเพียร์เจต์อธิบายไว้ นักเรียนต้องมุ่งเน้นข้อค้นพบเบื้องต้นจากการสำรวจของนักเรียน ครูต้องนำภาษา หรือรูปแบบแนวคิดเพื่อช่วยในการปรับขยายโครงสร้างความคิด ครูแนะแนวนักเรียนจนตั้งคำอธิบายของตนเองเกี่ยวกับแนวคิด ครูสามารถ จะแนะแนวนักเรียน และงดการบอกนักเรียนในสิ่งที่นักเรียนควรจะค้นพบแล้ว ถึงแม้ว่าความเข้าใจของนักเรียนไม่สมบูรณ์ และสามารถช่วยนักเรียนให้ใช้ขอมูลของตนสร้างแนวคิดที่ถูกต้องได้ ซึ่งจะนำนักเรียนไปสู่ระยะต่อไปโดยอัตโนมัติ คือ ระยะการขยายความคิด

2.4.3.3 ขั้นขยายความคิด (Expansion) เป็นระยะที่ควรยึดนกเรียนเป็นสำคัญให้มากที่สุดและเป็นระยะที่ช่วยกระตุ้นความร่วมมือภายในกลุ่ม ความมุ่งหมายของระยะนี้เพื่อช่วยผู้เรียนให้สามารถจัดระเบียบประสบการณ์ทางความคิดที่นักเรียนได้มาจากการค้นพบ เชื่อมโยงกับประสบการณ์เดิมที่คล้ายคลึงกัน และเพื่อให้ค้นพบการประยุกต์ใช้สิ่งใหม่สำหรับสิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้มาแล้ว แนวคิดที่สร้างขึ้น และต้องเชื่อมโยงกับความคิดอื่นหรือประสบการณ์อื่นที่สัมพันธ์กัน ซึ่งครูต้องให้เด็กใช้ภาษา หรือฉลาก หรือฉายาต่าง ๆ ของแนวคิดใหม่เพื่อพวกเขาจะได้เพิ่มความเข้าใจ

ตรงนี้เองที่จะช่วยให้นักเรียนประยุกต์ใช้สิ่งที่ได้เรียนรู้ โดยการขยายตัวอย่าง หรือโดยการจัดประสบการณ์เชิงสำรวจเพิ่มเติม เพื่อพัฒนาตัวเองของนักเรียน ความสัมพันธ์ภายในระหว่างวิทยาศาสตร์-เทคโนโลยี-สังคม ความเติบโตทางวิชาการ และการตระหนักรู้ด้านอาชีพ ระยะการขยายนี้สามารถนำไปสู่ระยะการสำรวจบทเรียนต่อไปได้โดยอัตโนมัติ ดังนั้นวงจรต่อเนื่องสำหรับการสอนและการเรียนจึงถูกสร้างขึ้นในระยะนี้ ครูช่วยนักเรียนให้จัดระเบียบการคิดของตนโดยการเชื่อมโยงสิ่งเรียนรู้มาเข้ากับความคิดหรือประสบการณ์อื่น ๆ ซึ่งสัมพันธ์กับแนวคิดที่สร้างขึ้นในระยะนี้ จะเพิ่มความลุ่มลึกสำหรับความหมายของแนวคิด และเพื่อขยายขอบเขตความต้องการสำหรับเด็ก

2.4.3.4 ขั้นประเมิน (Evaluation) ความมุ่งหมายของระยะนี้เพื่อเป็นการทดสอบมาตรฐานการเรียนรู้ การเรียนรู้มักจะเกิดขึ้นในสัดส่วนการเพิ่มขึ้นที่น้อยกว่าการยกระดับทางความคิดที่มีการหยั่งรู้จริงที่เป็นไปได้ ดังนั้น การประเมินผลควรต่อเนื่อง ซึ่งไม่ใช่การสิ้นสุดของบทเรียนหรือวิธีการของหน่วยการเรียน การวัดหลายชนิดมีความจำเป็นต่อการจัดทำการประเมินโดยรวมการประเมินผลรวมแต่ละระยะของวัฏจักรการเรียนรู้ไม่ใช่เฉพาะการจัดทำตอนสุดท้าย

นันทิยา บุญเคลือบ (2540) ได้กล่าวถึง ในปี ค.ศ. 1992 โครงการศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตร์ สาขาชีววิทยา ของสหรัฐอเมริกา (Biological Science Curriculum Studies: BSCS) ได้ปรับขยายรูปแบบการสอนวัฏจักรการเรียนรู้ ออกเป็น 5 ขั้น หรือเรียกว่า 5E เพื่อเป็นแนวทางสำหรับใช้ออกแบบการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ให้เหมาะสมยิ่งขึ้น โดย 5 ขั้น แต่ละขั้นมีสาระและรายละเอียดดังนี้

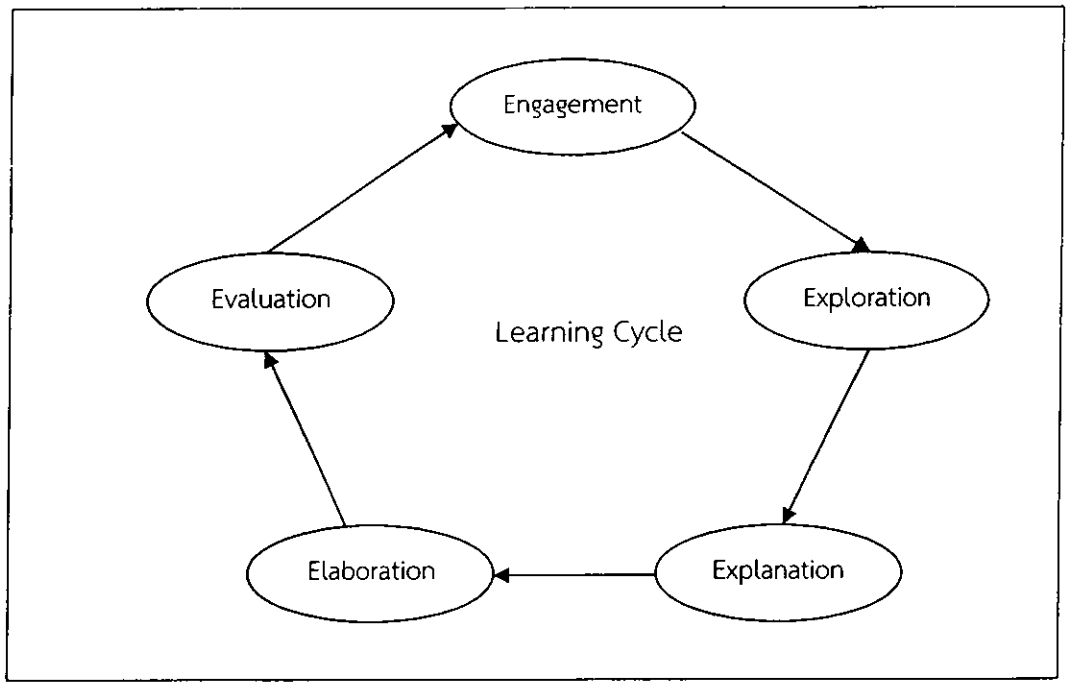
(1) ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน (Engagement) เป็นการแนะนำบทเรียนไปด้วยการซักถามปัญหา การทบทวนความรู้เดิม การกำหนดกิจกรรมที่จะเกิดขึ้นในการเรียนการสอนและเป้าหมาย

(2) การสำรวจ (Exploration) เป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ใช้แนวความคิดที่มีอยู่แล้วมาจัดความสัมพันธ์กับหัวข้อที่กำลังจะเรียนให้เข้าเป็นหมวดหมู่ ถ้ากิจกรรมที่เกี่ยวกับการทดลองการสำรวจ การสืบค้นด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ รวมทั้งเทคนิคและความรู้ทางการปฏิบัติจะดำเนินไปด้วยตัวของนักเรียนเองโดยมีครูทำหน้าที่เป็นเพียงผู้แนะนำหรือผู้เริ่มต้นในกรณีที่นักเรียนไม่สามารถหาจุดเริ่มต้นได้

(3) การอธิบาย (Explanation) เป็นกิจกรรมหรือกระบวนการเรียนรู้มีการนำความรู้ที่รวบรวมมาแล้วในขั้นที่ 2 มาใช้เป็นพื้นฐานในการศึกษาหัวข้อหรือแนวความคิดที่กำลังศึกษาอยู่ กิจกรรมอาจประกบไปด้วยการเก็บรวบรวมข้อมูลจากการอ่านและการนำข้อมูลมาอภิปราย

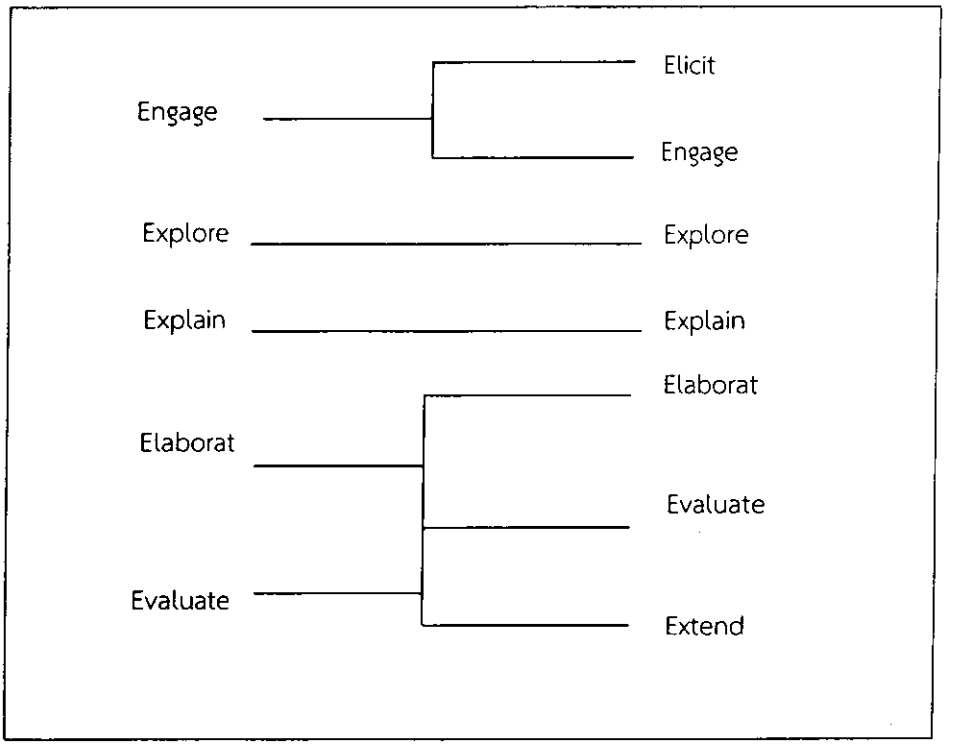
(4) การลงข้อสรุป (Elaboration) เป็นการเน้นให้นักเรียนได้มีการนำความรู้หรือข้อมูลจากขั้นที่ผ่านมาแล้วมาใช้ กิจกรรส่วนใหญ่อาจเป็นการอภิปรายภายในกลุ่มของตนเองเพื่อลงข้อสรุปเกิดเป็นแนวความคิดหลักขึ้น นักเรียนจะปรับแนวความคิดหลักของตัวเองในกรณีที่ไม่สอดคล้องหรือคลาดเคลื่อนจากข้อเท็จจริง

(5) การประเมิน (Evaluation) เป็นขั้นตอนสุดท้ายจากการเรียนรู้โดยครูเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ประเมินผล ด้วยตนเองถึงแนวความคิดที่ได้สรุปไว้ในขั้นที่ 4 ว่ามีความสอดคล้องหรือถูกต้องมากน้อยเพียงใด รวมทั้งมีการยอมรับมากน้อยเพียงใดข้อสรุปที่จะได้จะนำมาใช้เป็นพื้นฐานในการศึกษาครั้งต่อไปทั้งนี้รวมทั้งการประเมินผลของครูต่อการเรียนรู้ของนักเรียนด้วย รูปแบบการเรียนการสอนแบบสืบเสาะการเรียนรู้ 5 ขั้น (Inquiry Cycle) สามารถสรุป ได้ดังภาพที่ 1 (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2546)



ภาพที่ 2.1 การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น

ต่อมาในปี ค.ศ. 2003 ได้ขยายรูปแบบการสอนโดยใช้แบบวัฏจักรการเรียนรู้จาก 5 ขั้น (5E) เป็น 7 ขั้น (7E) ซึ่งเพิ่มขั้นมา 2 ขั้น คือ ขั้นตรวจสอบพื้นความรู้เดิมของเด็ก (Elicitation Phase) ในขั้นนี้เป็นขั้นที่มีความจำเป็นสำหรับการสอนที่ดีเป้าหมายที่สำคัญในขั้นนี้คือการกระตุ้นให้เด็กมีความสนใจและตื่นเต้นกับการเรียน สามารถสร้างความรู้อย่างมีความหมายและขั้นการนำความรู้ไปใช้ (Extension Phase) เพื่อให้นักเรียนสามารถประยุกต์ใช้ความรู้จากสิ่งที่ได้เรียนมาให้เกิดประโยชน์ในชีวิตประจำวัน การปรับขยายรูปแบบการสอนโดยใช้แบบวัฏจักรการเรียนรู้จาก 5 ขั้น (5E) เป็น 7 ขั้น (7E) แสดงได้ดังภาพที่ 2.2



ภาพที่ 2.2 การใช้แบบวัฏจักรการเรียนรู้จาก 5 ขั้น (5E) เป็น 7 ขั้น (7E)

การสอนตามแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E) เป็นการสอนที่เน้นการถ่ายโอนการเรียนรู้ และ ให้ความสำคัญเกี่ยวกับ การตรวจสอบความรู้เดิมของเด็ก ซึ่งเป็นสิ่งที่ครูละเลยไม่ได้และการตรวจสอบความรู้พื้นฐานเดิมของเด็กจะทำให้ครูค้นพบว่านักเรียนต้องเรียนรู้อะไรก่อนก่อนที่จะเรียนรู้ในเนื้อหาบทเรียนนั้นๆ ซึ่งจะช่วยให้เด็กเกิดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ ขั้นของการเรียนรู้ตามแนวคิดของ Eisenkraft (2003) มีเนื้อหาสาระ ดังนี้

(1) ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม (Elicitation Phase) ในขั้นนี้จะเป็นขั้นที่ครูจะตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนได้แสดงความรู้เดิมออกมา เพื่อครูจะได้รู้ว่า เด็กแต่ละคนมีพื้นความรู้เดิมเท่าไร จะได้วางแผนการสอนได้ถูกต้อง และครูได้รู้ว่านักเรียนควรจะเรียนเนื้อหาใดก่อนที่จะเรียนในเนื้อหานั้น ๆ

(2) ขั้นเร้าความสนใจ (Engagement Phase) เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนหรือเรื่องที่สนใจจากความสงสัย หรืออาจเริ่มจากความสนใจของตัวนักเรียนเองหรือเกิดจากการอภิปรายภายในกลุ่ม เรื่องที่น่าสนใจอาจมาจากเหตุการณ์ที่กำลังเกิดขึ้นอยู่ในช่วงเวลานั้น หรือเป็นเรื่องที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่เด็กเพิ่งเรียนรู้มาแล้ว ครูเป็นคนกระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำถามกำหนดประเด็นที่ที่จะกระตุ้นโดยการเสนอประเด็นขึ้นก่อน แต่ไม่ควรบังคับให้นักเรียนยอมรับประเด็นหรือคำถามที่ครูกำลังสนใจเป็นเรื่องที่จะใช้ศึกษา

(3) ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration Phase) ในขั้นนี้จะต่อเนื่องจากขั้นเร้าความสนใจ ซึ่งเมื่อนักเรียนทำความเข้าใจในประเด็น หรือคำถามที่สนใจจะศึกษาอย่างถ่องแท้แล้ว ก็มีการวางแผนกำหนดแนวทางควรสำรวจตรวจสอบ ตั้งสมมุติฐาน กำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ ลงมือปฏิบัติเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล ข้อสนเทศ หรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ วิธีการตรวจสอบอาจทำได้หลายวิธี เช่น ทำการทดลอง ทำกิจกรรมภาคสนาม การใช้คอมพิวเตอร์เพื่อช่วยสร้างสถานการณ์จำลอง (Simulation) การศึกษาหาข้อมูลจากเอกสารอ้างอิงจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลอย่างเพียงพอที่จะใช้ในขั้นต่อไป

(4) ขั้นอธิบาย (Explanation Phase) ในขั้นนี้เมื่อนักเรียนได้ข้อมูลมาอย่างเพียงพอจากการสำรวจตรวจสอบแล้ว จึงนำข้อมูล ข้อสนเทศที่ได้มาวิเคราะห์ แปลผล สรุปผล และนำเสนอผลที่ได้ในรูปต่าง ๆ เช่น บรรยายสรุป สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ หรือรูปวาด สร้างตาราง การค้นพบในด้านนี้อาจเป็นไปได้หลายทาง เช่น สนับสนุนสมมุติฐานที่ตั้งไว้ โต้แย้งกับสมมุติฐานที่ตั้งไว้ หรือไม่เกี่ยวข้องกับประเด็นที่ได้กำหนดไว้ สามารถสร้างความรู้และช่วยให้เกิดการเรียนรู้ได้

(5) ขั้นขยายความคิด (Expansion Phase/Elaboration Phase) เป็นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิม หรือแนวคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติม หรือนำแบบจำลองหรือข้อสรุปที่ไปใช้อธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่น ๆ ถ้าใช้อธิบายเรื่องต่างๆ ได้มากก็แสดงว่าข้อกำกัดน้อย ซึ่งก็จะช่วยให้เชื่อมโยงกับเรื่องราวต่าง ๆ และทำให้เกิดความรู้สึกกว้างขวางขึ้น

(6) ขั้นประเมินผล (Evaluation Phase) ในขั้นนี้เป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่าง ๆ ว่านักเรียนมีความรู้อะไรบ้าง อย่างไร และมากน้อยเพียงใด จากขั้นนี้จะนำไปสู่การนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในด้านอื่นๆ

(7) ขั้นนำความรู้ไปใช้ (Extension Phase) ในขั้นนี้เป็นที่ครูจะต้องมีการจัดเตรียมโอกาสให้นักเรียนได้นำสิ่งที่ได้เรียนมา ไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ในชีวิตประจำวัน ครูจะเป็นผู้กระตุ้นให้นักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้รับไปสร้างเป็นความรู้ที่เรียกว่า “การถ่ายโอนการเรียนรู้” จากขั้นตอนต่าง ๆ นอกจากนี้ยังเน้นให้นักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้รับไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ได้

จากขั้นตอนต่าง ๆ ในรูปแบบการสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E) จะเน้นการถ่ายโอนการเรียนรู้ และให้ความสำคัญกับการตรวจสอบความรู้เดิมของเด็ก ซึ่งเป็นสิ่งที่ครูไม่ควรจะละเลยหรือละทิ้ง เนื่องจากการตรวจสอบพื้นความรู้เดิมของเด็ก จะทำให้ครูได้ค้นพบว่า นักเรียนจะต้องเรียนรู้อะไรก่อนที่จะเรียนในเนื้อหานั้น ๆ นักเรียนจะสร้างความรู้จากพื้นความรู้เดิมที่เด็กมี ทำให้เด็กเกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมาย และไม่เกิดแนวความคิดที่ผิดพลาด การละเลยหรือเพิกเฉยในขั้นนี้จะทำให้ยากแก่การพัฒนาแนวความคิดของเด็ก ซึ่งจะไม่เป็นไปตามจุดมุ่งหมายที่ครูวางไว้ นอกจากนี้ยังเน้นให้นักเรียน สามารถนำความรู้ที่ได้รับไปประยุกต์ให้เกิดประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้ (Bransford,

Brown and Cocking, 2000) จากรูปแบบการสอนวัฏจักรการเรียนรู้ทั้ง 4 แบบ สามารถเปรียบเทียบกันได้ดังตาราง

ตารางที่ 2.1 การเปรียบเทียบรูปแบบการสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ทั้ง 4 แบบ

แบบที่ 1 (3E)	แบบที่ 2 (4E)	แบบที่ 3 (5E)	แบบที่ 4 (7E)
1. ขั้นสำรวจ	1. ขั้นสำรวจ	1. ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน 2. ขั้นสำรวจ	1. ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม 2. ขั้นเร้าความสนใจ 3. ขั้นสำรวจและค้นหา
2. ขั้นแนะนำมโนทัศน์ ขั้นแนะนำคำสำคัญ ขั้นสร้างมโนทัศน์ ขั้นได้มาซึ่งมโนทัศน์	2. ขั้นอธิบาย	3. ขั้นอธิบาย	4. ขั้นอธิบาย
3. ขั้นประยุกต์ใช้มโนทัศน์	3. ขั้นประยุกต์ใช้มโนทัศน์ขั้นขยายมโนทัศน์	4. ขั้นขยายหรือประยุกต์ใช้มโนทัศน์	5. ขั้นขยายความคิด
	4. ขั้นประเมินผล	5. ขั้นประเมินผล	6. ขั้นประเมินผล 7. ขั้นนำความรู้ไปใช้

2.5 ความก้าวหน้าทางการเรียน (Normalized Gain)

ความก้าวหน้าทางการเรียน คือ ผลการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้นของผู้เรียน โดย Richard R. Hake (1998) นักฟิสิกส์แห่ง University of Indiana ได้เสนอวิธีการประเมินผลการเรียนรู้จากการทดสอบก่อนเรียน (pre-test) และหลังเรียน (post-test) โดยคำนึงถึง floor and ceiling effect (โอกาสได้คะแนนต่ำสุดไม่น้อยกว่าร้อยละ 0 และโอกาสที่จะได้คะแนนสูงสุด ไม่เกินร้อยละ 100 เรียกว่า normalized gain (normalized เป็นคำที่มาจากคำศัพท์ทางควอนตัมฟิสิกส์ ซึ่งหมายถึงการทำให้มีโอกาสความเป็นไปได้เท่า ๆ กัน โดยมีค่าเป็นไปได้สูงสุดเท่ากับ 1 เท่ากัน) โดยหาได้จาก อัตราส่วนของผลการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้นจริง (Actual gain) หารด้วยผลการเรียนรู้สูงสุดที่มีโอกาสเพิ่มขึ้นได้ (maximum possible gain) โดยค่าที่ได้จะมีค่าอยู่ในช่วง 0.0–1.0 เขียนเป็นสมการความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$< g >= \frac{[(\%\text{post} - \text{test}) - (\%\text{pre} - \text{test})]}{[(100\%) - (\%\text{pre} - \text{test})]} \qquad (2.1)$$

โดยที่ <g> คือ ค่า normalized gain

% Post-test คือ ค่าเฉลี่ยของคะแนนสอบหลังเรียนเป็นเปอร์เซ็นต์

% Pre-test คือ ค่าเฉลี่ยของคะแนนสอบก่อนเรียนเป็นเปอร์เซ็นต์

ค่า normalized gain ออกเป็น 3 ระดับ ได้ แก่ "high gain" ค่า <g> ≥ 0.7 "medium gain" ค่า 0.3 ≤ <g> < 0.7 และ "low gain" ค่า 0.0 ≤ <g> < 0.3 normalized gain แบ่งเป็น class normalized gain, single student normalized gain, single test item normalized gain และ conceptual dimensional normalized gain

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ชัยยุทธ ศศิธร (2554: 41-42) ได้ศึกษาการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยเพื่อเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาฟิสิกส์ เรื่องวงจรไฟฟ้ากระแสตรง แก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ซึ่งผลจการวัดทักษะการต่อวงจรไฟฟ้ากระแสตรงของนักเรียนแบบรายกลุ่ม และรายบุคคล คะแนนเฉลี่ยของครูผู้สอนระดับกลุ่ม 16.00 (SD = 0.71) ระดับรายบุคคล 16.32 (SD = 0.97) และคะแนนเฉลี่ยจากการสังเกตของครูผู้สังเกตคะแนนระดับกลุ่ม 16.20 (SD = 0.84) ระดับรายบุคคล 15.96 (SD = 0.79) และเมื่อวิเคราะห์คะแนนการวัดทักษะทั้งสองกลุ่มด้วยการทดสอบแบบทีกลุ่มตัวอย่างเดียว (One-sample t-test) พบว่าคะแนนเฉลี่ยทักษะการต่อวงจรไฟฟ้ากระแสตรงของนักเรียนผ่านเกณฑ์การประเมินร้อยละ 80 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

นัฏฐกานต์ ดวงพร (2549: บทคัดย่อ) ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลการเรียนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E) และการเรียนสืบเสาะของ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ที่มีต่อแนวความคิดเลือกเกี่ยวกับมโนมติฟิสิกส์ งานและพลังงาน และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาตร์ขั้นบูรณาการ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่านักเรียนโดยส่วนรวม นักเรียนชายและนักเรียนหญิงที่เรียนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E) มีความเข้าใจอย่างสมบูรณ์เกี่ยวกับมโนมติฟิสิกส์ งานและพลังงานมากที่สุด รองลงมาคือมีความเข้าใจเพียงบางส่วน ส่วนนักเรียนโดยส่วนรวม นักเรียนชายและนักเรียนหญิง ที่เรียนแบบสืบเสาะแบบสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) มีความเข้าใจเพียงบางส่วน นักเรียนชายและนักเรียนหญิง ที่เรียนแบบสืบเสาะแบบสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) มีความเข้าใจเพียงบางส่วนมีแนวความคิดที่ผิดพลาดตามลำดับ

นักเรียนโดยส่วนรวมและนักเรียนหญิงที่เรียนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E) มีความเข้าใจอย่างสมบูรณ์มากกว่า แต่มีความเข้าใจเพียงบางส่วนและมีแนวความคิดที่ผิดพลาดน้อยกว่า นักเรียนที่เรียนแบบสืบเสาะแบบ สสวท. อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนนักเรียนชายมีความเข้าใจอย่างสมบูรณ์มากกว่าที่เรียนสืบเสาะแบบ สสวท. อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

กุลชาติ ชลเทพ (2551: 128-129) ศึกษาการเปรียบเทียบแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E) โดยใช้เทคนิคการรู้คิด ที่มีต่อแนวความคิดที่ผิดพลาดเกี่ยวกับมโนมติฟิสิกส์ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่มีผลการเรียนที่ต่างกัน พบว่า ก่อนเรียนนักเรียนโดยส่วนรวมมีแนวความคิดที่ผิดพลาดมากที่สุด ร้อยละ 57.5-75.0 รองลงมาคือ มีความเข้าใจเพียงบางส่วนร้อยละ 17.5–35.0 มีความเข้าใจเพียงบางส่วนและมีแนวความคิดที่ผิดพลาด ร้อยละ 5.0–17.5 และมีความเข้าใจอย่างสมบูรณ์และมีความไม่เข้าใจ ร้อยละ 2.5 เกี่ยวกับมโนมติฟิสิกส์ : อัตราเร็วของแสง การสะท้อนของแสง การหักเหของแสง และการมองเห็น ตามลำดับ ส่วนหลังเรียนนักเรียนโดยส่วนรวมมีแนวความคิดที่สมบูรณ์มากที่สุด ร้อยละ 52.4-66.7 รองลงมาคือ มีความเข้าใจเพียงบางส่วนร้อยละ 28.6–47.6 มีความเข้าใจเพียงบางส่วนและมีแนวความคิดที่ผิดพลาด ร้อยละ 4.8 เกี่ยวกับมโนมติฟิสิกส์ : อัตราเร็วของแสง การสะท้อนของแสง การหักเหของแสง และการมองเห็น ตามลำดับ โดยนักเรียนที่มีผลการเรียนสูงมีความเข้าใจอย่างสมบูรณ์เพิ่มขึ้นจากก่อนเรียน และไม่มีแนวความคิดที่ผิดพลาด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สุภาพร พลพุทธา (2552: 105-106) ศึกษาผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ตามวงจรการเรียนรู้แบบ 7ขั้น (7E) ในรายวิชาฟิสิกส์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ตามวงจรการเรียนรู้แบบ 7ขั้น (7E) มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เจตคติต่อการเรียนรายวิชาฟิสิกส์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01

Berdt (1994: 96) ได้ศึกษาการสอนด้วยวงจรการเรียนรู้ในการสอนวิทยาศาสตร์ พบว่า การสอนด้วยวงจรการเรียนรู้มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเจตคติ โดยนักเรียนมีแนวโน้มในทุกๆด้านสูงขึ้น

Ewers (2002: 2387-A) ได้ทำการศึกษาผลการเรียนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ กับการเรียนปกติที่ครูเป็นผู้ถ่ายทอดความรู้ ต้องการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และประสิทธิภาพของครูของนักศึกษาครูสาขาการประถมศึกษา กลุ่มต้องเป็นนักศึกษาครูสาขาวิชาการประถมศึกษาชั้นปีที่ 3 และ 4 ที่เรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์ที่มหาวิทยาลัยไอดาโฮ ผลจากการทดสอบก่อนเรียน พบว่า นักเรียนทั้ง 2 กลุ่มไม่แตกต่างกันในเรื่องความสามารถในการศึกษาเชิงเหตุผลความชอบบรรยากาศของชั้นเรียน ความเชื่อในประสิทธิผลการเรียน และความคาดหวังในผลการเรียนแต่มีอายุ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แตกต่างกัน และผลการทดสอบหลังเรียน พบว่านักศึกษาครูแต่ละกลุ่ม

มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และประสิทธิผลการเรียนเพิ่มขึ้น จากก่อนเรียนแต่นักศึกษาทั้ง 2 กลุ่ม มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และประสิทธิผลการเรียนไม่แตกต่างกัน

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเพื่อพัฒนาทักษะการต่อวงจรไฟฟ้ากระแสตรง ตามกฎของโอห์ม ด้วยบอร์ดจำลอง ซึ่งผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

3.1 แบบแผนการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นแบบกึ่งทดลอง ใช้รูปแบบการวิจัยเป็นแบบกลุ่มตัวอย่างเดียวมีการทดสอบก่อนและหลัง (One-group pretest and posttest design) ซึ่งมีรูปแบบดังนี้

$$O_1 \text{ ---------- } X \text{ ---------- } O_2 \qquad (3.1)$$

โดย O_1 คือ การทดสอบก่อนเรียน (Pretest) O_2 คือ การทดสอบหลังเรียน (Posttest)

X คือ การจัดกิจกรรมการฝึกทักษะการเรียนรู้ด้วยบอร์ดจำลอง เรื่อง ไฟฟ้ากระแสตรง

3.2 กลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมาย เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 แผนการเรียน วิทย์-คณิต โรงเรียนจังหารฐิตวิริยาประชาสรรค์ อำเภอจังหาร จังหวัดร้อยเอ็ด ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2557 จำนวน 35 คน โดยการเลือกแบบเจาะจง

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้จัดทำเครื่องมือที่ใช้สำหรับการวิจัย คือ แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น แบบทดสอบวัดทักษะการต่อวงจรไฟฟ้าก่อนและหลังใช้อุปกรณ์ดังนี้

3.3.1 **แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง วงจรไฟฟ้าและกฎของโอห์ม** ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 6 แผน แผนละ 2 ชั่วโมง รวมเวลา 12 ชั่วโมง โดยแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ประกอบด้วยแผน ดังต่อไปนี้

3.3.1.1 แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่องกฎของโอห์มและตัวต้านทาน จำนวน 1 แผน

3.3.1.2 แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่องสภาพต้านทาน สภาพนำไฟฟ้าฯ จำนวน 1 แผน

3.3.1.3 แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่องแรงเคลื่อนไฟฟ้าและความต่างศักย์ จำนวน 1 แผน

3.3.1.4 แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่องการต่อตัวต้านทาน จำนวน 1 แผน

3.3.1.5 แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่องอุปกรณ์วัดทางไฟฟ้า จำนวน 1 แผน

3.3.1.6 แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การต่อวงจรไฟฟ้า จำนวน 1 แผน

3.3.2 บอร์ดจำลองการต่อวงจรไฟฟ้า เป็นเครื่องมือที่ถูกสร้างขึ้นมาเพื่อให้นักเรียนได้ฝึกซ้อมทำความความเข้าใจในเรื่องการต่อวงจร

3.3.3 แบบวัดทักษะการต่อวงจร แบบทดสอบมาตรฐาน DIRECT Version 1.2 **ที่พัฒนาโดย** Paula V. Engelhardt **และ** Robert J. Beichner จากแคโรไลนา จำนวน 12 ข้อ จากทั้งหมด 29 ข้อ โดยแต่ละข้อที่เลือกจะมีค่าความยากง่าย (p) รายข้อระหว่าง 0.19–0.89 และมีค่าความยากง่ายทั้งฉบับอยู่ที่ระดับดีมากคือ 0.49 ค่าอำนาจจำแนก (r) รายข้อระหว่าง 0.15–0.38 ซึ่งค่าความค่าอำนาจจำแนก ของแบบทดสอบทั้งฉบับมีค่าเท่ากับ 0.24

3.4 ขั้นตอนการสร้างเครื่องมือการวิจัย

3.4.1 แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น มีขั้นตอนการสร้างดังนี้

3.4.1.1 ศึกษาหลักสูตรการศึกษาสถานศึกษา โครงสร้าง จุดมุ่งหมายหลักสูตร ความคาดหวังและจุดเน้นของหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 คำอธิบายรายวิชา ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง รายวิชาฟิสิกส์ เนื้อหาไฟฟ้ากระแสตรง ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

3.4.1.2 ศึกษาการจัดทำแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ตามกระบวนการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E)

3.4.1.3 กำหนดวัตถุประสงค์แผนการจัดการเรียนรู้ ที่สอดคล้องกับหลักสูตรสถานศึกษา พุทธศักราช 2551

3.4.1.4 จัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับเนื้อหาการวิจัย เรื่องวงจรไฟฟ้ากระแสตรงและกฎของโอห์ม

3.4.1.5 ตรวจสอบแผนการจัดการเรียนรู้โดยผู้เชี่ยวชาญ พร้อมกับแก้ไข ปรับปรุงแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับเนื้อหาตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

3.4.1.6 นำแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ไปใช้จริงสำหรับการวิจัย

3.4.2 บอร์ดจำลองการต่อวงจรไฟฟ้า มีขั้นตอนการสร้างดังนี้

3.4.2.1 ทำการออกแบบคัดเลือกหาวัสดุที่จะนำมาทำบอร์ดจำลอง โดยต้องเป็นวัสดุที่หาง่าย ทำได้สะดวก ปลอดภัย ราคาไม่แพง ซึ่งในงานวิจัยนี้เลือกใช้ แผ่นโฟมขนาดหนาประมาณครึ่งนิ้ว โดยนำมาตัดให้ได้ขนาดประมาณเท่ากับกระดาษ A4

3.4.2.2 ทำการออกแบบตารางบอร์ดจำลองให้มีลักษณะเหมือนบอร์ดวงจรจริง แล้วปริ้นให้มีขนาดเท่ากับกระดาษ A4

3.4.2.3 ติดกระดาษตารางบอร์ดเข้ากับแผ่นสติ๊กเกอร์ใสเพื่อป้องกัน การฉีกขาดง่ายหรือเปียกน้ำ

3.4.2.4 จากนั้นนำตารางบอร์ดติดกับแผ่นโฟมพร้อมทั้งใช้แล็คซีนหรือกระดาษกาวประมาณ 1 นิ้ว ติดขอบและตกแต่งบอร์ดจำลองให้เรียบร้อย

3.4.2.5 ทดสอบการต่อวงจรโดยตัดหลอดดูดให้ได้ขนาดประมาณ 1 นิ้ว ทำเป็นตัวต้านทาน ใช้ยางวงทำเป็นสายไฟ และยึดติดกับช่องที่จะเสียบขาอุปกรณ์ด้วยเข็ดหมุด แล้วตรวจสอบว่าอุปกรณ์ใช้ได้หรือไม่ต้องปรับปรุงตรงไหน

3.4.2.6 แก้ไขปรับปรุงอุปกรณ์ แล้วนำไปใช้กับนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย

3.4.3 แบบวัดทักษะการต่อวงจรไฟฟ้า มีขั้นตอนการคัดเลือกดังนี้

3.4.3.1 ศึกษาเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย ทักษะการต่อวงจรไฟฟ้ากระแสตรง และกฎของโอห์ม

3.4.3.2 คัดเลือกแบบทดสอบจาก แบบทดสอบมาตรฐานมาตรฐาน DIRECT Version 1.2 ที่พัฒนาโดย Paula V. Engelhardt และ Robert J. Beichner จากแคโรไลนา จำนวน 12 ข้อ จากทั้งหมด 29 ข้อ โดยแต่ละข้อที่เลือกจะมีค่าความยากง่าย (p) รายข้อระหว่าง 0.19–0.89 และมีค่าความยากง่ายทั้งฉบับอยู่ที่ระดับดีมากคือ 0.49 ค่าอำนาจจำแนก (r) รายข้อระหว่าง 0.15–0.38 ซึ่งค่าความค่าอำนาจจำแนก ของแบบทดสอบทั้งฉบับมีค่าเท่ากับ 0.24

3.4.3.3 กำหนดขอบเขตการประเมิน คือนักเรียนที่สามารถต่อวงจรได้ถูกต้อง โดยตรวจสอบจากการจ่ายไฟ หลอด LED ในวงจรจะต้องสว่างจะได้ 1 คะแนน ส่วนนักเรียนที่ต่อวงจรไม่ถูกต้องหรือหลอด LED ไม่สว่างจะได้ 0 คะแนน

3.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในงานวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.5.1 นักเรียนทำการทดสอบผลสัมฤทธิ์การการเรียนหลัง จากที่ได้เรียนตามแผนการจัดการเรียนรู้ ตามแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 5 แผนแรก ด้วยข้อสอบจำนวน 12 ข้อที่คัดเลือกจาก DIRECT Version 1.2 ใช้เวลาประมาณ 30 นาที เพื่อดูผลสัมฤทธิ์จากการเรียนรู้ในทางทฤษฎีว่านักเรียนอยู่ในเกณฑ์ดีหรือไม่ เพียงพอจะทำแบบทดสอบภาคปฏิบัติหรือยัง

3.5.2 สอนและให้นักเรียนต่อวงจรจากบอร์ดจริง โดยให้นักเรียนฝึกทำการทดลองเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 7 คน จำนวน 5 กลุ่มใช้เวลาในการฝึกต่อเป็นกลุ่มประมาณ 30 นาที

3.5.3 ให้นักเรียนทำการทดสอบทักษะการต่อวงจรรายบุคคล เพื่อดูผลว่านักเรียนสามารถต่อวงจรตามโจทย์ที่กำหนดให้ถูกต้องหรือไม่ (ทดสอบก่อนใช้บอร์ดจำลอง)

3.5.4 จากแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 6 ให้นักเรียนทั้ง 35 คน ได้ฝึกซ้อมต่อวงจรไฟฟ้าจากบอร์ดจำลอง โดยจะได้คนละ 1 บอร์ด ทำการฝึกซ้อมประมาณ 30 นาที

3.5.5 ให้นักเรียนทำการทดสอบทักษะการต่อวงจรรายบุคคล เพื่อดูผลว่านักเรียนสามารถต่อวงจรตามโจทย์ที่กำหนดให้ถูกต้องหรือไม่ (ทดสอบหลังใช้บอร์ดจำลอง)

3.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยนำข้อมูลที่เก็บรวบรวมจากเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลมาวิเคราะห์ ดังนี้

3.6.1 วิเคราะห์คะแนนจากการทดสอบผลสัมฤทธิ์การการเรียนหลังจากที่ได้เรียนตามแผนการจัดการเรียนรู้ ตามแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 5 แผนแรก ด้วยข้อสอบจำนวน 12 ข้อที่คัดเลือกจาก DIRECT Version 1.2 ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 60 หรือประมาณ 8 ข้อ จากคะแนนเต็ม

ตารางที่ 3.1 เกณฑ์การให้คะแนนการประเมินทักษะการต่อวงจรไฟฟ้าฟ้า

ประเด็น	1 คะแนน	0 คะแนน	หมายเหตุ
ความถูกต้องของวงจร	สามารถต่อวงจรได้ถูกต้องโดยตรวจสอบจากการจ่ายไฟ หลอด LED ในวงจรจะต้องสว่าง	ต่อวงจรไม่ถูกต้องหรือไม่ครบวงจรโดยตรวจสอบจากการจ่ายไฟ หลอด LED ในวงจรจะไม่สว่าง	เป็นวงจรค่อนข้างง่ายไม่ซับซ้อนโดยต่อแค่แบบอนุกรมกับขนานเท่านั้น

เกณฑ์การผ่านการประเมิน

นักเรียนได้คะแนนร้อยละ 60 หรือต่อวงจรถูก 8 คะแนน (ข้อละ 1 คะแนน) ขึ้นไป ให้ผลการประเมิน <u>ผ่านกิจกรรม</u> แต่ถ้านักเรียนได้คะแนนน้อยกว่าร้อยละ 60 หรือต่อวงจรถูก 8 คะแนน ให้ผลการประเมิน <u>ไม่ผ่านกิจกรรม</u>

3.6.2 เปรียบเทียบและวิเคราะห์คะแนนจากการทดสอบทักษะการต่อวงจรรายบุคคล ก่อนและหลังการเรียนรู้จากบอร์ดจำลอง ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบของกลุ่มเป้าหมายทั้งหมด ด้วยการทดสอบค่าทีแบบกลุ่มตัวอย่างที่ไม่อิสระต่อกัน (Dependent sample t-test)

3.7 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ผล โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ทดสอบค่าทีแบบกลุ่มตัวอย่างที่ไม่อิสระต่อกัน (Dependent sample t-test) ของคะแนนการทำแบบทดสอบวัดทักษะการต่อวงจรไฟฟ้าก่อนเรียนและหลังจากการเรียนด้วยบอร์ดและประเมินความกว้าหน้าโดยใช้ Normalized Gain <g> (สุระ วุฒิพรหม, 2556; อ้างอิงจาก Richard R. Hake, 1998) จากสูตร

$$< g >= \frac{[(\%\text{post} - \text{test}) - (\%\text{pre} - \text{test})]}{[(100\%) - (\%\text{pre} - \text{test})]} \qquad (3.2)$$

โดยที่ <g> คือ ค่า normalized gain

% Post-test คือ ค่าเฉลี่ยของคะแนนสอบหลังเรียนเป็นเปอร์เซ็นต์

% Pre-test คือ ค่าเฉลี่ยของคะแนนสอบก่อนเรียนเป็นเปอร์เซ็นต์

ค่า normalized gain ออกเป็น 3 ระดับ ได้ แก่ "high gain" ค่า $<g> \geq 0.7$ "medium gain" ค่า $0.3 \leq <g> < 0.7$ และ "low gain" ค่า $0.0 \leq <g> < 0.3$ normalized gain แบ่งเป็น class normalized gain, single student normalized gain, single test item normalized gain และ conceptual dimensional normalized gain

บทที่ 4
ผลการวิจัยและอภิปรายผล

การวิจัยเพื่อพัฒนาทักษะการต่อวงจรไฟฟ้ากระแสตรง ตามกฎของโอห์ม ด้วยบอร์ดจำลอง ในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ผลการวิจัย และอภิปรายผลการวิจัย ดังนี้

4.1 ผลการทดสอบผลสัมฤทธิ์การเรียนหลังจากเรียนภาคทฤษฎี

หลังจากที่นักเรียนทำการทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังจากที่ได้เรียนตามแผนการจัดการเรียนรู้ ตามแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 5 แผนแรก ด้วยข้อสอบจำนวน 12 ข้อที่คัดเลือกจาก DIRECT Version 1.2 ซึ่งใช้เวลาประมาณ 30 นาที เกณฑ์การผ่านอยู่ร้อยละ 60 หรือประมาณ 8 ข้อ เพื่อดูผลสัมฤทธิ์จากการเรียนรู้ในทางทฤษฎี พบว่ามีนักเรียนสอบได้คะแนนผ่านเกณฑ์ถึง 31 คน จากทั้งหมด 35 คนหรือมีคนที่ผ่านร้อยละ 88.57 ดังแสดงในตารางที่ 2 จากข้อมูลชี้ให้เห็นว่านักเรียนมีความรู้ในเรื่องทฤษฎีและหลักการพร้อมที่จะทดสอบภาคปฏิบัติ การที่มีนักเรียนผ่านเกณฑ์ค่อนข้างมากนั้นอาจเนื่องมาจากความรู้นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 พื้นฐานค่อนข้างดี รวมทั้งข้อสอบใน DIRECT Version 1.2 ทั้ง 12 ข้อนั้นก็ไม่ได้มีความยากหรือซับซ้อนมากนัก เพียงพอต่อการทำความเข้าใจได้

4.2 ผลการทดสอบทักษะการต่อวงจรไฟฟ้าของนักเรียนในภาคปฏิบัติ

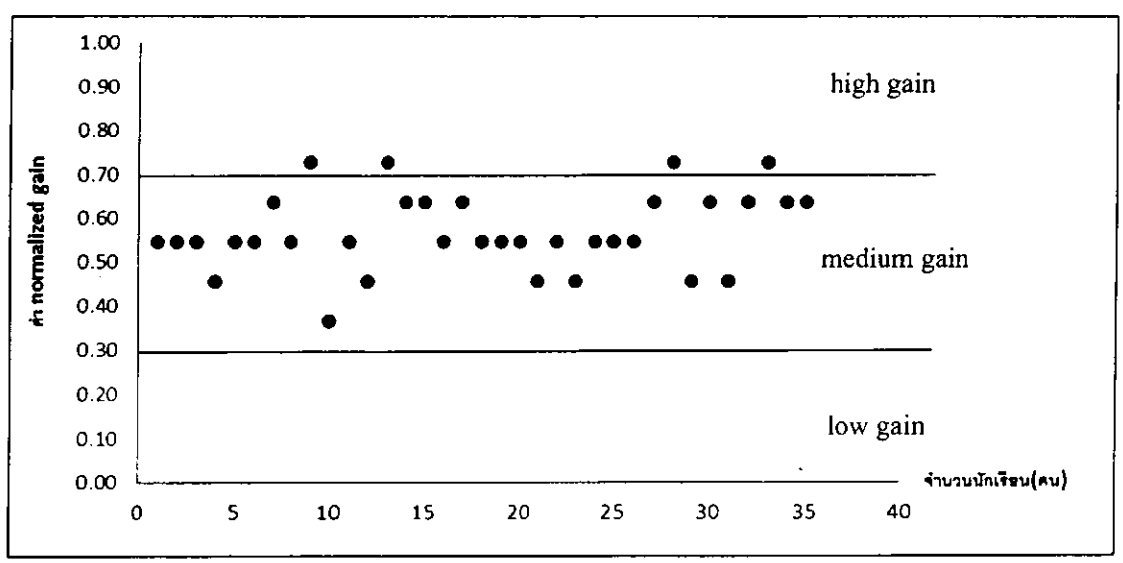
การทดสอบทักษะการต่อวงจรรายบุคคล เพื่อดูผลว่านักเรียนสามารถต่อวงจรตามโจทย์ ของข้อสอบจำนวน 12 ข้อที่คัดเลือกจาก DIRECT Version 1.2 ซึ่งใช้เวลาประมาณ 30 นาที โดยมีเกณฑ์การผ่านการประเมินอยู่ที่ร้อยละ 60 หรือประมาณ 8 ข้อ ซึ่งผลคะแนนการทดสอบการต่อวงจรไฟฟ้าก่อนและหลังการฝึกด้วยบอร์ดจำลองมีผลคะแนนแสดงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 คะแนนการทดสอบ DIRECT Version 1.2 ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

ลำดับที่	คะแนนทดสอบทฤษฎี (12)	คะแนนทดสอบปฏิบัติ (ก่อนใช้)(12)	คะแนนทดสอบปฏิบัติ (หลังใช้)(12)	ผลต่างคะแนน (หลังใช้-ก่อนใช้)	normalized gain <g> (รายคน)
1	10	2	8	6	0.55
2	9	0	6	6	0.55
3	9	1	7	6	0.55
4	8	0	5	5	0.45
5	10	2	8	6	0.55
6	10	2	8	6	0.55
7	12	3	10	7	0.64
8	10	1	7	6	0.55
9	9	0	8	8	0.73
10	5	0	4	4	0.36
11	10	2	8	6	0.55
12	9	0	5	5	0.45
13	11	1	9	8	0.73
14	11	2	9	7	0.64
15	12	3	10	7	0.64
16	10	2	8	6	0.55
17	11	2	9	7	0.64
18	9	1	7	6	0.55
19	9	1	7	6	0.55
20	8	0	6	6	0.55
21	5	0	5	5	0.45
22	9	2	8	6	0.55
23	9	1	6	5	0.45
24	10	1	7	6	0.55
25	9	1	7	6	0.55

ตารางที่ 4.1 คะแนนการทดสอบ DIRECT Version 1.2ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 (ต่อ)

ลำดับที่	คะแนนทดสอบทฤษฎี (12)	คะแนนทดสอบปฏิบัติ (ก่อนใช้)(12)	คะแนนทดสอบปฏิบัติ (หลังใช้)(12)	ผลต่างคะแนน (หลังใช้-ก่อนใช้)	normalized gain <g> (รายคน)
26	10	2	8	6	0.55
27	10	1	8	7	0.64
28	9	0	8	8	0.73
29	8	0	5	5	0.45
30	8	0	7	7	0.64
31	9	1	6	5	0.45
32	7	0	7	7	0.64
33	6	0	8	8	0.73
34	8	1	8	7	0.64
35	8	0	7	7	0.64
เฉลี่ย	9.06	1.00	7.26	6.26	0.57



ภาพที่ 4.1 คะแนนความก้าวหน้า (normalized gain) ของนักเรียนแต่ละคน

ตารางที่ 4.2 ค่าเฉลี่ย (ร้อยละ) ของนักเรียนที่ตอบถูกก่อนและหลังเรียน ค่าที (t-test) และความก้าวหน้าทั้งชั้น (Class normalized gain)

ค่าเฉลี่ย	การทดสอบ		ค่าที	ความก้าวหน้าทั้งชั้น
	ก่อน	หลัง		
ค่าเฉลี่ย (ร้อยละ)	1.00 (8.33)	7.26 (60.5)	37.75	0.57 (medium gain)
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.94	1.42		

* $t_{(\alpha = 0.05,\ df = 34)} = 2.0322$

จากตารางที่ 4.1 เมื่อพิจารณาผลคะแนน การทดสอบการต่อวงจรไฟฟ้าก่อนฝึก ด้วยบอร์ดจำลองพบว่า ไม่มีนักเรียนคนใดที่สามารถทำคะแนนได้ผ่านเกณฑ์ หรือคิดเป็นร้อยละ 0 ของคนที่ผ่านเกณฑ์การประเมิน และเมื่อเปรียบเทียบกับคะแนนที่แสดงจากการทดสอบในทางทฤษฎีแล้ว ได้ผลในทิศทางตรงกันข้าม เพราะคะแนนในทางทฤษฎีนักเรียนทำคะแนนผ่านเกณฑ์การประเมินได้ถึงร้อยละ 88.57 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ซึ่งแสดงให้เห็นว่านักเรียนไม่มีทักษะในการต่อวงจรไฟฟ้าทั้ง ๆ ที่มีความรู้ในทางทฤษฎี และเมื่อหลังจากให้นักเรียนได้ฝึกซ้อมต่อวงจรโดยใช้บอร์ดจำลอง แล้วให้นักเรียนได้ทดสอบการต่อวงจรไฟฟ้าอีกครั้ง ผลคะแนนปรากฏว่านักเรียนสามารถทำคะแนนในการต่อวงจรไฟฟ้าเพิ่มขึ้นทุกคน แต่มีนักเรียนที่สามารถทำคะแนนผ่านเกณฑ์จำนวน 17 คนหรือคิดเป็นร้อยละ 48.57 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด

ผลการประเมินความก้าวหน้าทางการเรียน (normalized gain) ของนักเรียนแต่ละคน ซึ่งแสดงในตารางที่ 4.1 เป็นการเปรียบเทียบก่อนและหลังจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และฝึกซ้อมต่อวงจรไฟฟ้าด้วยบอร์ดจำลองนักเรียนทุกคนมีความก้าวหน้าทางการเรียน แต่ถ้าแยกพิจารณาพบว่ามีนักเรียน 4 คนที่มีความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับ high gain และมีนักเรียน 31 คนอยู่ในระดับ medium gain และไม่มีนักเรียนอยู่ในระดับ low gain ดังแสดงในภาพที่ 4.1 และเมื่อเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยก่อนและหลังจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และฝึกซ้อมต่อวงจรไฟฟ้าด้วยบอร์ดจำลองของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย ปรากฏว่าคะแนนเฉลี่ยหลังเรียน (7.26 คิดเป็นร้อยละ 60.5) สูงกว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน (1.00 คิดเป็นร้อยละ 8.33) ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 และมีค่าที (t-value) เท่ากับ 37.75 ดังแสดงในตารางที่ 4.2 แสดงให้เห็นว่านักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทักษะการต่อวงจรไฟฟ้ากระแสตรงโดยใช้บอร์ดจำลองในการฝึกซ้อม นักเรียนมีผลคะแนนทักษะการต่อวงจรไฟฟ้าสูงขึ้นจริง

ความก้าวหน้าทางการเรียนทั้งชั้น หรือ Class normalized gain เป็นการพิจารณาให้เห็นว่าผลการเรียนรู้ของนักเรียนทั้งชั้นเพิ่มขึ้นคิดเป็นกี่เท่าของผลการเรียนรู้สูงสุดที่มีโอกาสเพิ่มขึ้นได้ โดย

พิจารณาจากคะแนนเฉลี่ยของทั้งชั้น ทั้งก่อนและหลังเรียน เพื่อดูว่าผลการเรียนการสอนด้วยบอร์ดจำลองการต่อวงจรไฟฟ้าของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย โดยภาพรวมมีการพัฒนาขึ้นเพียงใด ในงานวิจัยนี้ พบว่า Class normalized gain มีค่าเท่ากับ 0.57 ซึ่งอยู่ในระดับ medium gain

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การวิจัยเพื่อพัฒนาทักษะการต่อวงจรไฟฟ้ากระแสตรง ตามกฎของโอห์ม ด้วยบอร์ดจำลอง ซึ่งผู้วิจัยสามารถสรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ ได้ดังนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และฝึกทักษะการต่อวงจรไฟฟ้า เรื่องไฟฟ้ากระแสตรง ด้วยบอร์ดจำลอง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนจังหารฐิตวิริยาประชาสรรค์ จำนวน 35 คน โดยใช้แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น จำนวน 6 แผน รวม 12 ชั่วโมง สามารถสรุปผลการวิจัยดังนี้

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังจากที่ได้เรียนตามแผนการจัดการเรียนรู้ ตามแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น ด้วยข้อสอบจำนวน 12 ข้อที่คัดเลือกจาก DIRECT Version 1.2 ซึ่งใช้เวลาประมาณ 30 นาที เกณฑ์การผ่านอยู่ร้อยละ 60 หรือประมาณ 8 ข้อ มีผลสัมฤทธิ์จากการเรียนรู้ในทางทฤษฎีพบว่ามีนักเรียนสอบได้คะแนนผ่านเกณฑ์ถึง 31 คน จากทั้งหมด 35 คน หรือมีคนที่ผ่านร้อยละ 88.57 ผลคะแนนการทดสอบทักษะการต่อวงจรไฟฟ้าก่อนฝึกด้วยบอร์ดจำลอง พบว่า ไม่มีนักเรียนคนใดที่สามารถทำคะแนนได้ผ่านเกณฑ์ หรือคิดเป็นร้อยละ 0 ของคนที่ผ่านเกณฑ์การประเมิน ซึ่งแสดงให้เห็นว่า นักเรียนไม่มีทักษะในการต่อวงจรไฟฟ้า ทั้ง ๆ ที่มีความรู้ในทางทฤษฎีและผลคะแนนการทดสอบทักษะการต่อวงจรไฟฟ้าหลังฝึกซ้อมด้วยบอร์ดจำลอง พบว่า นักเรียนสามารถทำคะแนนในการต่อวงจรไฟฟ้าเพิ่มขึ้นทุกคน แต่มีนักเรียนที่สามารถทำคะแนนผ่านเกณฑ์ จำนวน 17 คน หรือคิดเป็นร้อยละ 48.57 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด

ผลจากการประเมินความก้าวหน้าทางการเรียน (normalized gain) การนักเรียนรายคน พบว่านักเรียนทุกคนมีความก้าวหน้าทางการเรียน แต่ถ้าแยกพิจารณาพบว่ามีนักเรียน 4 คน ที่มีความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับ high gain และมีนักเรียน 31 คนอยู่ในระดับ medium gain และไม่มีนักเรียนอยู่ในระดับ low gain หากพิจารณาความก้าวหน้าของนักเรียนทั้งชั้นหรือ Class normalized gain ปรากฏว่าคะแนนเฉลี่ยหลังเรียน (7.26 คิดเป็นร้อยละ 60.5) สูงกว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน (1.00 คิดเป็นร้อยละ 8.33) ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 และมีค่าที (t-value) เท่ากับ 37.75 แสดงให้เห็นว่าผลการเรียนรู้ของนักเรียนทั้งชั้นมีพัฒนาการที่เพิ่มขึ้น โดยมีค่าเท่ากับ

0.57 ซึ่งอยู่ในระดับ medium gain ซึ่งแสดงให้เห็นว่านักเรียนมีทักษะการปฏิบัติ มีความสามารถมากขึ้น ทดลองทำได้ และปฏิบัติได้จริง ซึ่งสอดคล้องกับนโยบายของกระทรวงศึกษาธิการ

5.2 ข้อเสนอแนะ

การสร้างบอร์ดจำลองนั้น มุ่งเน้นให้นักเรียนได้ฝึกต่อวงจร และเรียนรู้จากบอร์ด นำไปต่อวงจรจริงได้ และนักเรียนจะได้สามารถนำทักษะนี้ไปใช้เป็นพื้นฐานในการศึกษาขั้นสูงต่อไป ดังนั้นบอร์ดจำลองที่จะพัฒนาต่อไปควรสร้าง และให้สามารถต่อกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ของจริงได้ เพื่อให้การทดลองมีความสมจริงมากยิ่งขึ้น และควรสร้างให้มีขนาดเล็กกะทัดรัดมากกว่านี้ เพื่อให้ง่ายและมีความสะดวกต่อการพกพา และเมื่อสร้างเสร็จ ควรใช้บอร์ดจำลอง ควบคู่การกับเทคนิคการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบอื่นๆ แล้วเปรียบเทียบผลการทดลองว่าผลที่ได้มีความแตกต่างกันหรือไม่

เอกสารอ้างอิง

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงศึกษาธิการ กรมวิชาการ. **ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551**. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทยจำกัด, 2551.

กุลชาติ ชลเทพ. **การเปรียบเทียบผลการเรียนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้นโดยใช้เทคนิคการรู้คิดที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงแนวความคิดที่ผิดพลาดเกี่ยวกับมโนมติฟิสิกส์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่มีผลการเรียนวิทยาศาสตร์ต่างกัน**. วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 2551.

ฝ่ายวิชาการ. **รายงานวิชาการโรงเรียนจังหารฐิตวิริยาประชาสรรค์**. ร้อยเอ็ด: โรงเรียนจังหารฐิตวิริยาประชาสรรค์, 2556

ชัยยุทธ ศศิธร. **การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องวงจรไฟฟ้ากระแสตรง**. วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 2554.

ชาตรี สำราญ. **ครูและห้องเรียน ค.ศ. 2000**. กรุงเทพมหานคร : สำนักงานคณะกรรมการศึกษาแห่งชาติ, 2542.

นัฏฐกานต์ ดวงพร. **การเปรียบเทียบผลการเรียนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น และแบบสืบเสาะ สสวท. ที่มีต่อแนวความคิดเลือกเกี่ยวกับมโนมติฟิสิกส์: งานและพลังงานและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5**. วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 2549.

นันทิยา บุญเคลือบ. "การเรียนวิทยาศาสตร์ตามแนวคิด constructivism", **วารสารสถาบันส่งเสริมการเรียนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี**. 25(96): 13-14; มกราคม-มีนาคม, 2540.

วิจารณ์ ไชยกุล. **รายงานการวิจัยผลการใช้วิธีการสืบเสาะหาความรู้ตามโครงการ IN-STEP ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องไฟฟ้ากระแสตรง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนอำมาตย์พานิชนุกูล จังหวัดกระบี่**. กระบี่: โรงเรียนอำมาตย์พานิชนุกูล, 2551.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนยี. **การจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระวิทยาศาสตร์หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน**. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว, 2546.

สุภาพร พลพุทธา. **ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ตามวงจรการเรียนรู้แบบ 7E ในรายวิชาฟิสิกส์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5**. วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร, 2552.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

สุระ วุฒิพรหม. "การเปรียบเทียบรูปแบบการสอนระหว่างวีดีโอเทปกับการทดลองสาธิตเพื่อพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์ เรื่อง แรงลอยตัว", **วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้**. 4(1): 7-17; กรกฎาคม, 2556.

Barman, C. and Kotar, M. "The Learning Cycle". **Science and Children**. 26(7): 30-32; April, 1989.

Berdt, J.A. "The Effects of the Learning Cycle in Teaching Natural Resource Sciences in the Elementary School Classroom", **Dissertation Abstracts International**. 54(4): 4052-A; May, 1994.

Bransford, Brown and Cocking. "Master and Novice Secondary Science Teacher' Understandings and Use of The Leaning Cycle", **Dissertation Abstracts International**. 62(2): 484-A; August, 2000.

Eisenkraft,A. "Expanding the 5E model", **The Science Teacher**. 70(6): 56-59; Spring, 2003.

Ewers. Timothy Gorman. "Teacher-Directed Versus Learning Cycle Methods : Effects on Science Process Skills Mastery and Teacher Efficacy among Elementary Education Students", **Dissertation Abstracts International**. 62(7): 2387-A; January, 2002.

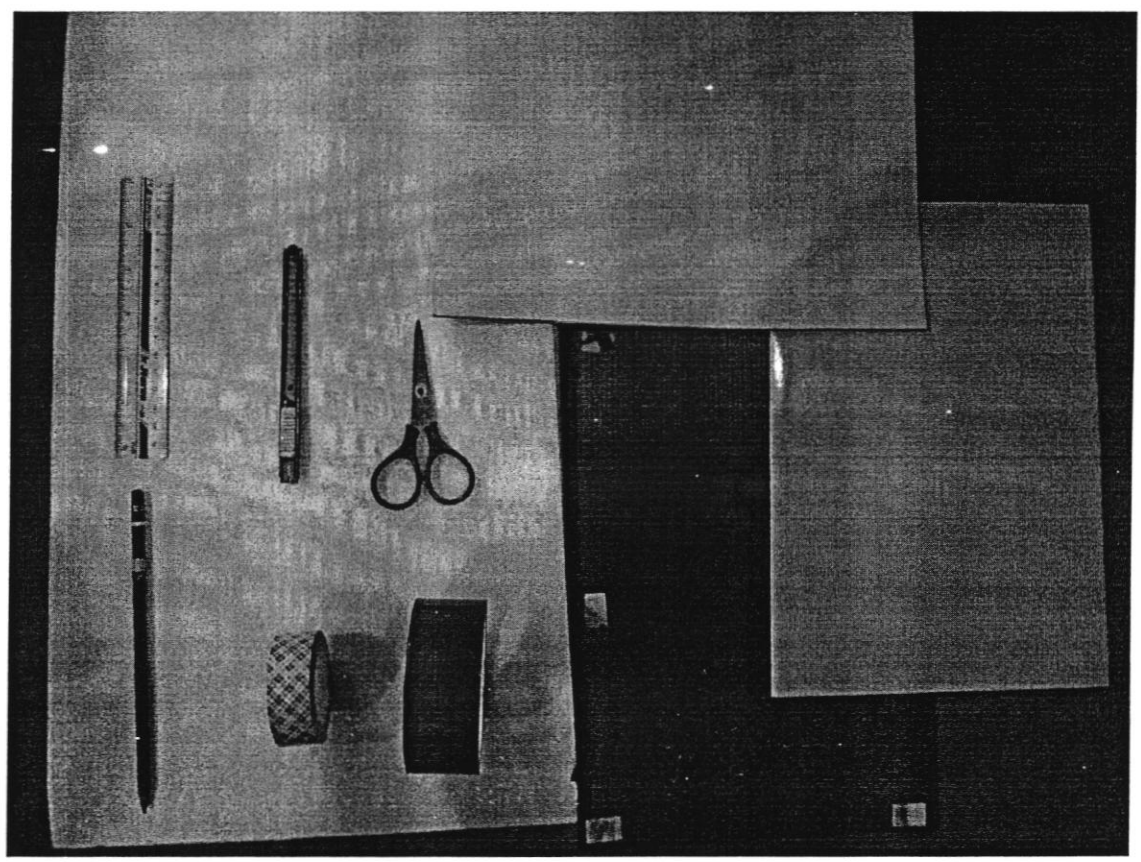
Richard R. Hake. "A study of the Relationship between Reflective writing and critical Thinking in Seventh Grade integrated Science tudent", **Masters Abstracts International**. 62(6): 2029; December, 1998.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
วัสดุอุปกรณ์และขั้นตอนการสร้างบอร์ดจำลอง

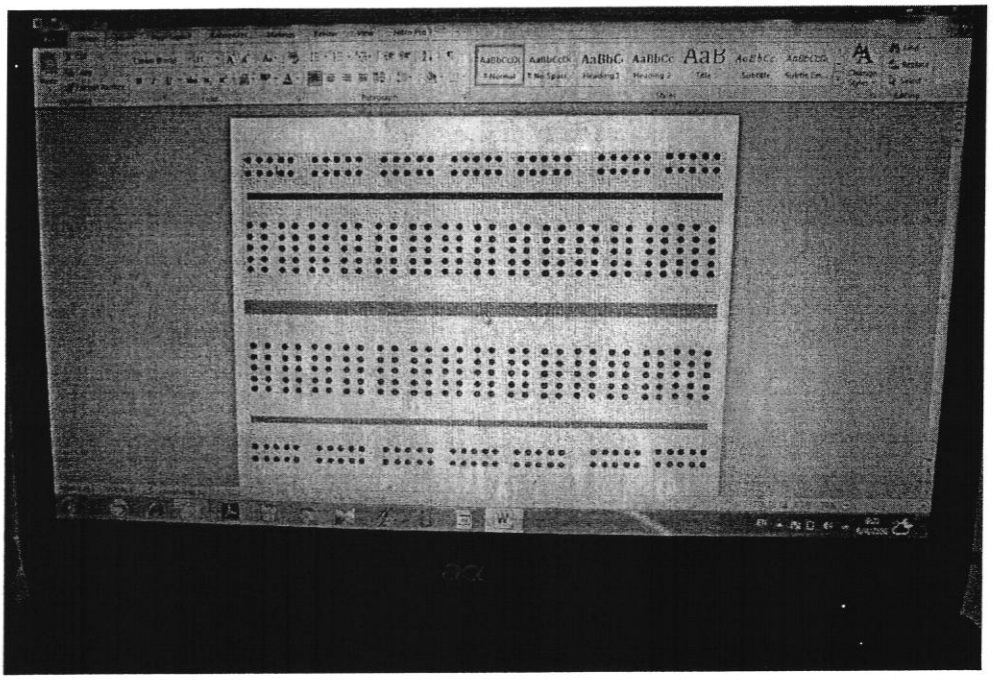
วัสดุอุปกรณ์การสร้างบอร์ดจำลอง

1. เตรียมวัสดุและอุปกรณ์ ดังต่อไปนี้
   1.1 แผ่นโฟมหนาประมาณครึ่งนิ้วประมาณ 1 แผ่น
   1.2 ฟิวเจอร์บอร์ด
   1.3 กระดาษ A4
   1.4 มีด /คัตเตอร์/ กรรไกร
   1.5 แผ่นสติ๊กเกอร์ใสขนาด A4
   1.6 แล็คซีน หนาประมาณนิ้วครึ่ง
   1.7 เทปกาว 2 หน้า
   1.8 ไม้บรรทัด
   1.9 ดินสอ



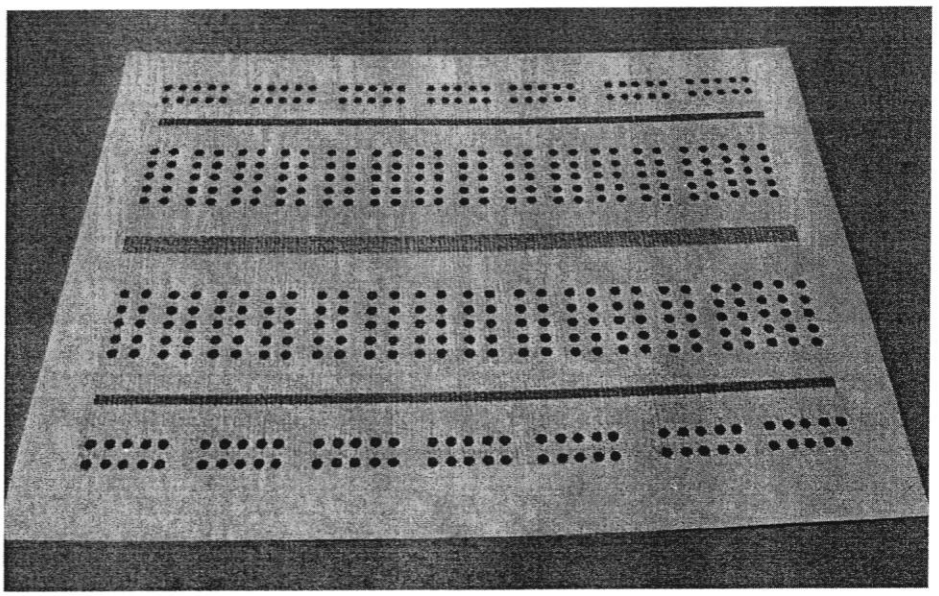
ภาพที่ ก.1 วัสดุอุปกรณ์การสร้างบอร์ดจำลอง

2. ออกแบบลักษณะและรูปแบบของบอร์ดจำลองบนคอมพิวเตอร์



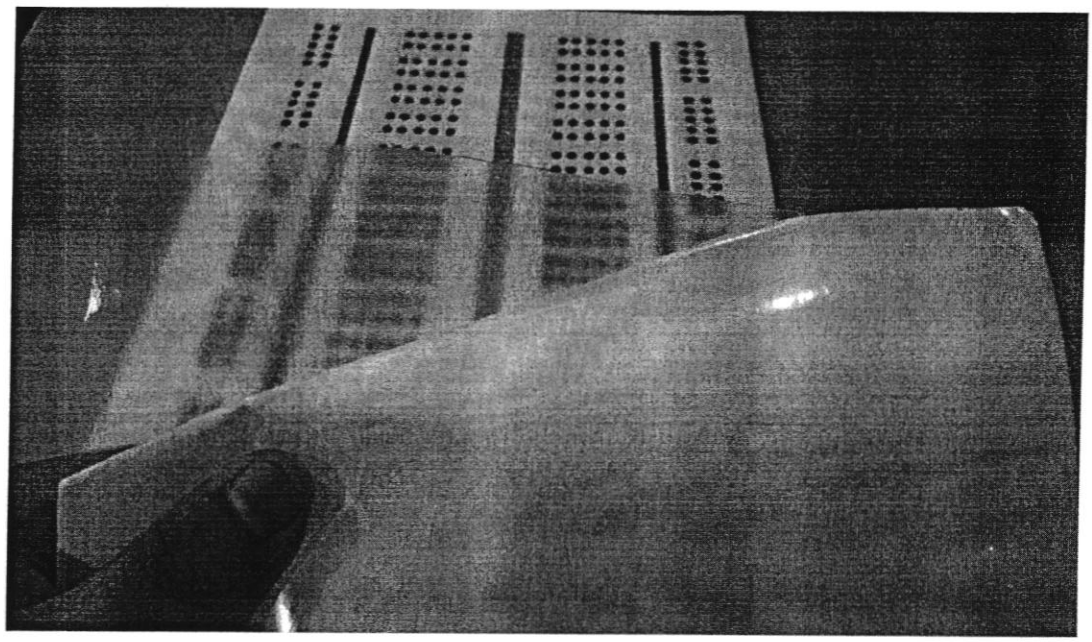
ภาพที่ ก.2 การออกแบบลักษณะและรูปแบบของบอร์ดจำลอง

3. พิมพ์รูปแบบของบอร์ดจำลองใส่กระดาษ A4 เพื่อเตรียมการจัดทำขั้นต่อไป



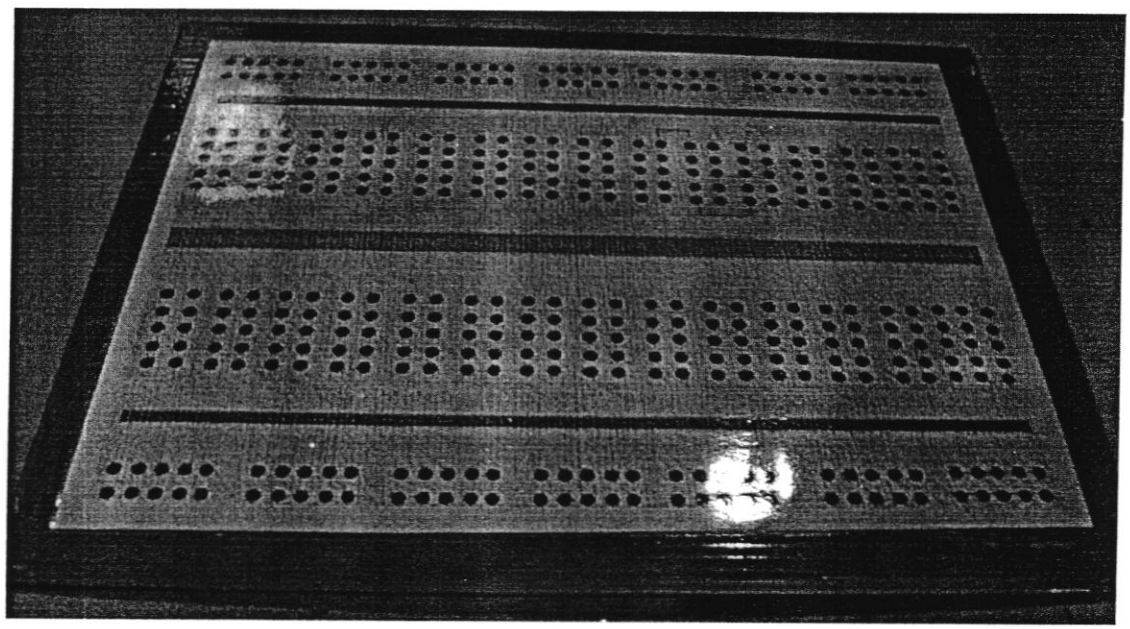
ภาพที่ ก.3 รูปแบบของบอร์ดจำลองบนกระดาษ A4

4. ใช้แผ่นสติ๊กเกอร์ใสติดทับกับแผ่นกระดาษ A4 เพื่อให้แผ่นบอร์ดจำลองมีความคงทนมากขึ้น ไม่เปียกหรือฉีกขาดได้ง่าย



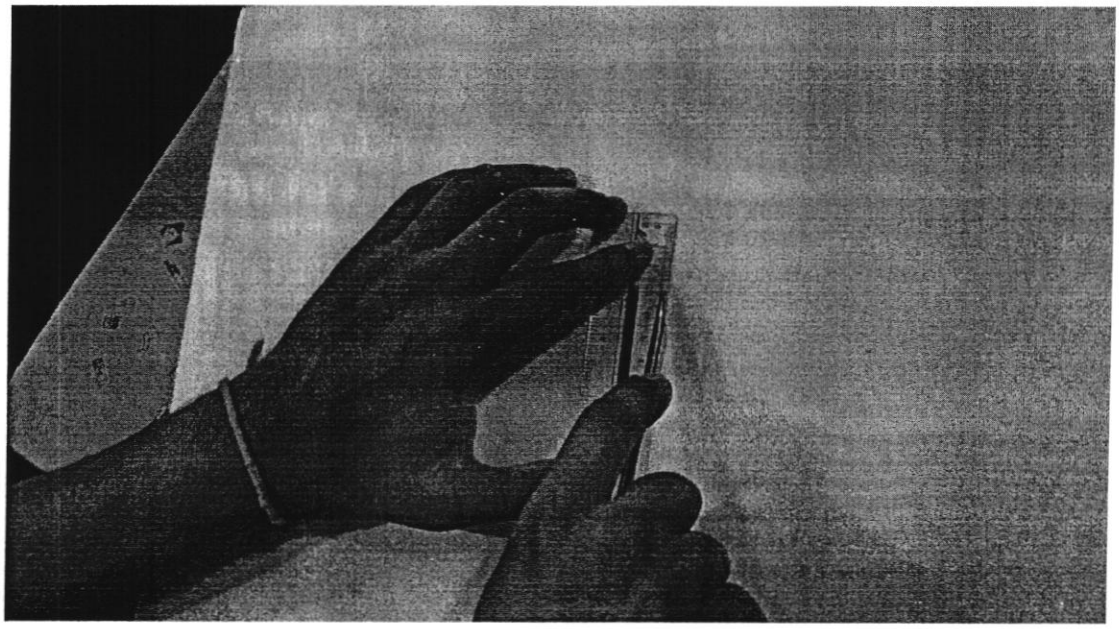
ภาพที่ ก.4 การติดสติ๊กเกอร์ใสบนแผ่นกระดาษ A4

5. จากนั้นนำไปติดเข้ากับแผ่นฟิวเจอร์บอร์ดจะได้ลักษณะดังรูปข้างล่างนี้



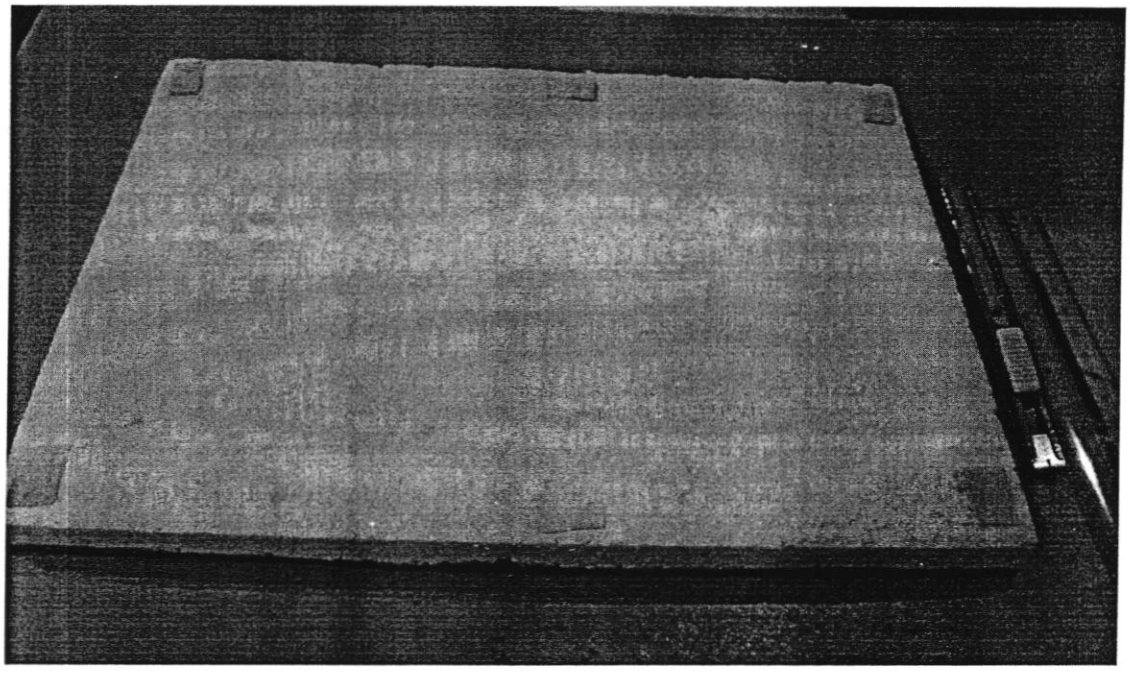
ภาพที่ ก.5 การติดแผ่นกระดาษบอร์ดจำลองบนฟิวเจอร์บอร์ด

6. ทำการวัดและตัดแผ่นโฟมให้มีขนาดเท่ากับกระดาษ A4



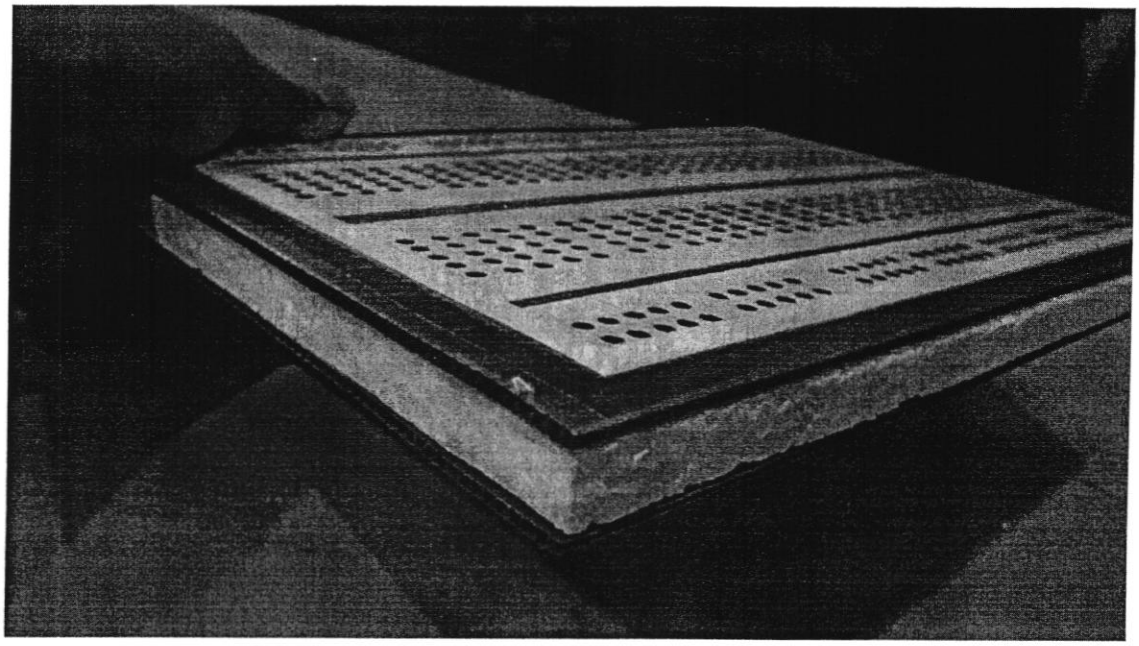
ภาพที่ ก.6 การวัดขนาดและตัดแผ่นโฟม

7. ได้แผ่นโฟมครึ่งนิ้วที่มีกระดาษเท่ากับกระดาษ A4



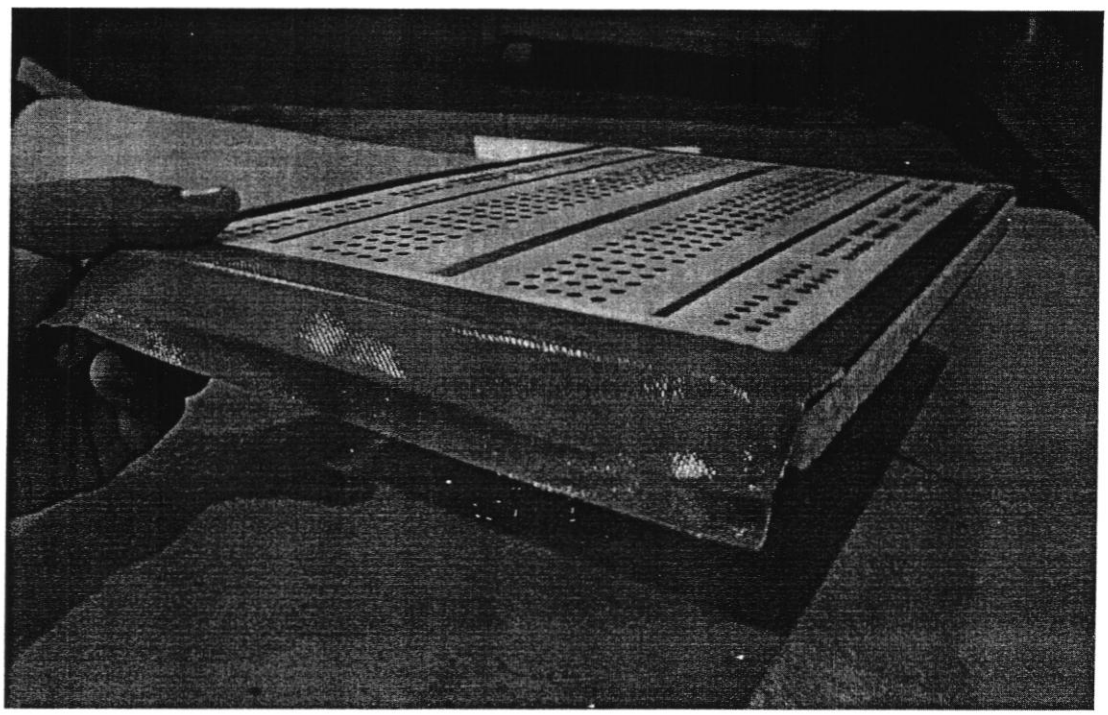
ภาพที่ ก.7 แผ่นโฟมที่มีขนาดเท่ากับกระดาษ A 4

8. ติดแผ่นฟิวเจอร์บอร์ดเข้ากับแผ่นโฟมทั้ง 2 ด้าน ด้วยเทปกาว 2 หน้า



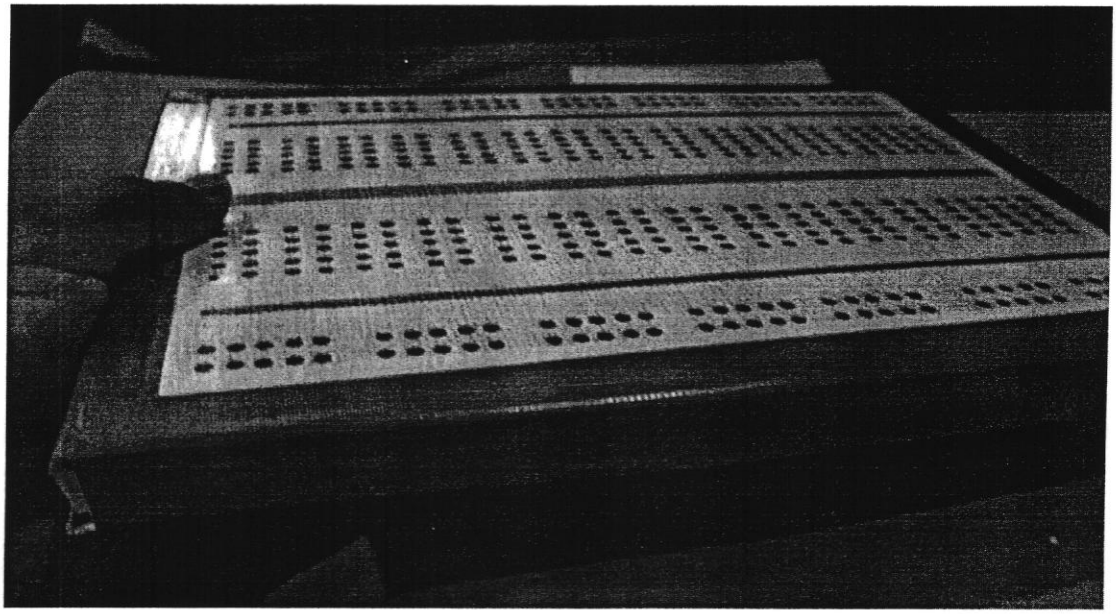
ภาพที่ ก.8 การติดแผ่นฟิวเจอร์บอร์ดกับแผ่นโฟม

9. ติดแล็คซีนเข้ากับขอบของแผ่นบอร์ดจำลอง



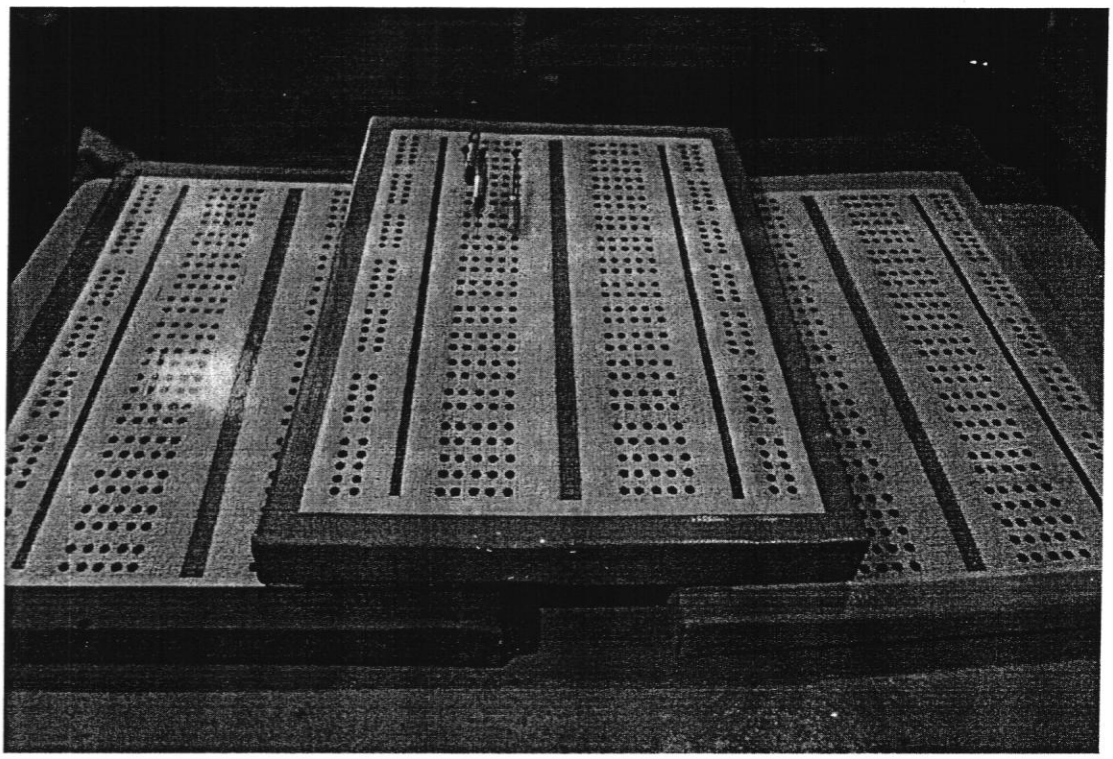
ภาพที่ ก.9 การติดแล็คซีนที่ขอบของบอร์ดจำลอง

10. เมื่อติดแล็คซีนครบทุกด้านของบอร์ดจะได้ลักษณะดังรูป



ภาพที่ ก.10 บอร์ดจำลองที่ติดแล็คซีนครบทุกด้าน

11. ภาพแสดงบอร์ดจำลองที่เสร็จสมบูรณ์



ภาพที่ ก.11 บอร์ดจำลองที่เสร็จสมบูรณ์พร้อมใช้งาน

ภาคผนวก ข
ตัวอย่างแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E)

ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E)

รายวิชาฟิสิกส์เพิ่มเติม 4 รหัสวิชา ว 30204 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนจังหารฐิตวิริยาประชาสรรค์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 1 สาระที่ 5 : งานและพลังงาน เรื่อง การต่อตัวต้านทานและวงจรไฟฟ้า เวลา 2.00 ชั่วโมง

มาตรฐาน ว 5.1 เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกับการดำรงชีวิต การเปลี่ยนแปลงพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสารและพลังงาน ผลของการใช้พลังงานต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ผู้สอนครูปัญญา วิฉันเภท

.....

ผลการเรียนรู้

1. สำรวจตรวจสอบ และทดลองเกี่ยวกับแรงเคลื่อนไฟฟ้า ความต่างศักย์และการต่อตัวต้านทาน
2. สำรวจตรวจสอบ และวิเคราะห์และทดลองเกี่ยวกับกฎของโอห์ม และความต้านทานไฟฟ้า
3. สำรวจตรวจสอบ วิเคราะห์และคำนวณเกี่ยวกับวงจรไฟฟ้ากระแสตรงเบื้องต้น

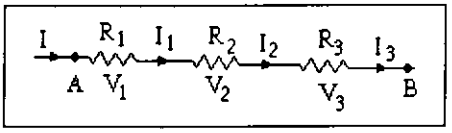
จุดประสงค์การเรียนรู้

1. บอกวิธีต่อตัวต้านทานแบบอนุกรมและแบบขนานได้
2. ทำการวัดกระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ในวงจรไฟฟ้าที่มีการต่อตัวต้านทานแบบอนุกรมและแบบขนานได้
3. สามารถสรุปเป็นกฎสำหรับหาความต้านทานรวมเมื่อต่อแบบอนุกรมและขนานได้
4. สามารถคำนวณหาค่าความต้านทานรวมของวงจรได้
5. อธิบายการต่อตัวต้านทานเพื่อเป็นตัวแบ่งศักย์ไฟฟ้าได้

เนื้อหา (รายละเอียดของเนื้อหา อยู่ในเอกสารประกอบการสอน)

การต่อตัวต้านทาน แบ่งออกเป็น 3 แบบ ดังนี้

1. **การต่อแบบอนุกรม** เป็นการนำเอาตัวต้านทานมาต่อกันตามยาว



ภาพที่ ข.1 การต่อตัวต้านทานแบบอนุกรม

จากรูปที่ 1 R_1 , R_2 , R_3 คือ ความต้านทานที่นำมาต่อแบบอนุกรม

V_1 , V_2 , V_3 คือ ความต่างศักย์ที่วัดได้บน R_1 , R_2 , R_3

I_1 , I_2 , I_3 กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R_1 , R_2 , R_3

ผลของการต่อตัวต้านทานแบบอนุกรม

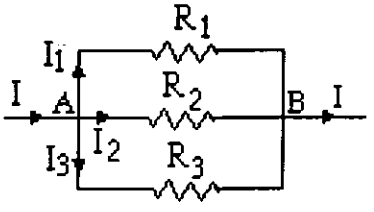
1. กระแสไฟฟ้า (I) ผ่านตัวต้านทานทุกตัวเท่ากัน ($I_{รวม}$ หรือ $I_{AB} = I_1 = I_2 = I_3$)

2. ความต่างศักย์ไฟฟ้ารวม = ผลรวมของความต่างศักย์ไฟฟ้าย่อย

นั่นคือ $V_{รวม}$ หรือ $V_{AB} = V_1 + V_2 + V_3$

3. $R_{รวม}$ หรือ $R_{AB} = R_1 + R_2 + R_3$ (1)

2. **การต่อแบบขนาน** เป็นการนำความต้านทานแต่ละตัวมาเรียงซ้อนกัน โดยจะไปรวมกันที่ปลายแต่ละข้าง ดังภาพที่ ข.2



ภาพที่ ข.2 การต่อตัวต้านทานแบบขนาน

จากรูปที่ 2 R_1 , R_2 , R_3 คือ ความต้านทานที่นำมาต่อแบบขนาน

I คือ กระแสรวมที่ไหลเข้า

V_{AB} คือ ความต่างศักย์รวม

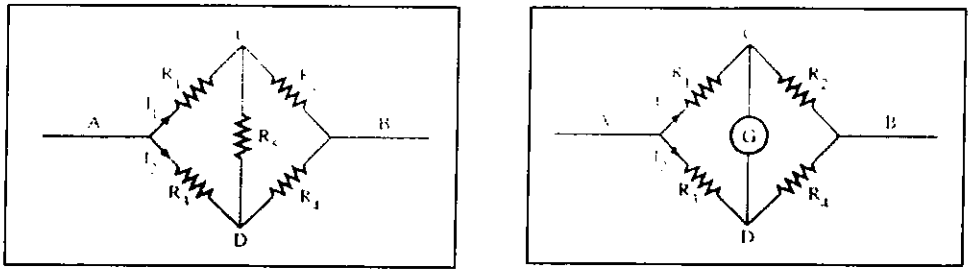
ผลของการต่อตัวต้านทานแบบขนาน

1. ความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวต้านทานแต่ละตัวเท่ากันเท่ากับความต่างศักย์ไฟฟ้ารวม ($V_{รวม} = V_{AB} = V_1 = V_2 = V_3$)

2. กระแสไฟฟ้าที่ผ่านทั้งหมด เท่ากับผลรวมของกระแสไฟฟ้าที่ผ่านตัวต้านทานแต่ละตัว ($I_{รวม} = I_{AB} = I_1 + I_2 + I_3$)

3. $$\frac{1}{R_{รวม}} = \frac{1}{R_{AB}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \qquad (2)$$

3. การต่อตัวต้านทานแบบผสม เป็นการต่อตัวต้านทานโดยนำตัวต้านทานมาต่อรวมกันทั้งแบบอนุกรมและแบบขนาน **วงจรวิตสโตนบริดจ์ (Wheatstone Bridge)** ประกอบด้วยความต้านทาน 5 ตัวหรือตัวต้านทาน 4 ตัว และมีกัลวานอมิเตอร์ 1 ตัวทำหน้าที่ วัดกระแสไฟฟ้าที่ผ่านดังภาพที่ ข.3



ภาพที่ ข.3 แสดงการต่อกัลวานอมิเตอร์บนวงจรบริดส์

ถ้าวงจรสมดุล จะไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน R_5

จะได้ความสัมพันธ์ $$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4} \qquad (3)$$

4. กฎของโอห์ม มีใจความว่า "เมื่ออุณหภูมิคงที่ ค่าของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวนำหนึ่งจะแปรผันตรงกับความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างปลายทั้งสองของตัวนำนั้น"

จะเขียนความสัมพันธ์ได้คือ $I \propto V$ ดังนั้น $I = kV$ (เมื่อ k เป็นค่าคงตัวของการแปรผัน)

หรือ $$\frac{V}{I} = \frac{1}{k} \quad \text{ถ้าให้} \quad \frac{1}{k} = R$$

จะได้ว่า $$\frac{V}{I} = R \qquad (4)$$

เมื่อ V เป็นความต่างศักย์ระหว่างปลายทั้งสองของตัวนำ หน่วยเป็นโวลต์ (V)

I เป็นกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน หน่วยเป็นแอมแปร์ (A)

R เป็นความต้านทานของลวดตัวนำ มีหน่วยเป็นโวลต์/แอมแปร์ (V/A) หรือโอห์ม (Ω)

นิยาม ความต้านทาน 1 โอห์ม คือ ความต้านทานของลวดตัวนำซึ่งเมื่อต่อปลายทั้งสองของตัวนำนั้นเข้ากับความต่างศักย์ 1 โวลต์ จะมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวนำได้ 1 แอมแปร์

การจัดกระบวนการเรียนรู้

1. ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม (Elicitation Phase)

1.1 ครูตรวจสอบความพร้อมและความรู้พื้นฐานเดิมของนักเรียน โดยให้ทำแบบทดสอบก่อนเรียน แล้วแจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้ให้นักเรียนทราบ

1.2 ครูพูดคุยซักถามนักเรียนเกี่ยวกับเรื่องความต้านทานหรือวงจรไฟฟ้า พร้อมตั้งประเด็นคำถาม เช่น

- นักเรียนรู้จักคำว่า "ความต้านทาน" หรือไม่
- ในชีวิตประจำวันของนักเรียนมีการใช้ไฟฟ้าในการทำกิจกรรมใดบ้าง
- คำว่าความต้านทานหรือวงจรที่เราพูดถึงกันอยู่บ่อยๆ นั้นมีความหมายว่าอย่างไร

2. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement Phase)

ครูทบทวนความรู้เรื่องการต่อตัวเก็บประจุ โดยถามนักเรียนว่า

2.1 การต่อตัวเก็บประจุมีกี่แบบ (2 แบบ) อะไรบ้าง (อนุกรมและขนาน)

2.2 การต่อแบบอนุกรมต่อแบบใด (นำปลายตัวเก็บประจุแต่ละตัวมาต่อกันไปเรื่อยๆ และนำปลายของตัวเก็บประจุตัวแรกและตัวสุดท้ายต่อกับเซลล์ไฟฟ้า)

2.3. การต่อแบบอนุกรมสามารถหาความจุไฟฟ้ารวมได้จาก ($\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$)

2.4. การต่อแบบขนานต่อแบบใด (นำปลายตัวเก็บประจุแต่ละตัวต่อกับเซลล์ไฟฟ้า แบบขนาน)

2.5 การต่อแบบขนานหาค่าความจุไฟฟ้ารวมได้จาก ($C = C_1 + C_2$)

การต่อตัวต้านทานก็เช่นเดียวกัน สามารถนำมาต่อกันได้ทั้งแบบอนุกรมและแบบขนานเรามาดูว่าการต่อแบบอนุกรมและแบบขนาน สามารถหาความต้านทานรวมได้อย่างไร เหมือนหรือต่างกันกับการหาความจุไฟฟ้ารวมอย่างไร

3. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration Phase)

3.1 ครูให้ความรู้นักเรียนเกี่ยวกับการต่อตัวต้านทาน จนได้ข้อสรุป ดังนี้

การต่อตัวต้านทานแบบอนุกรม ดังรูปที่ 1 จะได้ว่า

3.1.1 $I_{รวม}$ หรือ $I_{AB} = I_1 = I_2 = I_3$

3.1.2 $V_{รวม}$ หรือ $V_{AB} = V_1 + V_2 + V_3$

3.1.3 $R_{รวม}$ หรือ $R_{AB} = R_1 + R_2 + R_3$

3.2 การต่อตัวต้านทานแบบขนาน ดังรูปที่ 2 จะได้ว่า

3.2.1 $V_{รวม} = V_{AB} = V_1 = V_2 = V_3$

3.2.2 $I_{รวม} = I_{AB} = I_1 + I_2 + I_3$

3.2.3. $$\frac{1}{R_{รวม}} = \frac{1}{R_{AB}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

3.3 การต่อตัวต้านทานแบบผสม เป็นการต่อตัวต้านทานโดยนำตัวต้านทานมาต่อรวมกันทั้งแบบอนุกรมและแบบขนาน การหาค่าความต้านทานรวมให้แยกคิดความต้านทานรวมทีละส่วน จนเหลือเพียงการต่อแบบอนุกรมของความต้านทานรวมของ 2 ตัวต้านทานแล้วคิดค่าความต้านทานรวมตามวิธีในข้อ 1.2.3 และสามารถหาค่า V และ I ของตัวต้านทานแต่ละตัวได้โดยการคิดย้อนกลับ ทั้งนี้อาศัยกฎเกณฑ์ในข้อ 3.1 และ 3.2

3.4 ครูให้ความรู้เกี่ยวกับ วงจรวิตสโตนบริดจ์ (Wheatstone Bridge) ที่ประกอบด้วยความต้านทาน 5 ตัวหรือตัวต้านทาน 4 ตัว และมีแกลแวนอมิเตอร์ 1 ตัวทำหน้าที่ วัดกระแสไฟฟ้าที่ผ่านดังรูปที่ 3 และ 4 เมื่อวงจรสมดุล จะไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน R_5 จะได้ความสัมพันธ์ดังสมการ(3)

3.5 เพื่อให้นักเรียนเข้าใจการใช้สูตร เรื่อง การต่อตัวต้านทาน ครูยกตัวอย่าง ดังนี้

ตัวอย่างที่ 1 R_1 เท่ากับ 100 โอห์ม R_2 เท่ากับ 1000 โอห์ม เมื่อนำมาต่อแบบอนุกรมและแบบขนาน ความต้านทานรวมแต่ละกรณีมีค่าเท่าใด

วิธีทำ ต่อแบบอนุกรม $R = R_1 + R_2$

$$R = 100 + 1000$$

$$R = 1100\Omega$$

ต่อแบบขนาน $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \longrightarrow \frac{1}{R} = \frac{1}{100} + \frac{1}{1000}$

$$\frac{1}{R} = \frac{11}{1000}$$

$$R = \frac{1000}{11} = 90.9\Omega$$

ตอบ เมื่อนำมาต่อแบบอนุกรมได้ความต้านทานรวมเท่ากับ 1100 โอห์ม และเมื่อต่อแบบขนานจะได้ความต้านทานรวมเท่ากับ 90.9 โอห์ม

ตัวอย่างที่ 2 จากรูปความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างจุด A และจุด B มีค่าเท่าใด และเมื่อนำตัวต้านทาน 30 โอห์มต่อระหว่างจุด A และ B ความต่างศักย์ระหว่างจุด A และ B มีค่าเท่าใด

วิธีทำ **จากกฎของโอห์ม** $V = IR$ **จะได้** $I = \frac{V}{R}$

ทราบ $V = 12$ $R = 30 + 60 = 90\Omega$

จะได้ $I = \frac{12}{90} A$ และ $V_{AB} = IR_{AB}$

จะได้ $V_{AB} = \frac{12}{90} \times 60 =$ 8 โวลต์ **ตอบ**

เมื่อนำตัวต้านทาน 30 โอห์มต่อระหว่างจุด A และ B ขนานกับ R_{AB} จะได้ R_{AB} ใหม่

เป็น R'_{AB} โดยที่ $\frac{1}{R'_{AB}} = \frac{1}{60} + \frac{1}{30} = \frac{3}{60}$ $R'_{AB} = \frac{60}{3} = 20\Omega$

จากกฎของโอห์มจะได้กระแสรวมในวงจรเท่ากับ $I = \frac{V}{R}$

เมื่อ $R = 20 + 30 = 50\Omega$, $I = \frac{12}{50} A$

จะได้ $V_{AB} = IR_{AB}$ นั่นคือ $V_{AB} = \frac{12}{50} \times 20$ = 4.8 โวลต์ **ตอบ**

3.6 เพื่อให้นักเรียนเข้าใจการต่อวงจรไฟฟ้าครูให้นักเรียนลงมือปฏิบัติต่อวงจรตามโจทย์ตัวอย่างที่กำหนดให้ ในใบงานกิจกรรมเสริมทักษะโดยใช้บอร์ดจำลอง

4. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation Phase)

ครูสอบถามนักเรียนด้วยประเด็นต่างๆ ดังต่อไปนี้

4.1 การต่อตัวต้านทานมีกี่แบบ (2 แบบ คือ แบบอนุกรม และแบบขนาน)

4.2 แต่ละแบบหาความต้านทานรวมได้อย่างไร

(แบบอนุกรม $R = R_1 + R_2 + \ldots$,แบบขนาน $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \ldots$)

4.3 กระแสไฟฟ้าที่ผ่านตัวต้านทานที่ต่อแบบอนุกรมเป็นอย่างไร (เท่ากันและเท่ากับกระแสไฟฟ้าในวงจร $I = I_1 = I_2 = \ldots$)

4.4 ความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวต้านทานที่ต่อแบบอนุกรมเป็นอย่างไร (ผลบวกของความต่างศักย์ย่อยของตัวต้านทานแต่ละตัวเท่ากับความต่างศักย์ของวงจร $V = V_1 + V_2 + ...$)

4.5 กระแสไฟฟ้าที่ผ่านตัวต้านทานที่ต่อแบบขนานเป็นอย่างไร (กระแสไฟฟ้ารวมในวงจรเท่ากับผลบวกของกระแสไฟฟ้าย่อยที่ไหลผ่านตัวต้านทานแต่ละตัว $I = I_1 + I_2 + ...$)

4.6 ความต่างศักย์ไฟฟ้าของวงจรที่ต่อแบบขนานเป็นอย่างไร

4.7 การหาความต้านทานรวมเหมือนกันหรือต่างกันกับการหาความจุไฟฟ้ารวมเมื่อนำมาต่อแบบอนุกรมและแบบขนาน (ต่างกัน)

4.8 การต่อตัวต้านทานแบบอนุกรมสามารถนำไปใช้ประโยชน์อะไรได้บ้าง (ใช้เป็นตัวแบ่งศักย์ไฟฟ้า)

4.9 เพราะอะไร (เพราะว่า การต่อแบบอนุกรมศักย์ไฟฟ้ารวมของวงจร เท่ากับ ผลรวมของศักย์ไฟฟ้าระหว่างปลายของตัวต้านทานแต่ละตัว)

4.10 การต่อตัวต้านทานแบบขนานสามารถนำไปใช้ประโยชน์อะไรได้บ้าง (ใช้เป็นตัวแบ่งระแสไฟฟ้า)

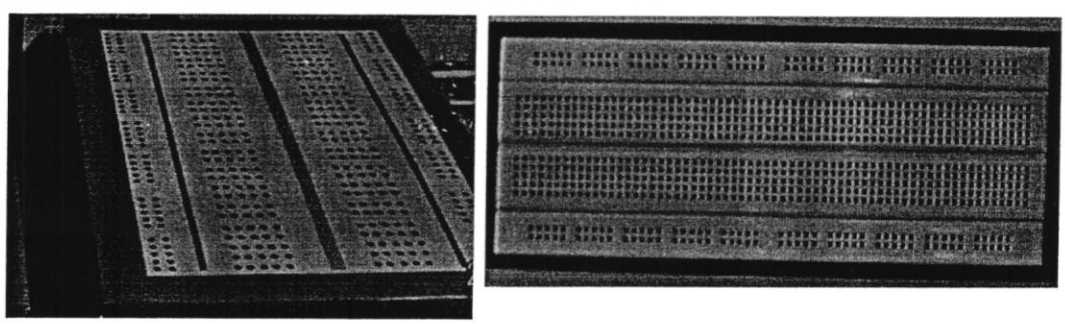
4.11 เพราะอะไร (เพราะว่าการต่อแบบขนานกระแสไฟฟ้ารวมของวงจร เท่ากับ ผลรวมของระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานแต่ละตัว)

4.12 ต่อตัวต้านทานแบบใดให้ความต้านทานรวมมีค่ามากกว่า (แบบอนุกรม) ครูมอบหมายให้นักเรียนทำแบบฝึกเสริมประสบการณ์ข้อที่เหลือและบอกให้นักเรียน ไปศึกษาเรื่อง การต่อเซลล์ไฟฟ้า ซึ่งจะเรียนในชั่วโมงต่อไปล่วงหน้า

5. ขั้นขยายความคิด (Expansion Phase/Elaboration Phase)

5.1 ครูให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับเรื่อง ชนิดของตัวต้านทานเพิ่มเติม ว่ามีกี่แบบที่ใช้ในชีวิตประจำวันและสามารถพบอุปกรณ์เหล่านี้ได้จากที่ใดบ้าง

5.2 ครูให้นักเรียนจับและสังเกตความเหมือน และความแตกต่างระหว่างบอร์ดจริงกับบอร์ดจำลองว่ามีลักษณะเป็นอย่างไร



ภาพที่ ข.4 บอร์ดจำลองและบอร์ดจริง

5.3 ครูมอบหมายให้นักเรียนไปศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมจากแหล่งการเรียนรู้อื่นๆ เช่น หนังสือวารสาร ห้องสมุด อินเตอร์เน็ต ให้เพื่อนๆ ได้ทราบและนำมาแลกเปลี่ยนเรียนรู้กันในชั่วโมงพักกลางวัน

6. ขั้นประเมินผล (Evaluation Phase)

6.1 ครูให้นักเรียนแต่ละคนพิจารณาว่าจากหัวข้อที่เรียนมาและการปฏิบัติ กิจกรรม มีจุดใดบ้างที่ยังไม่เข้าใจหรือยังมีข้อสงสัย ถ้ามีครูช่วยอธิบายเพิ่มเติมให้นักเรียนเข้าใจ

6.2 นักเรียนร่วมกันประเมินการปฏิบัติกิจกรรมการทดลองว่ามีปัญหาหรืออุปสรรคใดและได้มีการแก้ไขอย่างไรบ้าง

6.3 ครูทดสอบความเข้าใจของนักเรียน โดยการให้ตอบคาถามลงในสมุดบันทึกกิจกรรม ดังนี้

- ตัวต้านทานคืออะไร คืออะไร นักเรียนใช้แรงทากิจกรรมใดบ้าง ยกตัวอย่างประกอบ
- กฎของโอห์มมีว่าอย่างไร
- การต่อตัวต้านทานหลักๆมีกี่แบบ อะไรบ้าง

7. ขั้นนำความรู้ไปใช้ (Extension Phase)

7.1 ให้นักเรียนกลับไปตรวจสอบอุปกรณ์ไฟฟ้าหรืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่บ้านของนักเรียนเองว่ามีอุปกรณ์ใดบ้านมีตัวต้านทานต่ออยู่ในวงจรนั้นด้วย

7.2 ให้นักเรียนพิจารณาว่าอุปกรณ์ไฟฟ้าที่บ้านของนักเรียนมีการต่อวงจรเป็นแบบอนุกรมหรือแบบขนาน พร้อมทั้งอธิบายเหตุผลว่าทำไมต้องต่อแบบนั้น

8. สื่อและแหล่งเรียนรู้

1. เอกสารประกอบการสอน
2. หนังสือเรียนวิชาฟิสิกส์ เล่ม 4 ของ สสวท.
3. ตัวต้านทาน, ชุดวงจรการต่อตัวต้านทานแบบอนุกรมและแบบขนาน
4. บอร์ดจำลองและโปรเจคบอร์ดจริง
5. อินเตอร์เน็ต

ตารางที่ ข.1 การวัดและประเมินผลจากแผน

การวัดผลประเมินผลด้าน	วิธีการวัด	เครื่องมือวัด	เกณฑ์การผ่าน
1. ด้านความรู้ความเข้าใจ	การสรุปความคิดรวบยอด/กิจกรรม	แบบสรุปความคิดรวบยอดใบงาน/กิจกรรม	ทำถูกต้องร้อยละ 70 ขึ้นไป
2. ทักษะกระบวนการ	สังเกตจากการปฏิบัติกิจกรรมในชั้นเรียน	แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงาน	ได้คะแนนในระดับ 2 ขึ้นไป
3. คุณลักษณะที่พึงประสงค์	การสังเกตมความสนใจและตั้งใจเรียน	แบบสังเกตความสนใจและตั้งใจเรียน	ได้คะแนนในระดับ 2 ขึ้นไป

กิจกรรมเสนอแนะ

.....

.....

ความคิดเห็นของผู้บังคับบัญชา

ความเห็นหัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์	ความเห็นหัวหน้ากลุ่มบริหารวิชาการ	ความเห็นรองผู้อำนวยการกลุ่มบริหารวิชาการ
.....	.....	.....
.....	.....	.....
ลงชื่อ.....	ลงชื่อ.....	ลงชื่อ.....
(นางนิตราพันธ์ สีหากุล)	(นายอาภา จันทร์มลฑล)	(นายพิชาติ พลหาญ)

ความเห็นของผู้บริหารโรงเรียน

.....

ลงชื่อ

(นายแสงศิลป์ วิไลลักษณ์)

ผู้อำนวยการโรงเรียนจังหารตวิริยาประชาสรรค์

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

กิจกรรมเสริมทักษะ

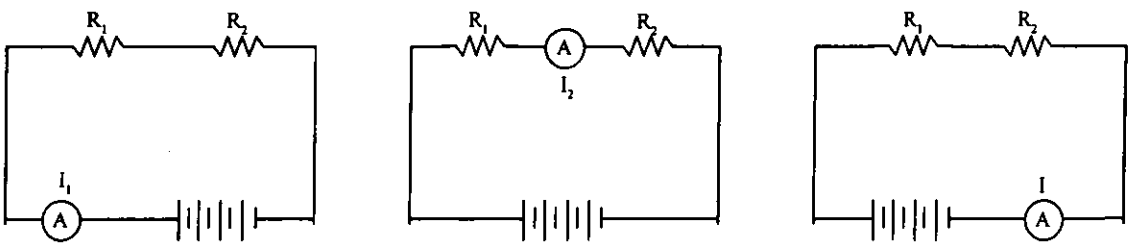
การทดลอง กระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ไฟฟ้าของตัวต้านทานที่ต่อกันแบบอนุกรมและแบบขนาน

จุดประสงค์ เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของ

1. กระแสไฟฟ้าในวงจรกับกระแสไฟฟ้าที่ผ่านตัวต้านทานแต่ละตัวเมื่อตัวต้านทานต่อกันแบบอนุกรม
2. ความต่างศักย์ไฟฟ้าที่คร่อมปลายทั้งสองของตัวต้านทานแต่ละตัวกับความต่างศักย์ไฟฟ้าที่คร่อมปลายทั้งสองของตัวต้านทานทั้งสองที่ต่อกันแบบอนุกรม
3. กระแสไฟฟ้าในวงจรกับกระแสไฟฟ้าที่ผ่านตัวต้านทานแต่ละตัวเมื่อต่อกันแบบขนาน
4. ความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างปลายทั้งสองของตัวต้านทานแต่ละตัวกับความต่างศักย์ ไฟฟ้าระหว่างปลายทั้งสองของตัวต้านทานที่ต่อกันแบบขนาน

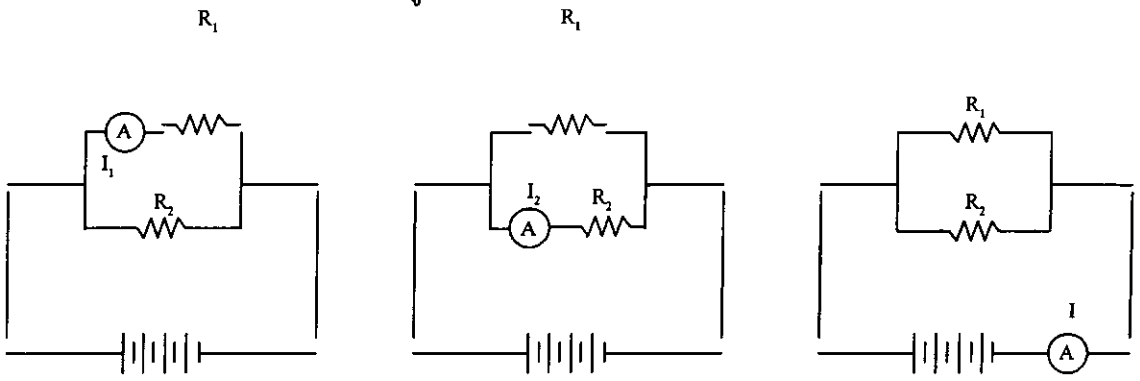
วิธีทดลอง **ตอนที่1**

1. ใช้ตัวต้านทาน 2 ตัว คือ R_1 และ R_2 100 โอห์ม 200 โอห์ม ตามลำดับ ต่อกันแบบอนุกรมในวงจรไฟฟ้าและต่อแอมมิเตอร์ A ณ ตำแหน่ง แอมมิเตอร์ ดังรูป ก. ข. และ ค. อ่านและบันทึกค่ากระแสไฟฟ้าจากแอมมิเตอร์ A ซึ่งใช้สเกลสูงสุด 100 มิลลิแอมแปร์ (mA)ที่ผ่านตัวต้านทาน R_1 R_2 และแบตเตอรี่



ก. ข. ค.

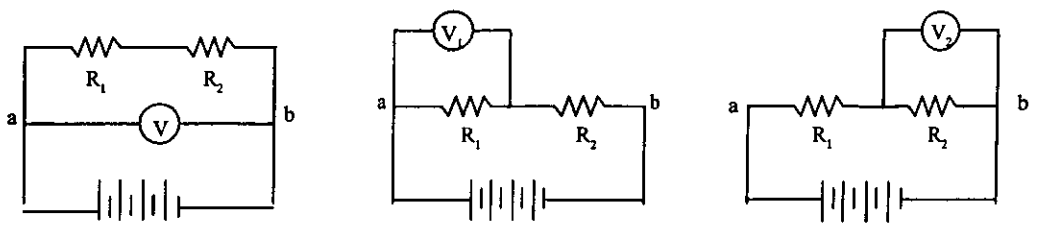
2. นำตัวต้านทาน R_1 และ R_2 มาต่อกันแบบขนานในวงจรไฟฟ้า แล้วเปลี่ยนตำแหน่งแอมมิเตอร์ A เพื่อวัดกระแสไฟฟ้า i_1 i_2 และ I ที่ผ่านตัวต้านทาน R_1 R_2 และแบตเตอรี่ ดังรูป ก. ข. และ ค.



ก. ข. ค.

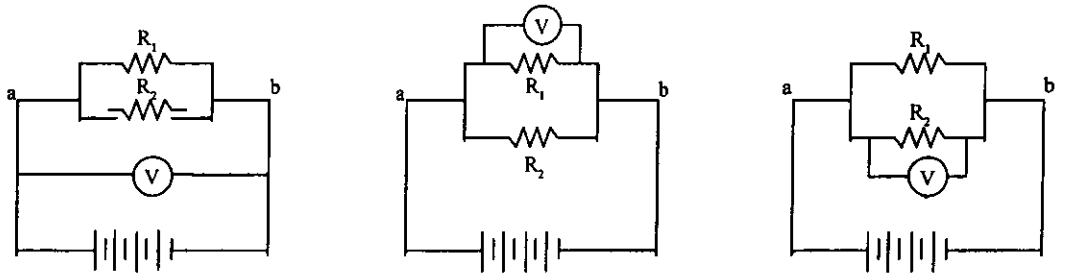
ตอนที่ 2

1. นำตัวต้านทาน R_1 R_2 ในตอนที่ 1 มาต่อแบบอนุกรมในวงจรไฟฟ้า และต่อโวลต์มิเตอร์ V ณ ตำแหน่งดังรูป ก. อ่านและบันทึกค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า V_{ab} V_1 และ V_2 ดังรูป ก. ข. และ ค.



ก. ข. ค.

2. นำตัวต้านทาน R_1 และ R_2 มาต่อแบบขนานในวงจรไฟฟ้า แล้วเปลี่ยนตำแหน่งของโวลต์มิเตอร์ V เพื่อวัด V_{ab} V_1 และ V_2 ดังรูป ก. ข. และ ค.



ก. ข. ค.

ผลการทดลอง

ความต้านทาน (Ω)	กระแสไฟฟ้า (mA)		ความต่างศักย์ (V)	
	ต่ออนุกรม	ต่อขนาน	ต่ออนุกรม	ต่อขนาน
R_1				
R_2				
$R_{รวม}$				

สรุปผลการทดลอง

.....

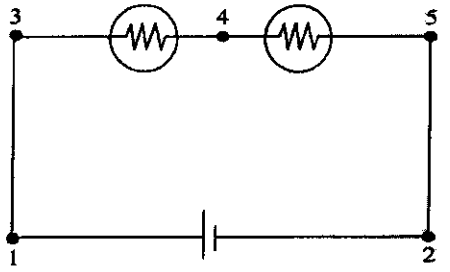
.....

.....

ภาคผนวก ค
ตัวอย่างข้อสอบ DIRECT version

ข้อสอบ Direct Current Version 1.2

ข้อ 1. จงเรียงขนาดของความต่างศักย์ระหว่างจุดที่ 1 และ 2, 3 และ 4, 4 และ 5 ดังรูปวงจรที่แสดงข้างล่างนี้ จากมากไปน้อย



(a) 1 และ 2, 3 และ 4, 4 และ 5

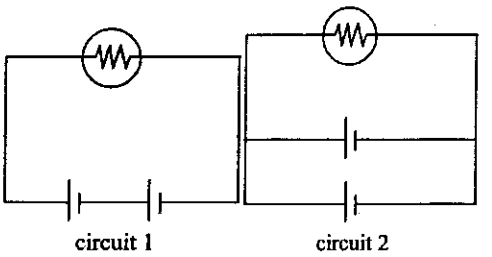
(b) 1 และ 2, 4 และ 5, 3 และ 4

(c) 3 และ 4, 4 และ 5, 1 และ 2

(d) 3 และ 4 = 4 และ 5, 1 และ 2

(e) 1 และ 2, 3 และ 4 = 4 และ 5

ข้อ 2. จงเปรียบเทียบความสว่างของหลอดไฟ ในวงจรที่ 1 และ วงจรที่ 2 ว่าหลอดใดจะสว่างมากกว่า



(a) หลอดไฟในวงจรที่ 1 เพราะแบตเตอรี่ 2 ตัว ต่ออนุกรมกัน ให้โวลต์เตจ น้อยกว่า

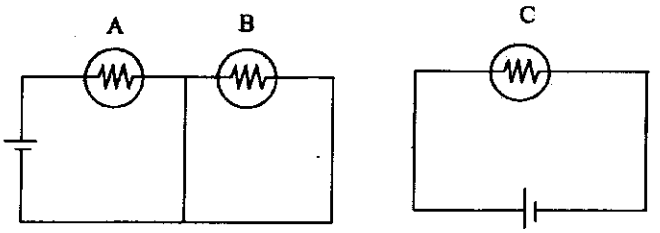
(b) หลอดไฟในวงจรที่ 1 เพราะแบตเตอรี่ 2 ตัว ต่ออนุกรมกัน ให้โวลต์เตจ มากกว่า

(c) หลอดไฟในวงจรที่ 2 เพราะแบตเตอรี่ 2 ตัว ต่อขนานกัน ให้โวลต์เตจ น้อยกว่า

(d) หลอดไฟในวงจรที่ 2 เพราะแบตเตอรี่ 2 ตัว ต่อขนานกัน ให้โวลต์เตจ มากกว่า

(e) ไม่มีข้อใดถูก เพราะทั้งสองมีความสว่างเท่ากัน

ข้อ 3. จงเปรียบเทียบความสว่างของหลอดไฟ A, B และ C ของวงจรต่อไปนี้ หลอดใดจะมีความสว่างมากที่สุด



(a) หลอด A

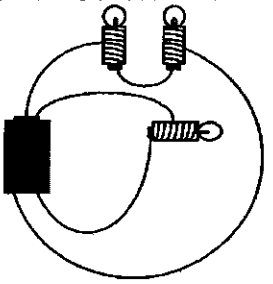
(b) หลอด B

(c) หลอด C

(d) หลอด A = B

(e) หลอด A = C

ข้อ 4. จากรูปภาพไดอะแกรมที่แสดงนี้ ตรงกับวงจรไฟฟ้าใด



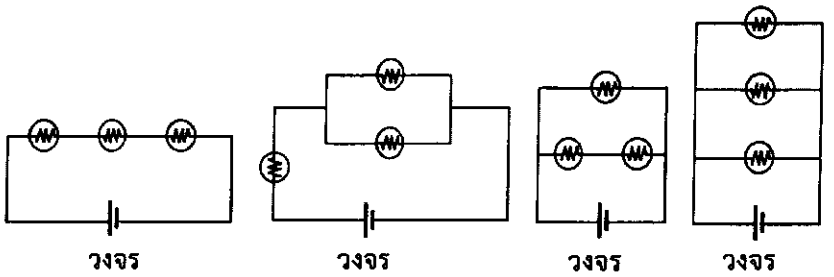
(a) วงจร 1

(b) วงจร 2

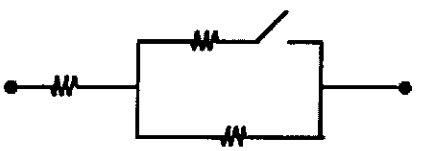
(c) วงจร 3

(d) วงจร 4

(e) ไม่มีคำตอบที่ถูกต้อง



ข้อ 5. ค่าความต้านทานระหว่างจุดปลายทั้งสองจะเปลี่ยนเป็นเท่าใด เมื่อสับสวิตช์ของวงจร



(a) เพิ่มขึ้นเป็น R

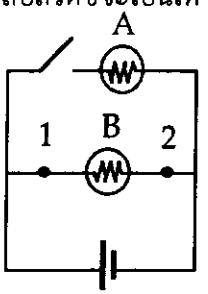
(b) เพิ่มขึ้นเป็น R/2

(c) ยังคงเท่าเดิม

(d) ลดลงเป็น R/2

(e) ลดลงเป็น R

ข้อ 6. ค่าความต่างศักย์ระหว่างจุดที่ 1 และ 2 หลังสับสวิตช์จะเป็นเท่าใด



(a) เพิ่มเป็น 4 เท่า

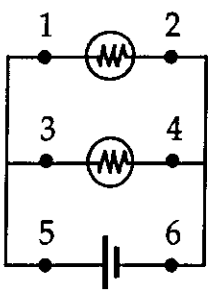
(b) เพิ่มเป็น 2 เท่า

(c) ยังคงเท่าเดิม

(d) ลดลงเป็น ½ เท่า

(e) ลดลงเป็น ¼ เท่า

ข้อ 7. จงเรียงลำดับค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านจุดที่ 1, 2, 3, 4, 5 และ 6 จากสูงสุดไปต่ำสุด



(a) 5, 3, 1, 2, 4, 6

(b) 5, 3, 1, 4, 2, 6

(c) 5=6, 3=4, 1=2

(d) 5=6, 1=2, 3=4

(e) 1=2=3=4=5=6

ข้อ 8. ค่าความสว่างของหลอดไฟ A และ B จะเป็นอย่างไร ถ้าเชื่อมเส้นลวดต่อระหว่างจุดที่ 1 และ 2

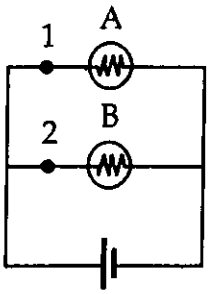
(a) เพิ่มขึ้นทั้งสองหลอด

(b) ลดลงทั้งสองหลอด

(c) สว่างเท่าเดิม

(d) หลอด A สว่างมากกว่าหลอด B

(e) ไม่มีหลอดไฟสว่าง



ข้อ 9. ทันทีที่หลังจากกดสวิตช์ให้วงจรเปิด ค่าความต้านทานของหลอดไฟจะเป็นอย่างไร

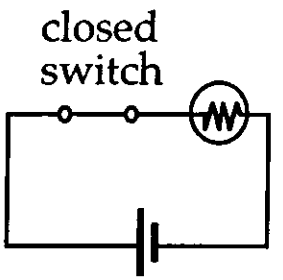
(a) ค่าความต้านทานจะเป็นอนันต์

(b) ค่าความต้านทานจะเพิ่มขึ้น

(c) ค่าความต้านทานจะลดลง

(d) ค่าความต้านทานยังคงเหมือนเดิม

(e) ค่าความต้านทานจะเป็นศูนย์



ข้อ 10. ถ้าเพิ่มค่าความต้านทาน C เข้าไปในวงจร ค่าความสว่างของหลอดไฟ A และ B จะเป็นอย่างไร

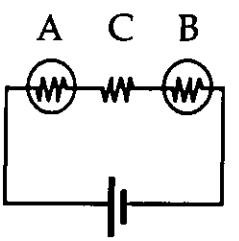
(a) หลอด A เท่าเดิม, หลอด B สว่างน้อยลง

(b) หลอด A สว่างน้อยลง, หลอด B เท่าเดิม

(c) หลอด A และ B สว่างมากขึ้น

(d) หลอด A และ B สว่างน้อยลง

(e) หลอด A และ B สว่างเท่าเดิม



ข้อ 11. จากรูปค่าความต่างศักย์ระหว่างจุด A และ B จะเป็นเท่าใด

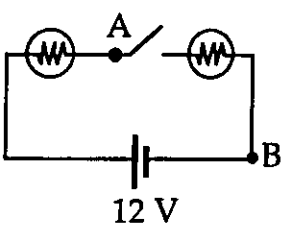
(a) 0 V

(b) 3 V

(c) 6 V

(d) 12 V

(e) ไม่มีคำตอบที่ถูกต้อง



ข้อ 12. ค่าความสว่างของหลอดไฟ A และ B จะเป็นเท่าใดเมื่อสับสวิตช์

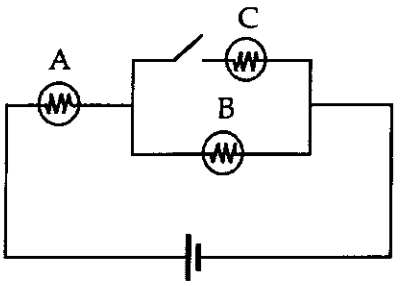
(a) หลอด A เท่าเดิม, หลอด B สว่างน้อยลง

(b) หลอด A สว่างมากขึ้น, หลอด B สว่างน้อยลง

(c) หลอด A และ B สว่างมากขึ้น

(d) หลอด A และ B สว่างน้อยลง

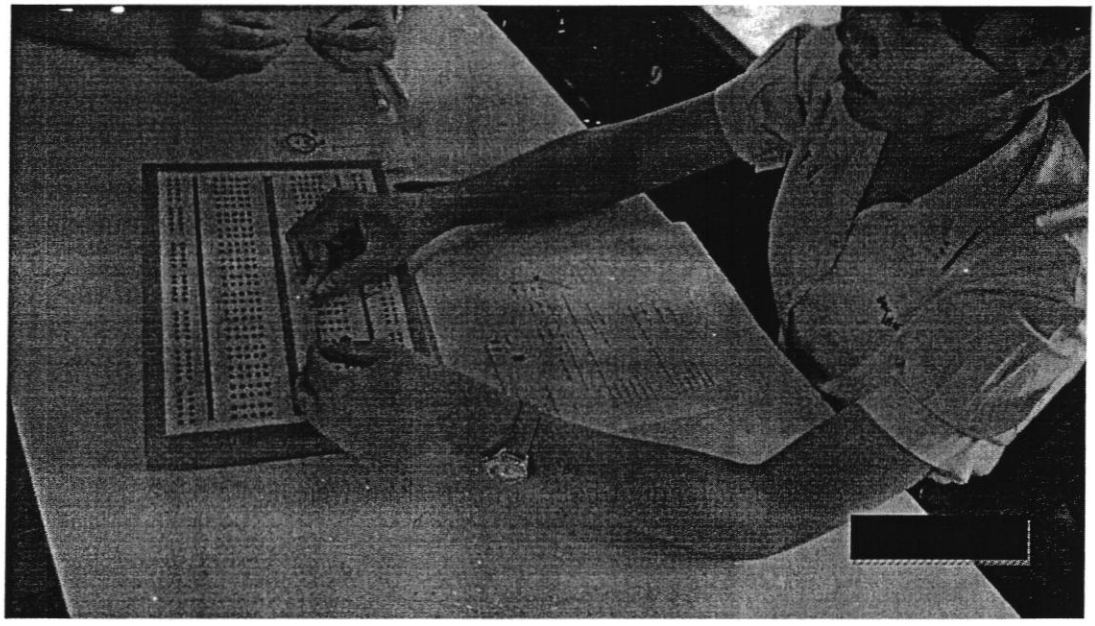
(e) หลอด A และ B สว่างเท่าเดิม



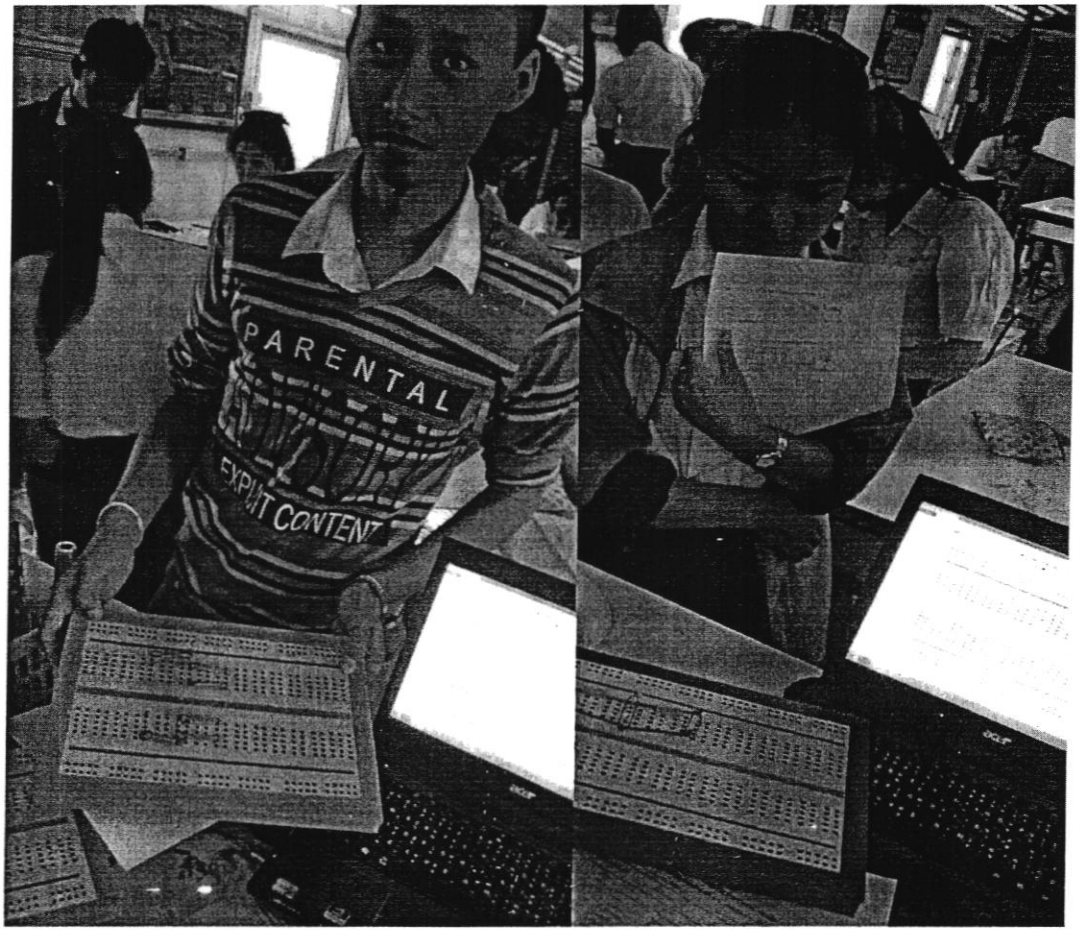
ภาคผนวก ง
ตัวอย่างภาพประกอบการทำกิจกรรม

การทดสอบบอร์ดจำลองและบอร์ดจริง

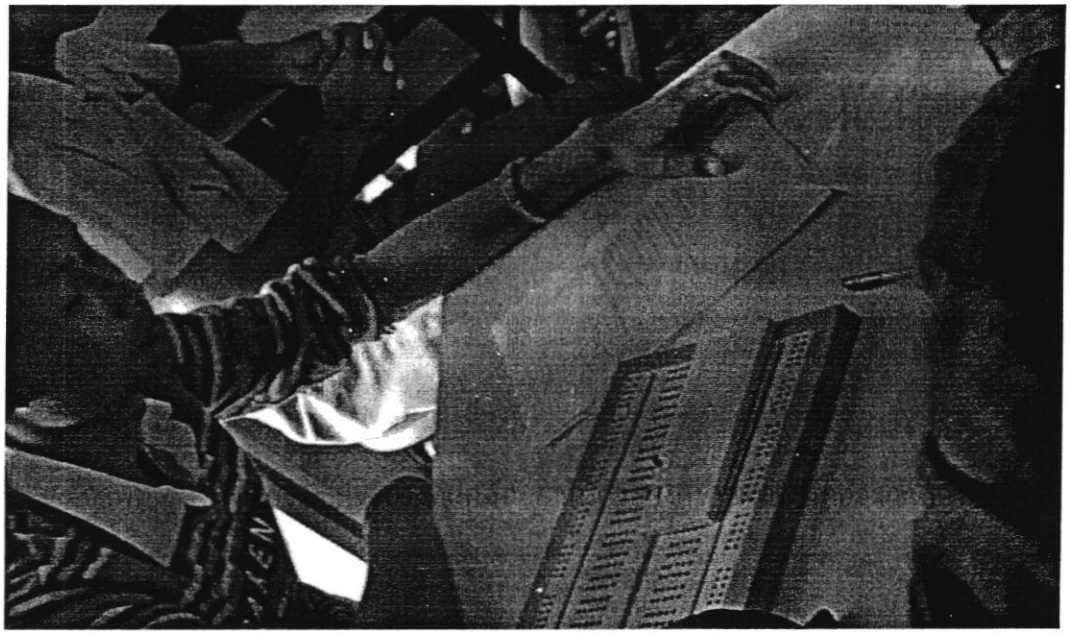
ภาพที่ ง.1 ครูสอนและอธิบายการใช้บอร์ด



ภาพที่ ง.2 นักเรียนฝึกซ้อมการต่อบอร์ดจำลองด้วยตนเองทุกคน

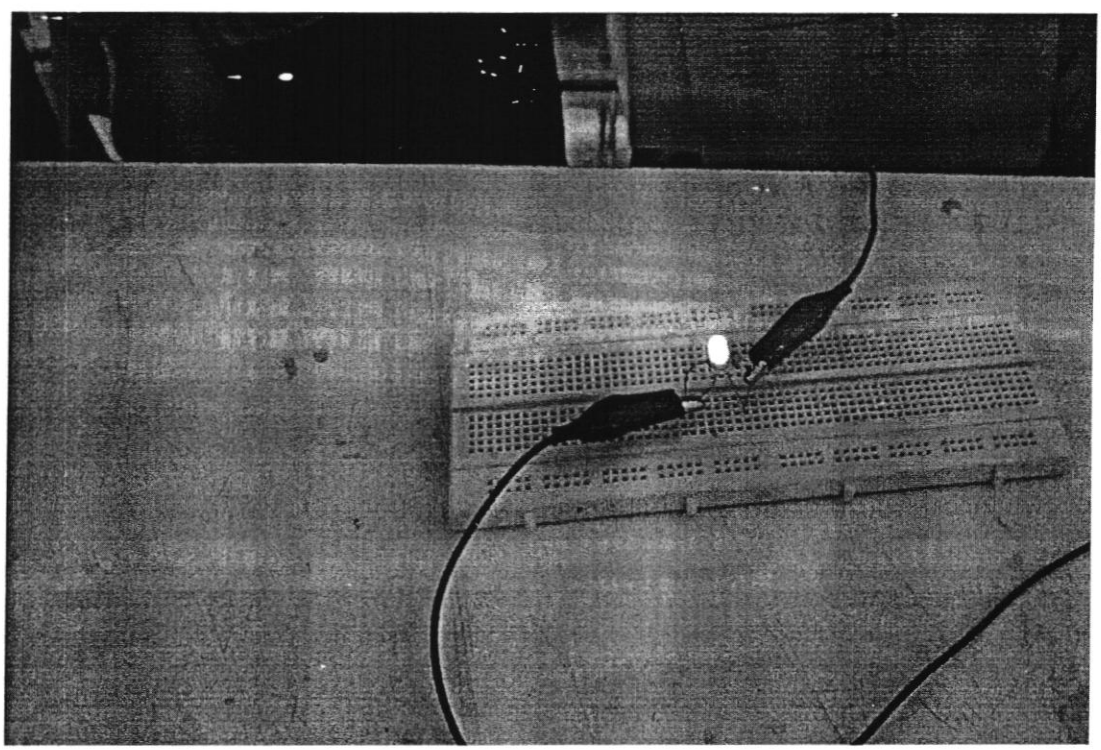


ภาพที่ ง.3 นักเรียนนำตัวอย่างที่ฝึกซ้อมมาให้ครูลองตรวจผลการต่อว่าถูกต้องหรือไม่



ภาพที่ ง.4 นักเรียนวิเคราะห์ความเมือนหรือต่างระหว่างบอร์ดจริงกับบอร์ดจำลอง

ภาพที่ ง.5 นักต่อวงจรจากบอร์ดจริงจากข้อสอบแล้วนำมาทดสอบกับแหล่งจ่ายไฟฟ้า



ภาพที่ ง.6 หลอดไฟ หรือ LED สว่างแสดงว่านักเรียนต่อวงจรได้ถูกต้อง

ภาคผนวก จ
ผลตารางคะแนนเพิ่มเติม

ตารางที่ จ.1 ตัวอย่างแบบประเมินทักษะการต่อวงจร

ลำดับที่	ข้อ 1	ข้อ 2	ข้อ 3	ข้อ 4	ข้อ 5	ข้อ 6	ข้อ 7	ข้อ 8	ข้อ 9	ข้อ 10	ข้อ 11	ข้อ 12	รวม (12)
1													
2													
3													
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													
11													
12													
13													
14													
15													
16													
17													
18													
19													
20													
21													
22													
23													
24													
25													
26													
27													

ตารางที่ จ.1 ตัวอย่างแบบประเมินทักษะการต่อวงจร (ต่อ)

ลำดับที่	ข้อ 1	ข้อ 2	ข้อ 3	ข้อ 4	ข้อ 5	ข้อ 6	ข้อ 7	ข้อ 8	ข้อ 9	ข้อ 10	ข้อ 11	ข้อ 12	รวม (12)
28													
29													
30													

ตารางที่ จ.2 ผลคะแนนประเมินทักษะการต่อวงจร (ก่อนใช้บอร์ด)

ลำดับที่	ข้อ 1	ข้อ 2	ข้อ 3	ข้อ 4	ข้อ 5	ข้อ 6	ข้อ 7	ข้อ 8	ข้อ 9	ข้อ 10	ข้อ 11	ข้อ 12	รวม (12)
1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2
6	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2
7	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	3
8	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
14	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2
15	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	3
16	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2
17	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2
18	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
19	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2
23	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
24	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
25	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
26	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2
27	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1

ตารางที่ จ.2 ผลคะแนนประเมินทักษะการต่อวงจร (ก่อนใช้บอร์ด) (ต่อ)

ลำดับที่	ข้อ 1	ข้อ 2	ข้อ 3	ข้อ 4	ข้อ 5	ข้อ 6	ข้อ 7	ข้อ 8	ข้อ 9	ข้อ 10	ข้อ 11	ข้อ 12	รวม (12)
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
34	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ตารางที่ จ.3 ผลคะแนนประเมินทักษะการต่อวงจร (หลังใช้บอร์ด)

ลำดับที่	ข้อ 1	ข้อ 2	ข้อ 3	ข้อ 4	ข้อ 5	ข้อ 6	ข้อ 7	ข้อ 8	ข้อ 9	ข้อ 10	ข้อ 11	ข้อ 12	รวม (12)
1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	8
2	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	6
3	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	7
4	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	5
5	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	8
6	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	8
7	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	10
8	1	1	0	1	0	0	1	1	1	0	1	0	7
9	1	1	0	1	1	0	1	1	1	0	1	0	8
10	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	4
11	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0	1	0	8
12	1	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	5
13	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	9
14	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	9
15	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	10
16	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	0	8
17	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	9
18	0	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	0	7
19	0	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	0	7
20	0	1	1	0	1	0	0	1	1	1	0	0	6
21	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	5
22	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	0	8
23	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	6
24	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	1	1	7
25	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	1	1	7
26	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1	1	1	8
27	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1	1	1	8

ตารางที่ จ.3 ผลคะแนนประเมินทักษะการต่อวงจร (หลังใช้บอร์ด) (ต่อ)

ลำดับที่	ข้อ 1	ข้อ 2	ข้อ 3	ข้อ 4	ข้อ 5	ข้อ 6	ข้อ 7	ข้อ 8	ข้อ 9	ข้อ 10	ข้อ 11	ข้อ 12	รวม (12)
28	1	1	1	0	0	0	1	0	1	1	1	1	8
29	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	5
30	1	1	1	1	0	1	0	0	1	0	1	0	7
31	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	6
32	1	1	1	1	0	1	0	0	1	0	1	0	7
33	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	8
34	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	8
35	1	1	0	1	1	1	0	0	1	0	1	0	7

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ	นายปัญญา วิฉันเภท
ประวัติการศึกษา	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พ.ศ. 2546 – 2549
	วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์
	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พ.ศ. 2550
	ประกาศนียบัตรบัณฑิตวิชาชีพครู
ประวัติการทำงาน	พ.ศ. 2551 – ปัจจุบัน
	ครูโรงเรียนจังหารฐิตวิริยาประชาสรรค์
	ตำบลจังหาร อำเภอจังหาร จังหวัดร้อยเอ็ด
ตำแหน่ง	ครู
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	โรงเรียนจังหารฐิตวิริยาประชาสรรค์
	ตำบลจังหาร อำเภอจังหาร จังหวัดร้อยเอ็ด
	อีเมล์ panyawi0070@hotmail.com